

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA HÍDRICA

Stéfano Monzeleski Sica

**BANHADOS CONSTRUÍDOS URBANOS COMO ALTERNATIVA
PARA LICENCIAMENTO DE SOLO CRIADO**

Porto Alegre

2024

Stéfano Monzeleski Sica

**BANHADOS CONSTRUÍDOS URBANOS COMO ALTERNATIVA
PARA LICENCIAMENTO DE SOLO CRIADO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Hídrica do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Hídrica.

Orientador: Prof. Dr. Gino Roberto Gehling

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

Sica, Stéfano Monzeleski
Banhados Construídos urbanos como alternativa para
licenciamento de solo criado / Stéfano Monzeleski
Sica. -- 2024.
84 f.
Orientador: Gino Roberto Gehling.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia Hídrica,
Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Banhados Construídos. 2. Solo Criado. 3.
Tratamento de efluentes. I. Gehling, Gino Roberto,
orient. II. Título.

Stéfano Monzeleski Sica

**BANHADOS CONSTRUÍDOS URBANOS COMO ALTERNATIVA PARA
LICENCIAMENTO DE SOLO CRIADO**

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Hídrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção de título de Bacharel em Engenharia Hídrica.

Aprovado em: Porto Alegre, 15 de fevereiro de 2024.

Banca Examinadora:

Dr. Gino Roberto Gehling (UFRGS)
Doutor em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha

Dr. Tiago Luis Gomes (Sul Magna Engenharia)
Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dr^a. Maria Cristina de Almeida Silva (UFRGS)
Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos, começando pela gratidão aos meus pais, Lidia Monzeleski Sica e Sérgio Bento Sica, e ao meu irmão, Lucas Monzeleski Sica. Eles têm sido a minha base fundamental, oferecendo apoio e suporte incondicionais ao longo desta jornada, sempre me impulsionando a seguir em frente. Mesmo diante das adversidades que enfrentamos, meus pais nunca pouparam esforços para investir na minha educação.

À UFRGS, em particular ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas, dedico meu profundo agradecimento por proporcionar uma educação de qualidade. Concluir a graduação é a realização de um sonho, e isso não seria possível sem a estrutura acadêmica e os recursos oferecidos pela instituição.

Meu reconhecimento especial vai para o meu orientador, Gino Roberto Gehling, pelo entusiasmo e pela valiosa troca de conhecimentos ao longo deste período de trabalho.

Quero expressar minha gratidão aos meus amigos de longa data, Gabriel Lima Correa, Bruno Manzi Campolongo, Luigi Manzi Campolongo e Lucas Martins Polo. Além de proporcionarem momentos alegres, estas amizades tornam os desafios da vida mais suportáveis.

Agradeço também ao Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre e à empresa Água e Solo Estudos e Projetos LTDA. Ambos, que proporcionaram um ambiente propício para o meu desenvolvimento profissional durante minha trajetória acadêmica, e onde, inclusive, construí grandes amizades.

RESUMO

O estudo enfatiza a relevância de buscar soluções que promovam o equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a preservação ambiental, nesse contexto, considerar o planejamento das cidades evidencia que os indicadores de sustentabilidade podem ser integrados ao conceito de gestão pública. Busca-se propor um tipo de contrapartida que cative empresas a investir em sistemas de recuperação de qualidade da água de riachos urbanos, através do investimento de recursos para a aquisição de solo criado.

A pesquisa avalia o uso de sistemas de banhados construídos para tratar efluentes urbanos, com foco no trecho final do Arroio Cavalhada, em Porto Alegre - RS, Brasil, altamente degradado. O método incluiu um estudo de caso nessa região, propondo o emprego do solo criado como instrumento urbanístico para financiar o tratamento de águas por meio de banhados construídos. Destaca-se a importância de conciliar o desenvolvimento urbano com práticas ambientalmente sustentáveis, evidenciando o potencial dos banhados construídos como alternativa eficaz para o tratamento de efluentes.

Os resultados indicam que esses sistemas reproduzem processos naturais, sendo adaptáveis a diversos ambientes e tipos de efluentes. Destaca-se o papel das macrófitas no desempenho eficiente do banhado construído, contribuindo para processos de filtração, sedimentação e remoção de patógenos. A manutenção adequada, incluindo o manejo das macrófitas, é fundamental para otimizar o tratamento.

Diante da pequena área do Arroio Cavalhada, sugere-se o dimensionamento de um sistema de banhados para tratar a vazão de tempo seco, com a possibilidade de implantar uma elevatória para aduzir a vazão ao sistema. Além disso, destaca-se que empresas adotando práticas sustentáveis associariam sua imagem aos princípios da ESG (Environmental Social Governance), além de adquirir índices construtivos pelo solo criado.

Palavras-chave: Banhados Construídos. Solo Criado. Tratamento de efluentes.

ABSTRACT

The study emphasizes the importance of seeking solutions that promote a balance between urban development and environmental preservation. In this context, considering city planning highlights that sustainability indicators can be integrated into the concept of public management. The aim is to propose a form of counterpart that incentivizes companies to invest in urban stream water quality restoration systems by investing in created land.

The research evaluates the use of constructed wetland systems to treat urban effluents, focusing on the final stretch of the Cavalhada Stream in Porto Alegre - RS, Brazil, which is highly degraded. The method included a case study in this region, proposing the use of created land as an urban planning instrument to finance water treatment through constructed wetlands. It highlights the importance of reconciling urban development with environmentally sustainable practices, demonstrating the potential of constructed wetlands as an effective alternative for effluent treatment.

The results indicate that these systems replicate natural processes, being adaptable to various environments and types of effluents. The role of macrophytes in the efficient performance of constructed wetlands is highlighted, contributing to filtration, sedimentation, and pathogen removal processes. Proper maintenance, including macrophyte management, is essential to optimize treatment.

Given the small area of the Cavalhada Stream, the sizing of a wetland system to treat dry weather flow is suggested, with the possibility of implementing a pump station to convey flow to the system. Furthermore, it is emphasized that companies adopting sustainable practices would align their image with ESG (Environmental Social Governance) principles, in addition to acquiring construction indices through created land.

Key-words: Constructed wetlands. Created land. Effluent treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas de ocupação estabelecidas	27
Figura 2 - Macrozonas	29
Figura 3 - Parque linear projetado junto às margens	36
Figura 4 - Configurações dos banhados construídos	46
Figura 5 - Banhado construído de fluxo superficial com macrófitas emergentes	48
Figura 6 - Componentes estruturais de banhado construído de fluxo superficial	49
Figura 7 - Banhado construído com fluxo horizontal subsuperficial.	50
Figura 8 - Ilustração esquemática do sistema de fluxo vertical.	51
Figura 9 - Macrófita emergente do gênero <i>Typha</i>	53
Figura 10 - Macrófita flutuante livre aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	54
Figura 11 - Parc du Chemin de l'Ile	57
Figura 12 - Canal tomado por resíduos sólidos antes da intervenção urbana	59
Figura 13 - Sistemas de jardins flutuantes implantados ao longo do canal.....	60
Figura 14 - Parque Bishan Ang Mo Kio.	61
Figura 15 - Sistema de banhados construídos	62
Figura 16 - Macrófitas aquáticas, Parque Bishan Ang Mo Kio	62
Figura 17 - Mapa das sub-bacias hidrográficas do município de Porto Alegre.....	65
Figura 18 - Localização da área	66
Figura 19 - Projeção do empreendimento	66
Figura 20 - Seção transversal, ao centro torres em construção	67
Figura 21 - Foz junto à avenida Diário de Notícias.....	67
Figura 22 - Acúmulo de resíduos nas margens junto à foz	68
Figura 23 - Montante para jusante, vista desde a av. Pedro Américo Leal	68
Figura 24 - Registro av. Diário de Notícias, próximo à foz	69
Figura 25 - Montante para jusante, vista desde a av. Icaraí.....	69
Figura 26 - Avaliação da área central da pista do Hipódromo do Cristal.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Anexo 6 - índices de aproveitamento	33
Tabela 2 - Concentrações típicas de esgotos domésticos não tratado	43
Tabela 3 - Concentrações típicas de organismos em esgotos domésticos brutos	44
Tabela 4 - Principais mecanismos de remoção de poluentes	47
Tabela 5 - Parâmetros para dimensionamento de banhados construídos	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AOI	Área de Ocupação Intensiva
AOR	Área de Ocupação Rarefeita
BHAC	Bacia Hidrográfica do Arroio Cavalhada
CCTSA	Certificado de Compensação por Transferência de Serviços Ambientais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgotos
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ESG	Environmental Social Governance
FMD	Fundo Municipal de Desenvolvimento
FMGT	Fundo Municipal de Gestão de Território
FP	Fator de Planejamento
IA	Índice de Aproveitamento
ICMBio	Instituto Chico Mendes da Biodiversidade
LC	Lei Complementar
OD	Oxigênio Dissolvido
OODC	Outorga Onerosa de Direito de Construir
OUC	Operação Urbana Consorciada
PDDUA	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental
PISA	Programa Socioambiental de Porto Alegre
PMPA	Prefeitura Municipal de Porto Alegre
RS	Rio Grande do Sul
SDF	Sólidos Dissolvidos Fixos
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SMAMUS	Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
ST	Sólidos Totais
TASCC	Termo de Alienação de Solo Criado por Contrapartida
TVA	Tennessee Valley Authority
UEU	Unidades de Estruturação Urbana
USEPA	United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	LEGISLAÇÃO	15
3.1.1	Solo Criado	15
3.1.1.1	O Solo Criado no município de Porto Alegre	17
3.1.1.1.1	<i>Legislação municipal</i>	18
3.1.1.1.2	<i>Lei Complementar nº 946, de 18 de julho de 2022</i>	21
3.1.1.1.3	<i>O Solo Criado e o PDDUA de Porto Alegre</i>	25
3.1.2	O Solo Criado e o projeto de despoluição do Arroio Dilúvio	34
3.1.3	Compensação Ambiental	36
3.1.4	A compensação ambiental no município de Porto Alegre	38
3.1.4.1	Lei Complementar nº 757, de 14 de janeiro de 2015	39
3.2	ESGOTO SANITÁRIO	41
3.2.1	Composição dos esgotos domésticos	42
3.3	BANHADOS CONSTRUÍDOS	45
3.3.1	Banhado Construído de fluxo superficial	47
3.3.2	Banhado Construído com fluxo subsuperficial horizontal	49
3.3.3	Banhado Construído com fluxo vertical	50
3.3.4	Macrófitas	51
3.3.5	Parâmetros de projeto	54
3.3.6	Exemplificação de projetos de banhados construídos para requalificação de cursos hídricos	56

3.3.6.1	Parc du Chemin de l'Île, Nanterre, França.....	56
3.3.6.2	Canal de Paco: Rio Pasig, Filipinas.....	58
3.3.6.3	Parque Bishan Ang Mo Kio: Rio Kallang, Singapura	60
4	IMPLANTAÇÃO DE BANHADO CONSTRUÍDO NA FOZ DO ARROIO CAVALHADA – PORTO ALEGRE	63
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA - ARROIO CAVALHADA.....	63
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

1 INTRODUÇÃO

No início dos anos 1950, na Alemanha, Käthe Seidel introduziu os sistemas de banhados construídos, utilizando macrófitas aquáticas para melhoria da qualidade da água. Esses sistemas foram utilizados inicialmente para a remoção de fenol e para reduzir a carga orgânica dos efluentes de laticínios (KADLEC & KNIGHT, 1996). No ano de 1982, os pesquisadores Salati e Rodrigues conduziram as primeiras experiências no Brasil com banhados visando melhorar a qualidade da água e controlar a poluição (SALATI JR.; SALATI, 1999). De acordo com Sezerino *et al.* (2015), a partir do ano 2000, houve um aumento significativo nas experiências realizadas no Brasil, onde foram aplicados sistemas de banhados construídos para tratar diversos tipos de águas residuárias. Essas aplicações foram feitas em todo o país, utilizando diferentes formas e arranjos, além de materiais filtrantes e macrófitas variadas.

Vizzotto (2008) destaca que o rápido e desordenado crescimento das cidades é um dos fatores que contribuem para o desequilíbrio na ocupação das áreas urbanas. Essa realidade, que é comum em muitas cidades, levou ao estudo de instrumentos urbanísticos para regular a ocupação e o uso do solo urbano. Um dos desafios do planejamento e da gestão do território tem sido encontrar soluções para corrigir as distorções resultantes da valorização diferenciada dos imóveis devido à disponibilidade de infraestrutura, a fim de garantir igualdade no exercício do direito de propriedade, acesso igualitário e equilíbrio entre a oferta dos serviços públicos e a demanda da população.

Um dos métodos elaborados para enfrentar essas questões nas metrópoles é a outorga onerosa do direito de construir, que teve origem na Europa na década de 1970 e é denominada "solo criado". Esse termo se refere à geração de áreas adicionais de piso utilizável que não estão diretamente apoiadas no solo. De acordo com especialistas da Fundação Prefeito Faria Lima, uma organização responsável por introduzir discussões sobre esse instrumento urbanístico no Brasil, a ideia subjacente é que sempre que uma edificação oferece uma área utilizável superior à

área do terreno, está se efetivamente criando solo. Para simplificar, pode-se considerar solo criado como a área construída que ultrapassa uma determinada proporção em relação à área do terreno (VIZZOTTO, 2008).

Conforme a definição, o solo criado possibilita que empreendedores construam além do coeficiente estabelecido por lei, mediante a aquisição desse direito junto ao Município. Vale destacar que os recursos provenientes da comercialização do Solo Criado, que no caso do município de Porto Alegre serão destinados ao Fundo Municipal de Desenvolvimento (FMD), sendo direcionados principalmente para iniciativas no campo do saneamento e construção de moradias destinadas à população de baixa renda. Contudo, é crucial reconhecer que essa prerrogativa pode resultar em empreendimentos ultrapassando limites construtivos, potencialmente causando impactos ambientais adversos.

Nesse contexto, busca-se enfatizar a importância de conciliar o desenvolvimento urbano com práticas que resguardem a integridade ambiental e atendam aos padrões estabelecidos para a preservação e recuperação dos recursos hídricos.

Para aplicar e confirmar a viabilidade da proposta, foi conduzido um estudo de caso em uma seção específica junto à foz do Arroio Cavalhada onde está sendo construído um empreendimento de grande porte, localizado em Porto Alegre - RS, Brasil. Nesse estudo, foi proposta a possibilidade de aprimorar a qualidade da água no arroio utilizando um sistema de banhado construído.

Não foi realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica, uma vez que o sistema proposto ainda não foi projetado. Além disso, mesmo que o fosse, não haveria justificativa para conduzir tal análise. Isso se deve ao fato de que o sistema de tratamento para a vazão de tempo seco do arroio Cavalhada, caso seja eventualmente implantado, não gerará receita por meio de taxas ou tarifas.

2 OBJETIVOS

A seguir são descritos o objetivo geral e os objetivos específicos, conforme segue.

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral propor a implantação de banhados construídos como alternativa para licenciamento de solo criado, que terão como afluente a vazão de parte do fluxo de riachos e canais de macrodrenagem, e como efluente um caudal com a carga contaminante atenuada, e com um teor de Oxigênio Dissolvido (OD) mais elevado. O dimensionamento de sistema de banhados para uma vazão específica não é abordado no trabalho.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Avaliar o processo de licenciamento de solo criado em edificações urbanas, através de revisão da legislação no que tange ao município de Porto Alegre;
- b) Investigar os critérios e regulamentações utilizados para determinar as compensações ambientais e como eles são aplicados na prática;
- c) Propor a implantação de banhados construídos urbanos com fluxo como uma contrapartida ao município para recuperação de cursos hídricos urbanos, incluindo a capacidade de reduzir a carga de poluentes na água e melhorando a sua qualidade. Essa proposta visa despertar o interesse de empresas para que, ao adquirirem

direitos a solo construído, possam direcionar parte dos recursos para projeto e implantação de banhados construídos urbanos, onde sejam adequados a recuperar corpos hídricos degradados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente, será feita a análise das políticas urbanas e regulamentações que moldam o licenciamento de solo criado, com foco em como essas políticas estão alinhadas com as metas de sustentabilidade urbana e conservação ambiental. A revisão bibliográfica também se concentrará em aspectos técnicos, como a implementação de banhados construídos com fluxo como parte integrante de contrapartidas de empresas ao município pela aquisição de solo criado. Empresas que adotam iniciativas dessa natureza associam o nome da empresa à ESG. Nesse contexto, será feita a análise de locais onde esse tipo de sistema já é utilizado e a avaliação da sua capacidade de mitigar a carga de contaminantes e melhorar a qualidade da água.

3.1 LEGISLAÇÃO

No âmbito legislativo, é essencial examinar as disposições relacionadas ao solo criado, um mecanismo singular que regulamenta o uso do solo. Conforme estabelecido, o solo criado permite que empreendedores construam além do coeficiente legal, mediante a aquisição desse direito junto ao município.

Nesse contexto, a correlação com a compensação ambiental necessita ser enfatizada, destacando a necessidade de mitigar esses impactos. Este item abordará esses temas, assim como as diretrizes de qualidade das águas brasileiras, ressaltando a importância de conciliar o desenvolvimento urbano com práticas que preservem a integridade ambiental e atendam aos padrões estabelecidos, ou que recuperem corpos hídricos urbanos degradados.

3.1.1 Solo Criado

O presente trabalho, ao abordar o tema solo criado, restringir-se-á ao município de Porto Alegre.

O desequilíbrio na ocupação de áreas urbanas é desencadeado, em parte, pelo rápido e desordenado crescimento das cidades modernas. Isso ocorre devido à criação de espaços urbanos que contam com infraestrutura e serviços adequados, contrastando com outros que carecem de equipamentos urbanos capazes de assegurar uma boa qualidade de vida para os residentes (VIZZOTTO, 2008).

Uma das abordagens desenvolvidas para enfrentar esses desafios nas grandes cidades consistiu na implementação da outorga onerosa do direito de construir, denominado de solo criado. Trata-se de um mecanismo que disciplina a utilização do solo possibilitando que um empreendedor construa além do coeficiente básico estipulado por lei. Para obter esse direito, é necessário adquiri-lo junto ao município. Em outras palavras, envolve a imposição de uma contrapartida pelo exercício da construção acima do coeficiente de aproveitamento básico para terrenos urbanos, até atingir o limite máximo de aproveitamento (VIZZOTO, 2008).

Conforme Rezende *et al.* 2009, a Outorga Onerosa do Direito de Construir foi oficializada na legislação urbana brasileira apenas em 2001, por meio do Estatuto da Cidade, seus princípios têm raízes na década de 1970. A expressão inicialmente utilizada para esse instrumento era "Solo Criado", uma denominação que começou a ser aplicada por municípios já no início da década de 1990. Contudo, durante a evolução do conceito, os municípios passaram a adotar a terminologia "Outorga Onerosa do Direito de Construir". Essa denominação foi oficializada e regulamentada pela Lei Federal 10.257/2001, marcando um marco significativo na incorporação desse instrumento como parte integral das políticas urbanas no Brasil.

Essa abordagem inicial do Solo Criado reflete uma concepção integrada do direito de construir e da propriedade, desafiando os modelos mais convencionais. A introdução da transferência de direitos construtivos entre lotes representa uma estratégia inovadora para gerenciar o desenvolvimento urbano, buscando equilibrar as dinâmicas de uso do solo e proporcionar flexibilidade aos proprietários. Essa perspectiva mais fluída pode ser vista como uma resposta às necessidades de uma urbanização em constante crescimento, permitindo uma adaptação mais eficiente às mudanças nas demandas urbanas.

3.1.1.1 O Solo Criado no município de Porto Alegre

As diretrizes que determinam a quantidade de potencial construtivo disponível em cada região da cidade de Porto Alegre e as condições que os terrenos devem cumprir para que o interessado esteja apto a realizar a aquisição constam no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA). Os recursos provenientes da comercialização do Solo Criado serão direcionados para o FMD e empregados, sobretudo, em iniciativas relacionadas ao saneamento e à construção de habitações voltadas para a população em situação de carência.

Este instrumento guarda relação direta com a proposta de adensamento, visto que constitui um indicador das áreas onde a concentração populacional se mostrará mais significativa. Esse mecanismo separa o direito de propriedade do direito de construir e é aplicado de maneiras diversas em várias partes do mundo. Conseqüentemente, a comercialização do Solo Criado leva em consideração esses índices como base de cálculo. Em determinadas zonas da cidade, o índice máximo é de 2,00, enquanto em outras localidades, a soma do índice privado com o Solo Criado pode atingir 3,00 (índice máximo).

O PDDUA delinea um modelo urbano a ser gradualmente construído, preferencialmente por meio da aplicação desses índices construtivos. Este plano estabelece uma reserva definida, juntamente com limites variáveis de adensamento, que fixam parâmetros máximos projetados para serem alcançados nos próximos 20 ou 30 anos nas diferentes regiões da cidade. Com essa abordagem, o mecanismo age como um impulsionador do crescimento em áreas específicas, promovendo uma utilização mais eficiente da infraestrutura existente dentro da visão de uma cidade autossustentável, que busca proporcionar qualidade de vida.

3.1.1.1.1 Legislação municipal

O Solo Criado tem origem na Lei Orgânica do Município, promulgada em 1989, sendo esta a legislação de maior hierarquia no sistema jurídico municipal. O art. 202º da referida lei menciona o Solo Criado como um instrumento fundamental para o desenvolvimento urbano.

Art. 202 São instrumentos do desenvolvimento urbano, a serem definidos em lei:

- I - os planos diretores;
- II - o Fundo Municipal de Desenvolvimento Urbano;
- III - o plano plurianual de investimentos, a Lei de diretrizes orçamentárias e o orçamento anual;
- IV - o sistema cartográfico municipal e a atualização permanente do cadastro de imóveis;
- V - os conselhos municipais;
- VI - os códigos municipais;
- VII - o solo criado;
- VIII - o banco de terra;
- IX - a regionalização e descentralização administrativa;
- X - os planos e projetos de iniciativa da comunidade.

No art. 205º, fica estabelecido que a propriedade do solo urbano deve cumprir sua função social, preservando aspectos ambientais, naturais e histórico-culturais, conforme as disposições determinadas no PDDUA. No parágrafo 2º deste artigo, consta que "o direito de propriedade territorial urbana não pressupõe o de construir, cujo exercício deverá ser autorizado pelo Poder Executivo, segundo critérios estabelecidos em lei", definindo que o proprietário de um terreno urbano, não tem, por padrão, a autorização automática para construir qualquer estrutura nesse terreno, garantindo assim o ordenamento urbano, a segurança das construções, o cumprimento de normas ambientais e outras considerações relevantes para o planejamento e o desenvolvimento das áreas urbanas.

O art. 213º introduz o conceito de solo criado, o qual é descrito como o excedente no índice de aproveitamento (IA) de terrenos urbanos em relação a um patamar predeterminado por lei.

No contexto legislativo da cidade de Porto Alegre, a Lei Complementar (LC) nº 315, de 1994, desempenha um papel significativo ao estabelecer as normas para

o uso do solo criado, assim regulamentando o disposto no art. 212º da Lei Orgânica do município. No art. 1º, o solo criado é definido como instrumento urbanístico com os seguintes objetivos:

- I - Incentivar a construção civil, através da utilização plena da capacidade construtiva, permitindo, assim, uma densificação populacional em regiões da cidade melhor atendidas com redes de serviço, saneamento e equipamentos públicos;
- II - Evitar o adensamento populacional em regiões com estrutura urbana precária, através do aumento do potencial construtivo das regiões passíveis de densificação populacional;
- III - Obter, através dos recursos auferidos, o retorno dos investimentos públicos, buscando o desenvolvimento harmônico da cidade, particularmente através da compra de áreas urbanas incorporadas ao Banco de Terra, visando políticas habitacionais para a população de baixa renda e regularização fundiária;
- IV - Propiciar, através dos recursos auferidos, investimentos em urbanização e equipamentos públicos nas regiões carentes da cidade e a complementação da infraestrutura urbana de regiões melhor estruturadas, bem como a implantação do traçado do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, favorecendo, assim, o pleno aproveitamento do potencial construtivo destas regiões;
- V - Auxiliar e incentivar supletivamente, através dos recursos auferidos, outras políticas públicas, preferencialmente nas áreas de proteção ao menor, a cultura e ao patrimônio histórico.

O art. 2º definiu o Instituto do Solo Criado como:

O Instituto do Solo Criado é definido no Município de Porto Alegre como a permissão onerosa do Poder Público ao empreendedor particular, para fins de construção em Área Urbana de Ocupação Intensiva, acima do índice 1.0, [...]

No art. 3º, determina-se que os recursos provenientes da venda do Solo Criado integrarão o FMD, criado por meio desta Lei Complementar.

Já o art. 4º estabelece que, para a implementação do Instituto do Solo Criado, o Executivo Municipal realizará uma revisão da densificação da Área Urbana de Ocupação Intensiva. Essa revisão levará em consideração a plena utilização da capacidade da infraestrutura urbana, sistema viário, transporte, equipamentos públicos e comunitários existentes, bem como aspectos da paisagem urbana. Tais decisões serão baseadas em critérios técnicos.

O art. 6º definiu que para a quantificação e distribuição dos Estoques Construtivos do município para as diferentes regiões, é necessário:

- I - Considerar a capacidade de densificação proporcionada pela rede de infraestrutura urbana, rede viária e transportes, equipamentos públicos e comunitários e paisagem urbana, conforme critérios técnicos;
- II - Priorizar os destinados à habitação, intervindo, inclusive, para a correção, de distorções urbanas em áreas onde a concentração de escritórios profissionais e edificações para comércio e serviços deixam subutilizados equipamentos públicos e redes de infraestrutura;
- III - abranger áreas mais amplas do que as UTPs do PDDU, buscando a formação de unidades maiores integradas por redes viárias e pela abrangência de equipamentos públicos.

Em um momento posterior, no ano de 2019, a LC nº 315/94 foi revogada e substituída pela LC nº 850/2019, a qual aborda a concessão onerosa do direito de construir no município de Porto Alegre e estabelece o Fundo Municipal de Gestão de Território (FMGT). O art. 1º inclui como objetivo principal do solo criado a promoção da criação de espaços públicos de lazer e áreas verdes, o estabelecimento de unidades de conservação ou proteção de áreas de interesse ambiental, a instalação de equipamentos públicos urbanos e comunitários, além do desenvolvimento e implementação de planos, programas, ações e projetos.

A principal mudança com relação à lei anterior é trazida no art. 8º que aborda a questão do pagamento relacionado ao Solo Criado, indicando que, além da opção de contrapartida financeira, o Executivo Municipal tem a possibilidade de aceitar obras de interesse público como forma de contrapartida na aquisição do Solo Criado. Isso inclui a oferta de imóveis, permuta de área construída e a disponibilização de bens e serviços de utilidade pública municipal. Com a sanção da LC nº 891/2020, de 15 de setembro de 2020, foi incluída a possibilidade de obras de interesse público. Essa flexibilidade nas opções de contrapartida destaca uma busca por soluções que vão além do aspecto financeiro, promovendo um enfoque mais diversificado na contribuição para o desenvolvimento urbano. Isso se aplica à construção de instituições educacionais, espaços públicos recreativos como parques e praças, além da melhoria de zonas verdes, iniciativas habitacionais voltadas para

interesses sociais, entre diversas outras ações, conforme estipulado pelo Estatuto da Cidade, sendo um meio de aprimorar o ambiente urbano de maneira sustentável. Esta alteração foi oficializada com a sanção da LC nº 891/2020:

Art. 1º. No art. 8º da Lei Complementar nº 850, de 17 de abril de 2019, e alterações posteriores, fica alterado o caput e ficam incluídos §§ 2º e 3º, renomeando-se o parágrafo único para § 1º, conforme segue:

"Art. 8º Além do pagamento financeiro referente ao valor do Solo Criado, o Executivo Municipal poderá aceitar, como forma de contrapartida, imóvel ou permuta de área construída, assim como bens, obras e serviços de utilidade pública municipal e adequados ao previsto pelo PDDUA ou a execução de programas ou projetos de regularização fundiária junto às comunidades, com elaboração de projetos e realização de infraestrutura ou de legalização. [..]."

A formalização do contrato de conversão da outorga onerosa por contrapartida, estabelecendo que esse processo será documentado por meio de um termo específico denominado Termo de Alienação de Solo Criado por Contrapartida (TASCC) é determinada no decreto nº 20.771/2020 em seu art. 5º:

Art. 5º A formalização do contrato de conversão da outorga onerosa por contrapartida se dará em termo específico denominado Termo de Alienação de Solo Criado por Contrapartida (TASCC).

§ 1º O TASCC tem natureza de título executivo extrajudicial, nos termos do art. 585, inc. II, do Código de Processo Civil, podendo ser executado pelo valor da conversão, acrescido da atualização e encargos de mora.

§ 2º No caso de indeferimento do projeto arquitetônico, será aberta nova etapa de análise do requerimento, a qual estará sujeita ao estoque disponível, de acordo com a listagem vigente.

Posteriormente, no ano de 2022 entra em vigor a LC nº 946 sendo válida até o presente momento da elaboração deste trabalho.

3.1.1.1.2 Lei Complementar nº 946, de 18 de julho de 2022

A então lei em vigor define em seu Art.1º os objetivos gerais do solo criado:

I - Utilizar a plena infraestrutura urbana disponível, permitindo, assim, densificação populacional em regiões da Cidade melhor atendidas com redes de serviço, saneamento e equipamentos públicos;

- II - Evitar o adensamento populacional incompatível com a estrutura urbana existente;
- III - Implementar e melhorar a infraestrutura existente de modo a permitir um adensamento compatível com as necessidades da Cidade;
- IV - Buscar o ordenamento e o direcionamento da expansão urbana, constituição de reserva fundiária, visando à regularização fundiária e à execução de programas e projetos habitacionais de interesse social;
- V - Propiciar a criação de espaços públicos de lazer e áreas verdes, a criação de unidades de conservação ou proteção de outras áreas de interesse ambiental, a implantação de equipamentos públicos urbanos, comunitários e o desenvolvimento e a implementação de planos, programas, ações e projetos [...].
- VI - Auxiliar e incentivar políticas públicas voltadas ao planejamento e desenvolvimento da política urbana do Município de Porto Alegre.

Conforme o art. 4º e de acordo com o disposto na LC nº 434/1999 e alterações posteriores, os estoques construtivos, ou seja, a capacidade adicional de edificação por meio do solo criado, serão mantidos pelo poder público. Esses estoques construtivos podem ser alienados mediante a concessão onerosa do direito de construir, seguindo as diretrizes estabelecidas no PDDUA. Esses estoques são considerados, conforme o mencionado:

- I - Solo Criado Não Adensável o que corresponde a áreas incentivadas e complementares à atividade principal que não causam impacto nos equipamentos urbanos e na paisagem e estão disponíveis em todas as Unidades de Estruturação Urbana (UEUs);
- II - Solo Criado de Pequeno Adensamento aquele com área de até 300m² (trezentos metros quadrados), correspondendo a áreas adensáveis em quantidades que não causem impacto significativo nos equipamentos e na paisagem urbana, disponíveis em todas as UEUs;
- III - Solo Criado de Médio Adensamento aquele com área superior a 300m² (trezentos metros quadrados) e de até 1.000m² (mil metros quadrados), correspondendo a áreas adensáveis em quantidades que causem baixo impacto nos equipamentos e na paisagem urbana, disponíveis nas UEUs e nos bairros liberados para adensamento pelo sistema de monitoramento da densificação; e
- IV - Solo Criado de Grande Adensamento aquele com área de mais de 1.000m² (mil metros quadrados), correspondendo a áreas adensáveis que podem causar impacto nos equipamentos e na paisagem urbana, disponíveis nas UEUs e nos bairros liberados para adensamento pelo sistema de monitoramento da densificação.

O art. 5º dispõe sobre o preço do Solo Criado, o qual deverá ser calculado em tabela elaborada pelo Executivo municipal através do seguinte equacionamento:

$$VSC = \frac{VMT}{IA} \times AC \times FP$$

Onde conforme estabelecido:

- I. VSC o valor do Solo Criado a ser adquirido;
- II. VMT o valor de mercado do metro quadrado de terreno de face de quarteirão;
- III. AC a área construída adensável adicional pretendida no empreendimento;
- IV. FP o fator de planejamento; e
- V. IA o índice de aproveitamento de face de quarteirão.

O art. 6º estabelece que o Fator de Planejamento (FP), mencionado no inciso IV do parágrafo único do art. 5 desta LC, apresentará um coeficiente variável entre 0 (zero) e 1,3 (um e três décimos). Esse fator será empregado na efetivação da política urbana do Município de Porto Alegre em situações específicas, conforme as circunstâncias e necessidades identificadas pelo órgão responsável:

I - quando constatada a existência de áreas da Cidade dotadas de infraestrutura, equipamentos públicos e comunitários capazes de suportar um maior adensamento;

II - quando houver motivado interesse do Executivo Municipal em estimular o desenvolvimento de determinada área da Cidade;

III - quando houver motivado interesse do Executivo Municipal em estimular a construção de habitações de interesse social em determinada área da Cidade;

IV - quando constatado que existem áreas da Cidade capazes de suportar um maior adensamento, mas que necessitam de investimentos em infraestrutura e equipamentos públicos;

V - quando a aplicação se der em zona de acentuada concentração urbana;

VI - quando a aplicação se der em zona urbana crítica.

§ 1º Os critérios para aplicação do FP no intervalo entre 0 (zero) e 0,5 (cinco décimos) e no intervalo entre 1 (um) e 1,3 (um e três décimos) serão regulamentados por lei ordinária.

§ 2º Até a edição de lei ordinária, considerar-se-á 1 (um) o valor do FP. § 3º O valor da variável FP deverá constar da Declaração Municipal Informativa (DMI) de ocupação e uso do solo de cada imóvel e não poderá ser alterado mais de uma vez dentro do intervalo de 1 (um) ano.

O IA é um parâmetro que indica a quantidade de construção viável em um terreno sem causar sobrecarga na infraestrutura pública. Ele representa a proporção entre a área construtiva e a área total do terreno, estabelecendo limites para as edificações. Quando o coeficiente é 1,0, significa que a construção pode ocupar toda a extensão do terreno. Essa restrição diz respeito exclusivamente à área construída, permitindo variações na quantidade de pisos com base em outros aspectos urbanísticos, como Taxa de Ocupação e Taxa de Permeabilidade.

A concessão do benefício do Solo Criado será realizada diretamente ao interessado, associada ao projeto arquitetônico a ser aprovado e licenciado. Essa concessão será formalizada por meio da emissão de uma Certidão de Solo Criado, seguindo um procedimento regulamentado por decreto ou, alternativamente, poderá ser convertida em contrapartida, conforme estabelecido no art. 8º da referida LC 946/2022.

Art.8. Por meio de Termo de Aquisição de Solo Criado por Contrapartida (TASCC), o Executivo Municipal poderá aceitar como contrapartida à outorga onerosa imóvel ou permuta de área construída, bens, obras e serviços, inclusive de engenharia.

A emissão da Certidão de Solo Criado pode ser imediatamente interrompida por decreto do Executivo Municipal se for identificado um impacto negativo na infraestrutura resultante da aplicação do Solo Criado ou se for constatada a inviabilidade de sua aplicação devido aos limites estabelecidos pelas Unidades de Estruturação Urbana (UEU) ou pelo quarteirão.

O art. 18º estabelece as diretrizes para a destinação dos recursos provenientes da outorga onerosa do direito de construir no âmbito do Município de Porto Alegre. Conforme as disposições, esses recursos serão alocados em fundos específicos vinculados à política urbana. A distribuição destes fundos seguirá um critério definido, visando direcionar os recursos de maneira estratégica para iniciativas que promovam o desenvolvimento urbano sustentável e atendam às necessidades da comunidade local:

I - Os recursos auferidos com o Solo Criado Não Adensável e Solo Criado de Pequeno Adensamento, no Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social (FMHIS) [...].

II - Os recursos auferidos com o Solo Criado de Médio Adensamento e Solo Criado de Grande Adensamento, no Fundo Municipal de Gestão de Território (FMGT), criado por meio do art. 23 desta Lei Complementar.

O FMGT é instituído pelo art. 23º, sendo caracterizado como uma entidade contábil especial. Sua finalidade é a captação e utilização de recursos provenientes do Solo Criado de Médio Adensamento e do Solo Criado de Grande Adensamento, além de receber verbas do orçamento municipal de Porto Alegre, transferências do Estado do Rio Grande do Sul e da União, financiamentos nacionais e internacionais, bem como doações vinculadas à implementação da política urbana do município. A regulamentação do FMGT será estabelecida por meio de decreto.

§ 1º Os recursos do FMGT serão aplicados nos termos do art. 31 da Lei Federal nº 10.257, de 2001, e alterações posteriores, preferencialmente na criação, instalação, revitalização, reforma e conservação de equipamentos públicos urbanos e comunitários, praças, parques, áreas verdes e demais áreas de interesse ambiental, bens tombados ou inventariados e na contratação de projetos, tecnologias, sistemas e serviços vinculados ao ordenamento e direcionamento da expansão urbana.

§ 2º O Fundo Municipal de Gestão de Território instituído pela Lei Complementar nº 850, de 17 de abril de 2019, fica incorporado ao FMGT, que passa a ser regido por esta Lei Complementar e pelos atos normativos que regem o funcionamento dos fundos municipais.

§ 3º O FMGT será gerido por Comitê Gestor, ao qual caberá a aplicação e o controle dos valores arrecadados, a ser regulamentado por decreto.

A incorporação do fundo anterior e a gestão por meio de um Comitê Gestor indicam uma abordagem integrada e estratégica. No entanto, a eficácia dessa iniciativa dependerá da implementação e do acompanhamento adequados, conforme detalhado nas regulamentações por decreto.

3.1.1.1.3 O Solo Criado e o PDDUA de Porto Alegre

A LC nº 434, do dia 10 de dezembro de 1999, que estabeleceu o PDDUA de Porto Alegre, introduziu uma perspectiva renovada no planejamento e administração da cidade. Em contraste com os planos anteriores, que tinham uma abordagem

predominantemente reguladora em relação à ocupação e uso do solo urbano, o novo plano adotou uma orientação estratégica, organizada com base em princípios, objetivos e metas (VIZZOTTO, 2008). Posteriormente, a LC nº 434/99 foi alterada pela LC nº 646/2010.

Conforme estabelecido no art. 27º do PDDUA, a cidade foi segmentada em duas extensas zonas: a Área de Ocupação Intensiva (AOI) e a Área de Ocupação Rarefeita (AOR):

Art. 27. O território do Município de Porto Alegre divide-se, por seu Modelo Espacial, em Área de Ocupação Intensiva e Área de Ocupação Rarefeita.

§ 1º Área de Ocupação Intensiva (AOI) é a área que, conciliada com a proteção do Patrimônio Ambiental, se caracteriza como prioritária para fins de urbanização e abrange:

I – a área urbana contínua com os limites definidos na planta do Anexo 1.1;

II – as áreas dos Núcleos Intensivos isolados da malha urbana contínua, como segue:

a) Belém Velho, constituído pela Unidade de Estruturação Urbana nº 8026;

b) Belém Novo, constituído pela Unidade de Estruturação Urbana nº 8078;

c) Lami, constituído pela Unidade de Estruturação Urbana nº 8084;

d) Ilha da Pintada, constituído pela Unidade de Estruturação Urbana nº 9032.

e) Lageado;

f) Boa Vista;

g) Extrema; e

h) Jardim Floresta.

§ 2º Área de Ocupação Rarefeita (AOR) é a área com características de baixa densificação, onde será dada predominância à proteção da flora, da fauna e demais elementos naturais, admitindo-se, para a sua perpetuação e sustentabilidade, usos científicos, habitacionais, turísticos, de lazer e atividades compatíveis com o desenvolvimento da produção primária.

As áreas de ocupação estão representadas na Figura 1.

Figura 1 - Áreas de ocupação estabelecidas



Fonte: PDDUA de Porto Alegre, 1999

Essas zonas foram subdivididas em nove áreas menores designadas como Macrozonas representadas na Figura 2, as quais, por sua vez, apresentam subdivisões em UEU, que, por fim, são subdivididas em Subunidades, conforme estabelecido no art 28º:

Art. 28. As Áreas de Ocupação Intensiva e Rarefeita dividem-se em Unidades de Estruturação Urbana, Macrozonas e Regiões de Gestão do Planejamento.

I – Unidades de Estruturação Urbana – UEUs – são módulos estruturadores do Modelo Espacial definidos pela malha viária básica, podendo ser divididos em Subunidades quando englobarem regimes urbanísticos distintos;

II – Macrozonas são conjuntos de Unidades de Estruturação Urbana com características peculiares quanto a aspectos socio-econômicos, paisagísticos e ambientais;

III – Regiões de Gestão do Planejamento são unidades de divisão territorial para fins de descentralização da gestão participativa do desenvolvimento urbano ambiental.

A delimitação das Macrozonas são definidas no art. 29º:

- I - **Macrozona 1 - Cidade Radiocêntrica:** engloba o território compreendido pelo Centro Histórico e sua extensão até a III Perimetral, constituindo a área mais estruturada do Município, com incentivo à miscigenação e proteção ao patrimônio cultural;
- II - **Macrozona 2 - Corredor de Desenvolvimento:** constitui a área entre a BR-290, a Av. Sertório e a Av. Assis Brasil, sendo estratégica para empreendimentos auto-sustentáveis de polarização metropolitana, com integração de equipamentos como o Aeroporto e as Centrais de Abastecimento do Rio Grande do Sul - CEASA S.A.;
- III - **Macrozona 3 - Cidade Xadrez:** compreendida entre a Av. Sertório e Cidade da Transição no sentido norte-sul e entre a III Perimetral e o limite do Município no sentido oeste-leste. Constitui a cidade a ser ocupada através do fortalecimento da trama macroestruturadora xadrez, do estímulo ao preenchimento dos vazios urbanos e da potencialização de articulações metropolitanas e novas centralidades. São marcos estruturadores os três Corredores de Centralidade: Sertório/Assis Brasil, Anita Garibaldi/Nilo Peçanha e Ipiranga/Bento Gonçalves;
- IV - **Macrozona 4 - Cidade da Transição:** compreendida entre a Cidade Radiocêntrica e a Cidade Jardim, devendo manter suas características residenciais, com densificação controlada e valorização da paisagem. Constitui marco estruturador desta Macrozona o Corredor de Centralidade Cavallhada/Tristeza, que faz conexão entre bairros, sendo limitado longitudinalmente pelas ruas Dr. Barcellos e Pereira Neto.
- V - **Macrozona 5 - Cidade Jardim:** caracteriza-se pela baixa densidade, pelo uso residencial predominantemente unifamiliar e elementos naturais integrados às edificações, com especial interesse na orla do Guaíba;
- VI - **Macrozona 6 - Eixo Lomba-Restinga:** estrutura-se ao longo das Estradas João de Oliveira Remião e João Antônio da Silveira, com potencial para ocupação residencial miscigenada, em especial para projetos de habitação de caráter social, apresentando áreas com potencial de ocupação intensiva, situadas na Área de Ocupação Rarefeita;
- VII - **Macrozona 7 - Restinga:** bairro residencial da Zona Sul cuja sustentabilidade tem base na implantação do Parque Industrial da Restinga. Liga-se com a Região Metropolitana através do Corredor de Produção;
- VIII - **Macrozona 8 - Cidade Rururbana:** área caracterizada pela predominância de patrimônio natural, propiciando atividades de lazer e turismo, uso residencial e setor primário, compreendendo os núcleos intensivos de Belém Velho, Belém Novo, Lami, Lageado, Boa Vista, Extrema e Jardim Floresta, bem como as demais áreas a partir da linha dos morros da Companhia, da Polícia, Teresópolis, Tapera, das Abertas e Ponta Grossa; e
- IX - **Macrozona 9 - Unidades de conservação estaduais** Parque Estadual Delta do Jacuí e Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí.

Figura 2 - Macrozonas



Fonte: PDDUA de Porto Alegre, 2010

O art. 48º disposto no capítulo III do PDDUA de Porto Alegre, que trata dos mecanismos de participação na gestão, de informação e de avaliação estabelece que o monitoramento do desenvolvimento urbano será realizado por meio do acompanhamento constante do crescimento da cidade. Esse processo incluirá a revisão e ajuste contínuos dos parâmetros presentes na legislação urbanística. O objetivo principal é buscar a melhoria da qualidade de vida na cidade ao adaptar as normas conforme as necessidades e evolução do ambiente urbano.

Art. 48. O monitoramento do desenvolvimento urbano dar-se-á pelo acompanhamento permanente do crescimento da cidade, com a revisão e a adequação dos parâmetros da legislação urbanística, visando à melhoria da qualidade de vida.

§ 1º O Município utilizará, para o monitoramento do desenvolvimento urbano, os parâmetros referentes a infraestrutura, estrutura e ambiente.

§ 2º São unidades de monitoramento:

- I – Macrozonas;
- II – Regiões de Gestão do Planejamento;
- III – Bairros;
- IV – Unidades de Estruturação Urbana;
- V – Quarteirões.

Disposto no título IV referente aos instrumentos de regulação para a intervenção no solo, o art. 49º estabelece os instrumentos urbanísticos que o município utilizará para intervir no solo, buscando cumprir a função social da propriedade. Essas ferramentas visam a orientar o desenvolvimento urbano, garantindo a adequada ocupação do solo, considerando aspectos sociais, econômicos e ambientais, além de permitir intervenções específicas quando necessário para o interesse público.

Art. 49. Na aplicação dos planos, programas e projetos, o Município utilizará os seguintes instrumentos urbanísticos de intervenção no solo para o cumprimento da função social da propriedade:

- I - Normas de Uso e Ocupação do Solo;
- II - Transferência de Potencial Construtivo;
- III - Solo Criado;
- IV - Tributação e Incentivos;
- V - Projetos Especiais;
- VI - Monitoramento da Densificação;
- VII - Áreas Especiais.
- VIII - Direito de Preempção;
- IX - Direito de Superfície;

- X - Consórcio Imobiliário;
- XI - Estudo de Impacto de Vizinhança;
- XII - Operação Urbana Consorciada; e
- XIII - o parcelamento, a edificação e a utilização compulsórios do solo.
(NR)

Nos moldes da definição de Solo Criado da LC nº 315/94, o PDDUA traz no art. 50º a seguinte descrição:

Art. 50. O Uso e Ocupação do Solo é definido em função das normas relativas a densificação, regime de atividades, dispositivos de controle das edificações e parcelamento do solo, que configuram o regime urbanístico. Parágrafo único. O regime urbanístico pode ser definido ainda em face de projetos e regimes especiais, bem como da aplicação do Solo Criado.

O Art. 53º estabelece que o Solo Criado consiste na concessão onerosa do Poder Público ao empreendedor para a edificação em Áreas de Ocupação Intensiva, utilizando estoques construtivos públicos. Esse processo é regulamentado pela LC nº 946, de 18 de julho de 2022. O parágrafo 1º especifica que a venda dos estoques construtivos pode ser imediatamente suspensa por decreto do Poder Executivo se for identificado um impacto negativo na infraestrutura resultante da aplicação do Solo Criado. Além disso, a suspensão pode ocorrer quando for constatada a inviabilidade de sua aplicação devido aos limites estabelecidos para as UEU ou quarteirão, conforme disposto no art. 67º. Esse mecanismo visa garantir a efetividade do Solo Criado, ao mesmo tempo em que resguarda a integridade da infraestrutura e limites urbanos estabelecidos.

Art. 53. O Solo Criado é a permissão onerosa do Poder Público ao empreendedor para fins de edificação em Área de Ocupação Intensiva, utilizando-se de estoques construtivos públicos, e rege-se pelo disposto na Lei Complementar nº 315, de 6 de janeiro de 1994.

§ 1º As vendas de estoques construtivos serão imediatamente suspensas mediante decreto do Poder Executivo, em caso de se constatar impacto negativo na infraestrutura decorrente da aplicação do Solo Criado, ou mesmo quando se verifique a inviabilidade de sua aplicação em face dos limites estabelecidos para as Unidades de Estruturação Urbana ou quarteirão, nos termos do art. 67

O art. 53-A apresenta detalhes relevantes sobre o adensamento resultante do solo criado e o método correspondente de alienação pelo Poder Público, conforme descrito a seguir:

Art. 53–A. O Solo Criado é constituído por:

I – Solo Criado de Pequeno Adensamento, correspondendo a áreas adensáveis em quantidades que não causam impacto significativo nos equipamentos e na paisagem urbana, disponíveis em todas as UEUs, com aquisição direta, dispensada a licitação;

II – Solo Criado de Médio Adensamento, correspondendo a áreas adensáveis em quantidades que causam baixo impacto nos equipamentos e na paisagem urbana, sendo disponíveis nas UEUs, conforme Anexo 6 desta Lei Complementar, e nos quarteirões liberados para adensamento pelo sistema de monitoramento da densificação com aquisição direta;

III – Solo Criado de Grande Adensamento, correspondendo a áreas adensáveis que podem causar impacto nos equipamentos e na paisagem urbana, sendo disponíveis nas UEUs, conforme Anexo 6 desta Lei Complementar, e nos quarteirões liberados para adensamento pelo sistema de monitoramento da densificação, adquirido mediante licitação e aprovação de Estudo de Viabilidade Urbanística – EVU – para verificação dos impactos na infraestrutura e paisagem urbana; e

IV – Solo Criado Não Adensável, correspondendo a áreas incentivadas e complementares à atividade principal, que não causam impacto nos equipamentos urbanos e na paisagem e estão disponíveis em todas as UEUs com aquisição direta.

O Anexo 6 do PDDUA, que apresenta os diversos Índices de Aproveitamento estabelecidos para o município, é exibido na Tabela 1. Na AOI em Porto Alegre, nota-se que o IA varia de 0,65 a 2,4, enquanto o IA máximo oscila de 1,5 a 3,0.

Tabela 1 - Anexo 6 - índices de aproveitamento

		ÍNDICES DE APROVEITAMENTO				ANEXO 6
ÁREA DE OCUPAÇÃO	CÓDIGO	ÍNDICE DE APROVEITAMENTO				QUOTA IDEAL
		IA	SC	TPC	IA MÁXIMO	
INTENSIVA (1)	01	1,0	Não	Sim ⁽⁴⁾	1,5	75m ²
	02a	1,0	Sim	Sim	1,5	300m ²
	02b	1,0	Sim	Sim	1,5	150m ²
	03	1,3	Não	Sim ⁽⁴⁾	2,0	75m ²
	04	1,3	Sim	Sim	2,0	150m ²
	04a	1,3	Sim	Sim	2,0	300m ²
	05	1,3	Sim	Sim	2,0	75m ²
	06	1,3	Sim	Sim	2,0	150m ²
	07	1,3	Sim	Sim	3,0	75m ²
	09	1,3	Sim	Sim	3,0	75m ²
	11	1,6	Sim	Sim	3,0	75m ²
	13	1,6	Sim	Sim	3,0	75m ²
	15	1,9	Sim	Sim	3,0	75m ²
	17	1,9	Sim	Sim	3,0	75m ²
	19	2,4	Sim ⁽⁶⁾	Sim	3,0	75m ²
	21	0,65	Sim	Sim	2,0	—
	23	Regime urbanístico próprio a critério do SMGP ⁽²⁾				—
25	Regime urbanístico próprio ⁽²⁾				—	
RAREFEITA	31	0,1	—		20.000m ²	
	33	0,1	—		5.000m ²	
	35	0,2 ⁽³⁾	—		2.000m ²	
	37	0,5	—		—	
	39	Regime urbanístico próprio				—
INT./RAR.	41	Regime urbanístico próprio definido por Lei Específica				—

Fonte: PDDUA, Lei Complementar n°434/99.

IA (Índice de Aproveitamento)

SC (Solo Criado Adensável)

TPC (Transferência de Potencial Construtivo)

IA MÁXIMO (Índice de Aproveitamento Máximo)

* Nenhum projeto poderá ter Índice de Aproveitamento MÁXIMO maior do que 3,0

(1) Permitida a utilização de áreas construídas não-adensáveis e índices de ajuste de Solo Criado, conforme disposto no art. 111.

(2) O Índice de Aproveitamento não poderá ser maior que 2,5 **salvo exceção do Art. 85 do PDDUA**.

(3) Na Área de Ocupação Rarefeita com Potencial de Intensiva, para os empreendimentos habitacionais sociais, quando integrados à Política Municipal de Habitação, o Índice de Aproveitamento será o de código 01, mediante Projeto Especial de Impacto Urbano.

(4) Permitida a Transferência de Potencial Construtivo somente para aplicação no próprio terreno.

(5) Somente em áreas de interesse cultural, conforme disposto no Art. 92 § 7º, INCISO II.

(6) Face LC n° 930/21 - PROGRAMA DE REABILITAÇÃO DO CENTRO HISTÓRICO - Na UEU 026 da MZ 1 e na subunidade 05 da UEU 002 da MZ 1, os padrões estabelecidos para o índice de aproveitamento básico permanecem os mesmos estabelecidos pelo Anexo 6 do PDDUA, mas serão multiplicados pelo fator 1,5 (um vírgula cinco), não sendo aplicada diferenciação entre áreas adensáveis, não adensáveis e isentas no potencial construtivo total básico, sendo o potencial construtivo total máximo e o Índice de Aproveitamento Máximo estabelecidos pelo gabarito, exclusivamente para os aderentes ao Programa de Reabilitação do Centro Histórico.

O art. 54º estabelece que a utilização dos instrumentos tributários e financeiros deve ser direcionada ao desenvolvimento urbano e ambiental, bem como ao cumprimento da função social da cidade e da propriedade urbana. Esse enfoque visa orientar as práticas tributárias e financeiras para promover o crescimento urbano de forma sustentável e atender aos objetivos sociais da cidade e da propriedade urbana.

Art. 54. A utilização dos instrumentos tributários e financeiros deverá ser voltada ao desenvolvimento urbano e ambiental e ao cumprimento da função social da Cidade e da propriedade urbana, contendo os seguintes instrumentos:

- I - contribuição de melhoria;
- II - incentivos e benefícios fiscais e financeiros.

De acordo com o Estatuto da Cidade, a delimitação da Outorga Onerosa de Direito de Construir (OODC) está sujeita a dois critérios específicos. O primeiro é o Coeficiente de Aproveitamento básico, que autoriza a utilização sem contrapartida financeira em todos os terrenos urbanos. O segundo é o Limite Máximo de Aproveitamento, que determina a máxima utilização possível com base nos critérios urbanísticos específicos do terreno.

3.1.2 O Solo Criado e o projeto de despoluição do Arroio Dilúvio

Instituída pela Lei nº 10.257/2001, o Estatuto da Cidade, a Operação Urbana Consorciada (OUC) é um dos principais instrumentos urbanísticos no Brasil para estabelecer parcerias com a iniciativa privada. Seu propósito é promover transformações urbanísticas estruturais, melhorias sociais e valorização ambiental em uma área delimitada, levando em consideração as particularidades culturais, arquitetônicas e ambientais. A OUC será implementada na avenida Ipiranga, onde está prevista uma regulamentação específica para a região (PMPA, 2022). Os trabalhos técnicos estão sob a coordenação da SMAMUS e são realizados pelo Consórcio Regeneração Urbana Dilúvio, o qual foi contratado por meio de licitação pública. Esses estudos abrangem áreas urbanísticas, sociais, econômicas e

ambientais. Os estudos iniciais indicam a viabilidade de arrecadar R\$ 1 bilhão em solo criado ao longo de um período de 30 anos. Paralelamente, a prefeitura planeja alocar orçamento para subsidiar, pelo menos, a fase inicial da operação. O intuito é estabelecer um ciclo virtuoso, proporcionando segurança jurídica para atrair investimentos adicionais para a região (PMPA, 2023).

Conforme divulgado pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA) no ano de 2022, o plano tem como objetivo possibilitar o surgimento de novas edificações nas proximidades da avenida Ipiranga, proporcionando, em contrapartida, financiamento para a iniciativa de despoluição do arroio através do Solo Criado. Com base na definição da modelagem, será elaborado um projeto de lei, que após aprovado, a prefeitura procederá com a execução da operação consorciada, emitindo certificados de potencial construtivo, que serão posteriormente leiloados. A partir desse momento, inicia-se a ativação de um fundo específico encarregado de administrar os recursos adquiridos, orientando-os para a reabilitação do Dilúvio. Esses recursos serão designados para projetos de despoluição, desassoreamento, contenção, reflorestamento das margens do arroio e estabelecimento de um parque linear (PMPA, 2022), conforme observado na Figura 3.

É intuitivo que a iniciativa privada se sinta motivada a aportar recursos para a compra de direito de solo criado, já acordando com o município que a própria empresa arcará com os custos de projeto, construção e manutenção de banhados construídos. A construção e a manutenção, evidentemente, dependerão da obtenção dos direitos de implantação.

Empresas que aderirem a empreendimentos como banhados construídos urbanos poderão obter prestígio para as suas marcas comerciais. Isto, evidentemente, dependerá de um projeto racional, uma implantação que atenda ao projeto, e sobretudo da manutenção que venha a dedicar ao empreendimento.

Figura 3 - Parque linear projetado junto às margens



Fonte: JC, 2022.

3.1.3 Compensação Ambiental

A compensação ambiental representa um instrumento financeiro destinado a equilibrar os impactos ambientais antecipados ou já ocorridos durante a implementação de um empreendimento. Existem diversas circunstâncias em que a aplicação da compensação ambiental é necessária, e sua execução pode variar conforme a complexidade e o impacto ambiental gerado pelo empreendimento.

Este sistema está incorporado ao procedimento de licenciamento do empreendimento, atuando como uma maneira de retribuição pelos prejuízos ambientais gerados pela atividade. Na execução, os gastos vinculados aos elementos ambientais e sociais são identificados por uma entidade técnica durante a etapa de licenciamento e, em seguida, são agregados aos custos globais do empreendedor.

Posteriormente, a compensação ambiental foi estabelecida oficialmente como uma lei no art. 36º da Lei nº 9.985 de 2000, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Essa legislação manteve o requisito

mínimo de 0,5% do custo de implementação do empreendimento como uma parte obrigatória do compromisso ambiental envolvido em projetos de grande porte:

Nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental, assim considerado pelo órgão ambiental competente, com fundamento em estudo de impacto ambiental e respectivo relatório - EIA/RIMA, o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e manutenção de Unidade de Conservação (UC) do Grupo de Proteção Integral, de acordo com o disposto neste art. e no regulamento desta Lei (BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000).

Conforme Faria (2008), a compensação ambiental é identificada como um instrumento financeiro destinado a mitigar os impactos ambientais adversos que não podem ser adequadamente reduzidos, conforme identificado ou previsto no Estudo de Impacto Ambiental (EIA), visando à obtenção da licença ambiental.

De acordo com Ten Kate *et al.* (2004), a compensação ambiental é encarada como uma medida de último recurso, utilizada para reverter os impactos ambientais adversos resultantes de empreendimentos, como a redução da biodiversidade e a perda de áreas que representam patrimônio histórico e arqueológico. O propósito é garantir que não haja uma perda líquida de biodiversidade.

Segundo Born e Talocchi (2002), as compensações ambientais são mecanismos econômicos de retribuição, acionados devido à presença de efeitos prejudiciais, tais como impactos negativos e não mitigáveis resultantes de diversas atividades humanas. Conforme Sánchez (2008), os princípios orientadores da compensação ambiental incluem:

- a) Proporção entre o dano causado e a compensação exigida;
- b) Conexão espacial, priorizando medidas implementáveis em áreas contíguas àquelas afetadas;
- c) Conexão funcional, preferindo medidas compensatórias que envolvam a reposição ou a substituição das funções ou componentes ambientais impactados.

O Instituto Chico Mendes da Biodiversidade (ICMbio), uma entidade estatal voltada para questões ambientais, caracteriza a compensação ambiental como um

instrumento da política pública. Sua função consiste em intervir junto aos agentes econômicos, buscando integrar os custos sociais e ambientais resultantes da degradação causada por empreendimentos específicos nos custos totais desses projetos (ICMBio, 2014).

3.1.4 A compensação ambiental no município de Porto Alegre

Os riscos ambientais à saúde estão associados à carência de serviços fundamentais, como o fornecimento público de água de qualidade, a gestão adequada de resíduos e a implementação de sistemas eficazes de drenagem. Solucionar essas questões, que impactam milhões de pessoas, está relacionado a tecnologias simples e amplamente reconhecidas. A ausência de adequado tratamento de esgoto resulta na contaminação em larga escala dos mananciais, afetando toda a cidade ou região, como é evidenciado na relação histórica entre Porto Alegre e o Lago Guaíba. Uma proposta favorável para mitigar esse problema seria a implantação de banhados construídos como uma medida de compensação ambiental, contribuindo significativamente para melhorar a situação do saneamento dos arroios.

No contexto do município de Porto Alegre, a expressão "compensação vegetal" apresenta maior notoriedade como um meio de mitigar os impactos ambientais decorrentes da remoção de árvores. A regulamentação inicial sobre a quantidade e o método de compensação foi estabelecida pelo Decreto nº 8.186/83, sendo posteriormente substituída pelo Decreto nº 10.380/92. Em 1996, surgiu o Decreto nº 11.476/96, substituído pelo Decreto nº 14.353/03 em 2003. A partir deste último, as intervenções em vegetação seguiram regras semelhantes ao Decreto nº 17.232 de 2011 (TORRES, 2015).

Conforme relatado por Torres (2015), as diretrizes para a reposição de vegetais após a supressão, bem como as condições de conversão em casos de impossibilidade de reposição, foram estabelecidas com base em critérios semelhantes ao longo do tempo. A última norma introduziu uma discreta elevação

nos padrões compensatórios. Em 2006, o Decreto nº 15.418/06 incorporou normas estaduais, aumentando a quantidade de vegetais a serem compensados por árvore suprimida. No entanto, paradoxalmente, apesar do aumento na quantidade, as exigências de compensação foram reduzidas, pois passou a considerar apenas árvores nativas, excluindo as exóticas, e adotou um critério mínimo de altura mais rigoroso.

Ainda conforme abordado por Torres (2015), o decreto de 2006, tanto em termos de composição (não compensa espécies exóticas), estrutura (tamanho e critério mínimo de altura) quanto função (mudas em condições de plantio), representa uma abordagem menos rigorosa e alinhada ao propósito de plantio e manutenção de árvores no ambiente urbano. O Decreto nº 17.232/11 retomou critérios do Decreto nº 15.418/06, considerados tecnicamente adequados ao Plano de Arborização Urbana de Porto Alegre, datado de 2005, consolidando um padrão técnico para a compensação vegetal.

3.1.4.1 Lei Complementar nº 757, de 14 de janeiro de 2015

A LC nº 757, datada de 14 de janeiro de 2015, normatiza as práticas de supressão, transplante e poda de espécimes vegetais no âmbito do município de Porto Alegre. No art. 1º, são estabelecidas as diretrizes que regem essas atividades. O art. 4º, em seu parágrafo 2º, estipula que a supressão vegetal deve ser compensada ambientalmente, por meio do plantio de espécies nativas no mesmo local da supressão. Em situações em que a compensação total não é possível, conforme parágrafo 4º, a lei prevê a obtenção de um Certificado de Compensação por Transferência de Serviços Ambientais (CCTSA), cujo valor é equivalente às mudas que deveriam ser plantadas, conforme a tabela de compensação estabelecida.

No parágrafo 17, fica determinado que os recursos provenientes das compensações ambientais serão depositados no Fundo Pró-Defesa do Meio

Ambiente de Porto Alegre, em uma conta específica, sendo proibida a transferência para o caixa único.

O art. 6º define o CCTSA como o documento emitido pela SMAMUS, com o propósito de ressarcir o Fundo Pró-Defesa do Meio Ambiente de Porto Alegre pelos bens e serviços adquiridos para a manutenção e conservação da biodiversidade no município, conforme delineado no art. 7º desta LC, que estabelece que a emissão de CCTSA será utilizada para compensar os bens e serviços adquiridos, contratados ou executados pelo Fundo Pró-Defesa do Meio Ambiente de Porto Alegre, conforme especificado:

- I - aquisição, regularização fundiária e demarcação de terras de Unidades de Conservação Municipal existentes ou a serem criadas, implantadas e mantidas pelo Poder Público;
- II - aquisição de bens e serviços necessários à implantação, à gestão, ao monitoramento e à proteção de Unidades de Conservação Municipal ou áreas verdes urbanas, suas áreas de amortecimento e seus corredores ecológicos;
- III - aquisição de áreas e implantação de área verde urbana, defini da no art. 3º, inc. XX, da Lei Federal nº 12. 651, de 25 de maio de 2012 - Código Florestal, ou o que vier a substituí-lo;
- IV - elaboração, revisão ou implantação de plano de manejo de Unidades de Conservação Municipal;
- V - serão destinados 15% (quinze por cento) para projeção, construção, conservação e manutenção de praças, parques, jardins e balneários, inclusive com a instalação de equipamentos de ginástica híbridos ao ar livre;
- VI - elaboração do projeto e implantação do parque Arroio do Salso, conforme gravame já existente no PDDUA;
- VII - elaboração dos estudos e implantação dos corredores ecológicos no Município de Porto Alegre; e
- VIII - elaboração dos estudos e gravame de todas as APPs no Município de Porto Alegre.

3.2 ESGOTO SANITÁRIO

Segundo a ABNT NBR 9.648/1986, a definição de esgoto sanitário abrange o "Descarte líquido composto por resíduos domésticos e industriais, água infiltrada e contribuição pluvial parasitária". Esta norma técnica também apresenta definições específicas para resíduos domésticos, resíduos industriais, águas infiltradas e contribuição pluvial parasitária, com as seguintes definições:

- I. Esgoto doméstico: "Despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas";
- II. Esgoto industrial: "Despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos";
- III. Águas e infiltração: "Toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações";
- IV. Contribuições parasitárias: "Parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário";

Os efluentes que chegam às estações de tratamento de esgoto no Brasil são classificados em três categorias principais, conforme Von Sperling (1998): domésticos, industriais e águas de infiltração. Essa categorização resulta da predominância do sistema de coleta de esgoto adotado no país, conhecido como separador absoluto. Notavelmente, esse sistema não abrange a coleta de esgotos pluviais, direcionando-as para um sistema de drenagem urbana exclusivo para as águas pluviais.

Ao analisar as necessidades quantitativas e qualitativas do sistema de tratamento de esgoto, Von Sperling (1998) destaca a importância de considerar as vazões provenientes de cada tipo de efluente envolvido. A vazão de contribuição dos efluentes domésticos, segundo o autor, equivale a aproximadamente 80% do consumo per capita de água, caracterizando-se como um coeficiente de retorno.

Esse coeficiente ressalta que uma parte significativa da água utilizada para fins domésticos requer tratamento após ser usada para diversas finalidades. Em contrapartida, a vazão de infiltração leva em consideração as águas que ingressam no sistema de coleta de esgoto devido a defeitos comuns, como tubulações danificadas, sendo influenciada pela extensão da rede de coleta e pelas características do ambiente contribuinte.

Subtil *et al.* (2018) observam que os sistemas alternativos de tratamento de esgotos têm ganhado destaque. Entre os atrativos estão a facilidade de construção e manutenção, a qualidade ambiental, a melhoria da qualidade de vida e a necessidade de investimentos mais baixos em comparação com os sistemas convencionais. Dentre as diversas tecnologias alternativas aplicáveis ao tratamento de esgoto, os banhados construídos destacam-se como uma opção viável.

3.2.1 Composição dos esgotos domésticos

Os esgotos domésticos resultam do uso da água em diversas atividades, abrangendo banheiros, cozinhas e diferentes áreas de residências, hotéis, escolas, clubes, igrejas, restaurantes, bares, shopping centers, cinemas, teatros, aeroportos, rodoviárias, penitenciárias, postos de abastecimento, indústrias e prédios administrativos.

Esses esgotos englobam uma variedade de contribuições, desde a condução de fezes e urina até a lavagem de mãos, corpo, alimentos (como verduras e frutas), utensílios de cozinha e roupas. Vale destacar que o processo de lavagem de roupas pode liberar um contaminante emergente: microplásticos. A caracterização dos esgotos se dá mediante a análise de sua composição física, química e biológica.

As características mencionadas referem-se às quantidades dos distintos componentes presentes nos esgotos. A composição desses elementos sofre variações ao longo das diferentes horas do dia, dos dias da semana e dos meses. Na Tabela 2, estão apresentadas as quantidades de diversos elementos presentes

nos esgotos não tratados, categorizadas em níveis de concentração que variam de baixos, médios a elevados, dependendo do grau de diluição (Metcalf e Eddy, 2003). Vale ressaltar que a lista mencionada trata apenas de alguns desses componentes. A Tabela 3, por sua vez, fornece dados acerca das quantidades de microrganismos presentes nos esgotos domésticos.

Tabela 2 - Concentrações típicas de esgotos domésticos não tratado

Constituinte	Unidade	Concentração			
		Porto Alegre*	Fraco	Médio	Forte
Sólidos Totais (ST)	mg/L	464	390	720	1.230
SDT	mg/L	290	270	500	860
SDF (fixos)	mg/L	-	160	300	520
SDV (voláteis)	mg/L	-	110	200	340
SST	mg/L	174	120	210	400
SSF (fixos)	mg/L	-	25	50	85
SSV (voláteis)	mg/L	-	95	160	315
Sól. Sedimentáveis	mL/L	4	5	10	20
DBO5, 20°C	mg/L	284	110	190	350
DQO	mg/L	442	250	430	800
Nitrogênio Total	mg/L	37	20	40	70
Nitrogênio Orgânico	mg/L	-	8	15	25
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	-	12	25	45
Fósforo Total	mg/L	12	4	7	12
Fósforo Orgânico	mg/L	-	1	2	4
Fósforo Inorgânico	mg/L	-	3	5	10
Óleos e Graxas	mg/L	48	50	900	100

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy, 2003.

*Concentração dos esgotos de Porto Alegre - DMAE (1973, 1983).

Tabela 3 - Concentrações típicas de organismos em esgotos domésticos brutos

Organismos	Concentração (número/mL)
Coliformes totais	$10^7 - 10^9$
Coliformes fecais*	$10^6 - 10^8$
Streptococos fecais	$10^4 - 10^7$
Enterococos	$10^4 - 10^5$
Shigella	$10^0 - 10^3$
Salmonella	$10^2 - 10^4$
Pseudomonas aeruginosa	$10^3 - 10^6$
Clostridium perfringens	$10^3 - 10^5$
Cistos de Entamoeba	$10^{-1} - 10^1$
Cistos de Giardia	$10^3 - 10^4$
Cistos de Criptosporidium	$10^1 - 10^3$
Ovos de helmintos	$10^1 - 10^3$
Vírus entéricos	$10^3 - 10^4$

Fonte: Adaptado de Metcalf e Eddy, 2003.

* *Escherichia coli* (enteropatogênico)

A qualidade da água em áreas urbanizadas é influenciada por diversos fatores, incluindo o sistema de coleta e tratamento de esgotos cloacais, a frequência de limpeza das ruas, o estágio de desenvolvimento da bacia e as características de urbanização. No contexto das bacias brasileiras, como em Porto Alegre, a cobertura da rede de coleta de esgoto cloacal não abrange toda a área. Inicialmente, são utilizadas fossas sépticas, mas à medida que a bacia se desenvolve, com o aumento da densidade populacional e da verticalização, esse sistema torna-se insuficiente para o volume gerado. Nesse cenário, uma parte do volume não coletado é transferida para a rede de escoamento pluvial. A água proveniente do sistema pluvial pode ser contaminada por diversas fontes, tais como a contaminação aérea devido às partículas presentes na atmosfera. Além disso, a contaminação ocorre devido às superfícies urbanas, que são lavadas pelas águas pluviais e transportam para o sistema de drenagem substâncias como metais, graxas, óleos, lixo e sedimentos. Outro ponto de contaminação é a deposição de lixo pela população diretamente no sistema de drenagem. Esses fatores ressaltam a complexidade e a

variedade de fontes que impactam a qualidade da água em ambientes urbanos (PMPA, 2002).

3.3 BANHADOS CONSTRUÍDOS

De acordo com Subtil *et al.* (2018), sistemas de banhados construídos, constituem estruturas artificiais alagadas desenvolvidas especialmente para o tratamento de águas residuárias, notadamente provenientes de esgotos sanitários. Esses sistemas são planejados com a finalidade de empregar plantas aquáticas e micro-organismos na gestão da poluição da água, com o objetivo de aprimorar sua qualidade. A concepção dos banhados construídos visa explorar a capacidade natural de assimilação e conversão de matéria orgânica (carbono) e nutrientes (nitrogênio e fósforo), em semelhança aos processos observados em ambientes alagados naturais.

Kadlec e Knight (1996) oferecem um bom relato histórico sobre o uso de áreas alagadas naturais e construídas para o tratamento e descarte de águas residuárias. Conforme apontam, as áreas alagadas naturais provavelmente foram utilizadas para o descarte de águas residuárias tanto tempo quanto essas águas começaram a ser coletadas, com registros documentados remontando a 1912. Alguns pesquisadores pioneiros em áreas alagadas construídas provavelmente iniciaram seus esforços com base em observações da capacidade aparente de tratamento das áreas alagadas naturais. Outros enxergaram as águas residuárias como uma fonte de água e nutrientes para a restauração ou criação de áreas alagadas.

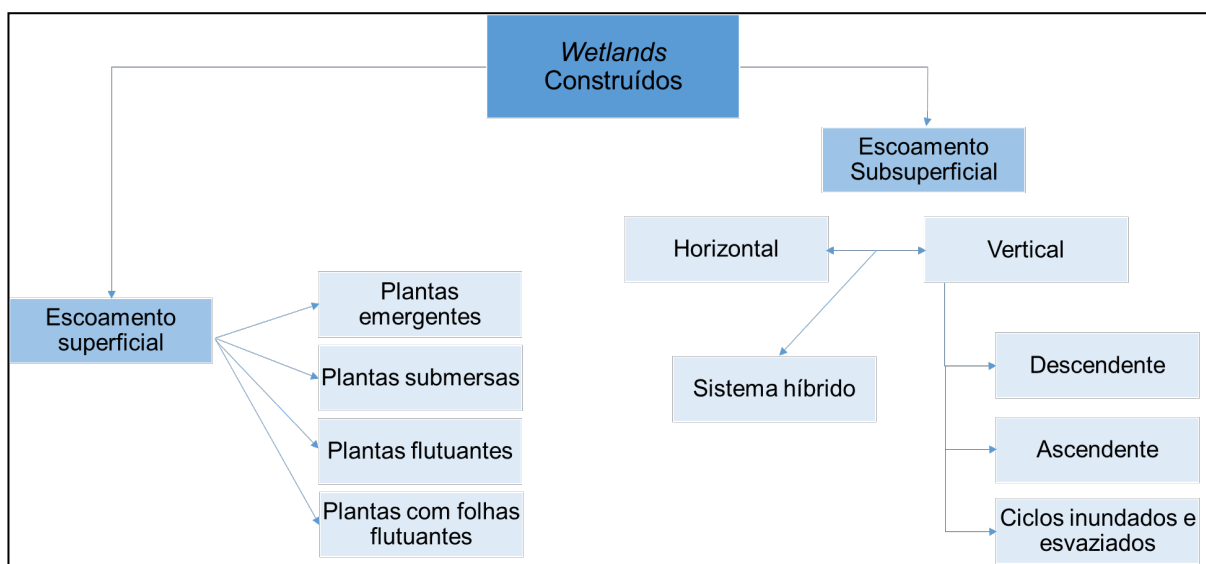
Ainda conforme Kadlec e Knight (1996), os estudos de pesquisa sobre o uso de áreas alagadas construídas para o tratamento de águas residuárias começaram na Europa na década de 1950 e nos Estados Unidos no final da década de 1960. Os esforços de pesquisa nos Estados Unidos aumentaram ao longo das décadas de 1970 e 1980, com significativa participação federal da Tennessee Valley Authority (TVA) e do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos no final da década de

1980 e início da década de 1990. A United States Environmental Protection Agency (USEPA) teve um papel limitado na pesquisa sobre áreas alagadas construídas, o que pode explicar a escassez de dados úteis e assegurados em termos de qualidade.

Os banhados construídos têm sido extensivamente empregados para o tratamento de efluentes originados não só de esgotos domésticos, mas também de drenagem ácida de minas, efluentes agrícolas, resíduos industriais em geral, esgotos pluviais e lixiviados de aterros sanitários (LORION, 2001).

Segundo Mendonça (2015), esses sistemas podem ser classificados em duas categorias principais: os banhados de escoamento superficial e os banhados de escoamento subsuperficial. De acordo com a explicação fornecida por Mendonça (2015), as principais distinções entre os banhados construídos de escoamento superficial e os de escoamento subsuperficial estão relacionadas à altura da água em relação à superfície do substrato e quanto à direção do fluxo.

Figura 4 - Configurações dos banhados construídos



Fonte: Godinho e Guedes, 2017.

Na Tabela 4 apresentam-se os principais mecanismos de remoção de poluentes nos banhados construídos.

Tabela 4 - Principais mecanismos de remoção de poluentes

Constituinte do esgoto	Mecanismo de remoção
Sólidos Suspensos	Sedimentação Filtração
Material Orgânico Solúvel	Degradação biológica aeróbia e anaeróbia
Nitrogênio	Utilização pela planta Amonificação Nitrificação e desnitrificação biológicas
Fósforo	Adsorção Utilização pela planta Adsorção e troca de cátions
Patógenos	Predação Morte natural Irradiação UV
Metais	Complexação, precipitação Absorção pela planta Oxidação e redução bioquímicas Sedimentação Filtração

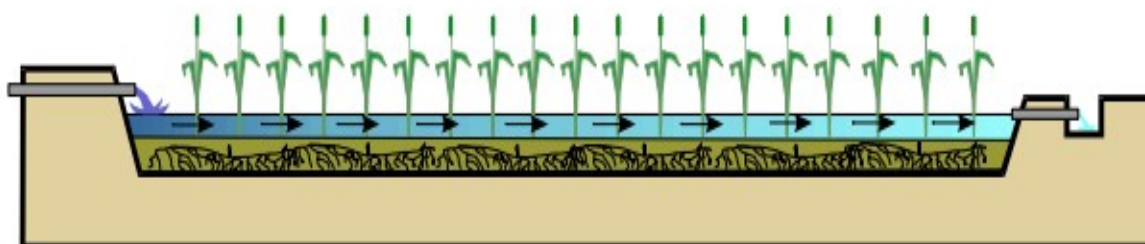
Fonte: Mendonça, 2015

3.3.1 Banhado Construído de fluxo superficial

No que diz respeito aos banhados de fluxo horizontal superficial, eles compartilham semelhanças visuais com áreas úmidas naturais, pois abrigam plantas aquáticas flutuantes e/ou enraizadas (emergentes e submersas) em uma camada de solo no leito, permitindo que a água flua livremente entre folhas e caules. Essas áreas podem apresentar espaços abertos dominados por vegetação ou incluir ilhas com funções de habitat. São utilizadas plantas dos gêneros: emergentes (*Typha*, *Phragmites*, *Scirpus*); submersas (*Potamogeton*, *Elodea*, etc); e flutuantes (*Eichornia*, conhecida como aguapé; *Lemna*, conhecida como lentilha d'água). A preferência recai sobre plantas nativas. A ecologia aquática nesses banhados é notavelmente complexa, podendo apresentar fundo revestido ou não, dependendo das exigências ambientais. A altura da lâmina d'água varia entre 0,6 à 0,9 m para as zonas vegetadas (ou menos, no caso de certas plantas emergentes), e 1,2 a 1,5 m para as áreas de água livre. (VON SPERLING e col., 2009).

A Figura 5, obtida de Salati (2006), apresenta o desenho esquemático de um sistema de banhado construído com fluxo superficial.

Figura 5 - Banhado construído de fluxo superficial com macrófitas emergentes

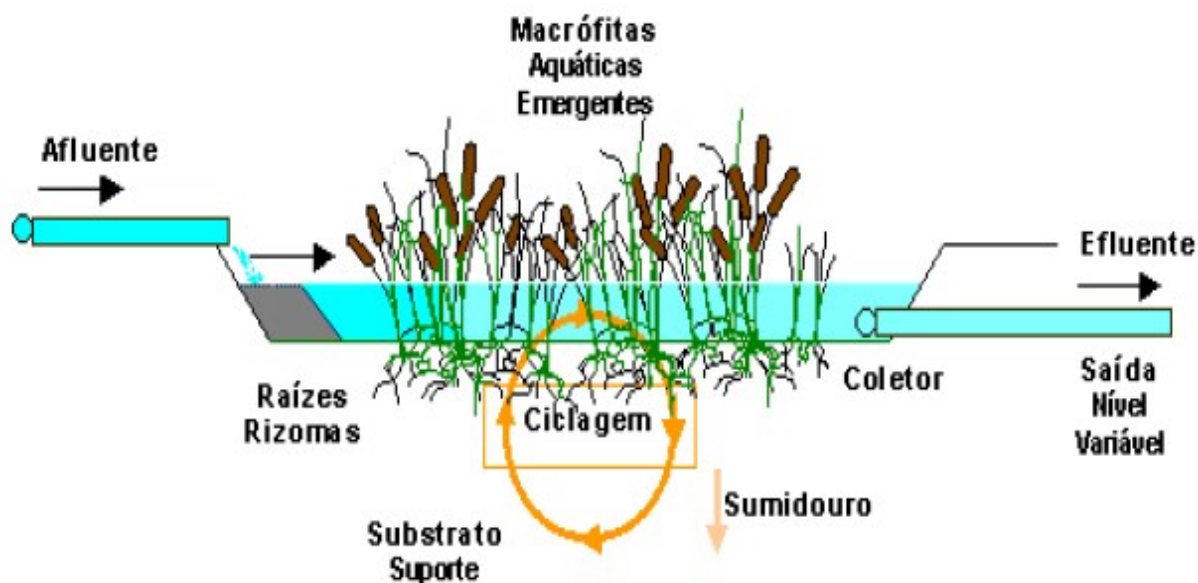


Fonte: Salati, 2006.

Conforme Subtil *et al.* (2018), trata-se de sistemas eficazes para o desenvolvimento de várias macrófitas aquáticas, incluindo as flutuantes. Esses sistemas distribuem uniformemente o afluente na superfície, com baixa profundidade de água e coleta contínua de efluentes na parte inferior. Recomendados para o tratamento terciário, focam na remoção de nutrientes, especialmente fósforo, exigindo pré-tratamento para remoção de matéria orgânica. Podem ou não incluir substrato, utilizando exclusivamente macrófitas aquáticas flutuantes na ausência deste. Destaca-se o aguapé, conhecido por sua biomassa acumulativa, aceleração na ciclagem de nutrientes e resistência a ambientes poluídos.

A Figura 6 apresenta um dos tipos de banhado proposto originalmente no Projeto Básico do Sistema Ponta da Cadeia – Serraria. Os banhados não foram implantados neste sistema de adução e tratamento de esgotos do DMAE – Porto Alegre - RS. Isso porque a metodologia que acabou prevalecendo para tratar os esgotos do município adotou o sistema de lodos ativados.

Figura 6 - Componentes estruturais de banhado construído de fluxo superficial



Fonte: Projeto Básico do sistema Ponta da Cadeia - Serraria, DMAE, 2002.

3.3.2 Banhado Construído com fluxo subsuperficial horizontal

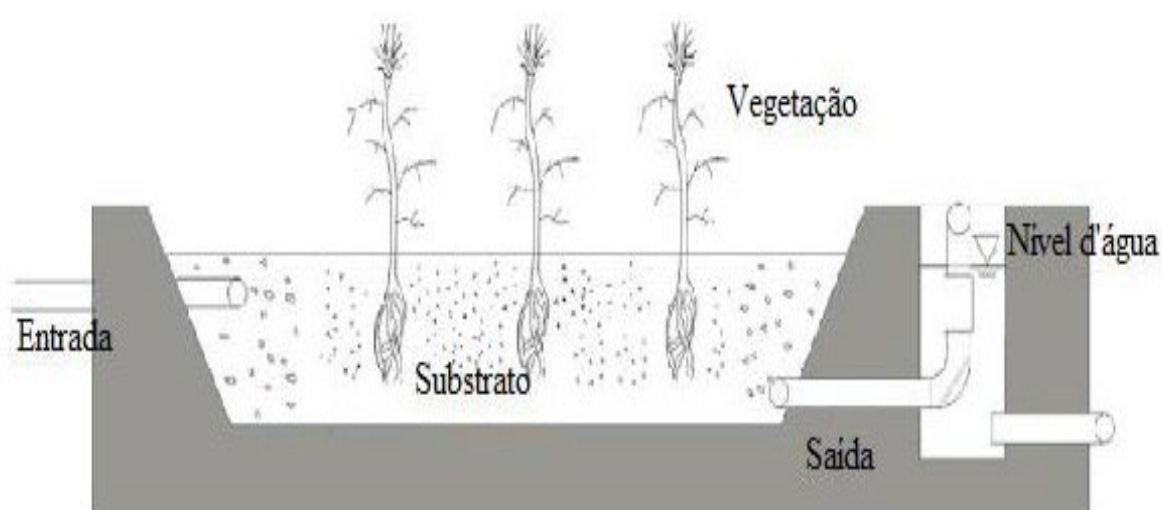
Segundo Dotro *et al.* (2017), os sistemas de escoamento subsuperficial podem ser categorizados em duas modalidades: fluxo horizontal e vertical. No caso do fluxo vertical, ele pode ser subdividido em fluxo ascendente e descendente.

Esse sistema se diferencia das áreas úmidas naturais, uma vez que não apresenta água livre na superfície. Compreende um leito composto por pequenas pedras, cascalho, areia ou solo, que proporcionam suporte ao crescimento de plantas aquáticas. O nível da água permanece abaixo da superfície do leito, e o esgoto flui em contato com as raízes e rizomas das plantas, onde se forma um biofilme bacteriano - que não é visível nem acessível para a biota aquática. Os gêneros de plantas frequentemente utilizados são *Typha*, *Juncus*, *Scirpus*, *Carex* e *Phragmites*. A altura média do leito varia entre 0,5 e 0,6 m, enquanto a altura da água dentro do leito fica entre 0,4 e 0,5 m. A granulometria do leito deve ser adequada para permitir o fluxo contínuo do esgoto, evitando problemas de entupimento. A maior parte da zona subsuperficial é anaeróbica, com áreas aeróbicas imediatamente adjacentes aos rizomas e raízes. Isso minimiza o potencial de odores

desagradáveis, bem como a propagação de mosquitos e ratos. (VON SPERLING e col., 2009).

De acordo com Ormonde (2012), o efluente é introduzido na zona inicial do leito e percola até a zona final, impulsionado por uma declividade de fundo determinada no projeto, como ilustrado na Figura 7. É importante ressaltar que o movimento do líquido ocorre horizontalmente.

Figura 7 - Banhado construído com fluxo horizontal subsuperficial.



Fonte: Ormonde, 2012.

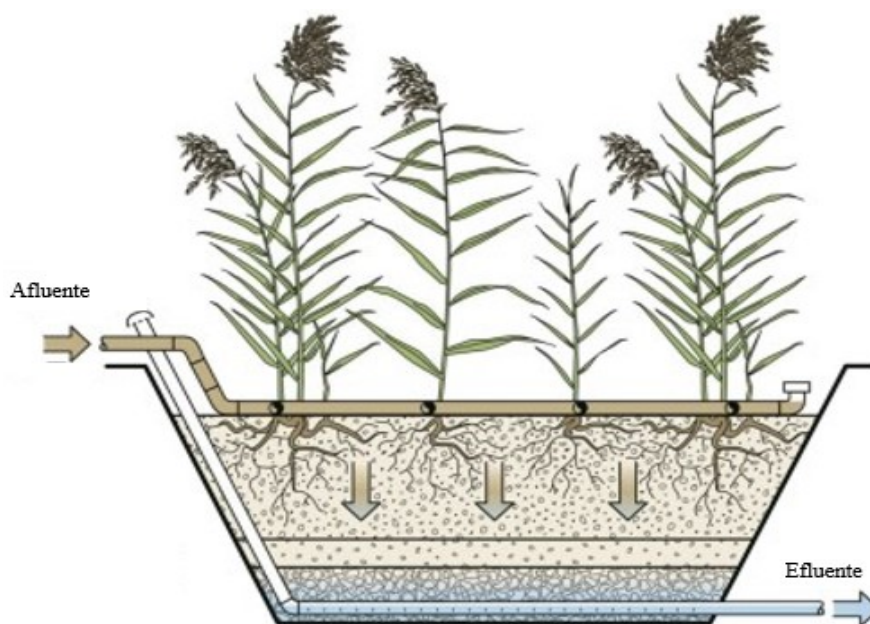
3.3.3 Banhado Construído com fluxo vertical

Geralmente, trata-se de um leito filtrante composto por areia ou cascalho, plantado com vegetação. No leito, há uma rede de dutos localizados no fundo para coletar o esgoto tratado. O funcionamento desse sistema assemelha-se a um filtro intermitente, com ciclos de dosagem na superfície e drenagem pelo fundo, diferenciando-se assim da abordagem convencional de áreas úmidas. Devido à dosagem intermitente, o fluxo ocorre tipicamente em meio não saturado. Após a dosagem, o meio volta ao estado não saturado, possivelmente aeróbico. Normalmente, são utilizados mais de um leito em paralelo, onde um deles recebe os

lotes de esgoto durante um ou mais dias, enquanto os outros permanecem em repouso. Isso permite a digestão e secagem do lodo na superfície, além de manter condições aeróbias no leito. (SPERLING; SEZERINO, 2018).

De acordo com Kadlec e Wallace (2009), este tipo de sistema é comumente utilizado para o tratamento secundário e terciário de águas residuárias domésticas. Também são empregadas no tratamento de lixiviados de aterros e efluentes de processamento de alimentos, os quais frequentemente contêm altos níveis de nitrogênio amoniacal e/ou carbono orgânico (acima de centenas de miligramas por litro). A Ilustração esquemática do sistema de banhados construídos de fluxo vertical pode ser observada na Figura 8.

Figura 8 - Ilustração esquemática do sistema de fluxo vertical.



Fonte: Adaptado de Dotro *et al.*, 2017.

3.3.4 Macrófitas

De acordo com Pott e Pott (2000), as macrófitas aquáticas constituem um extenso conjunto de vegetais presentes em ambientes que variam de áreas úmidas a locais totalmente submersos. Esse grupo inclui desde plantas de pequeno porte

com folhas flutuantes na superfície da água até plantas arbóreas que crescem nas margens.

Conforme a classificação apresentada por Pott e Pott (2000), quanto a forma de vida ou forma biológica as macrófitas podem ser categorizadas da seguinte forma:

- I - Emergentes: têm raízes no substrato, mas suas folhas crescem para fora da água, como é o caso do Junco e da Taboa.
- II - Flutuante fixa: enraízam no substrato e apresentam folhas que flutuam na superfície da água, exemplificadas pelo Lírio d'água e pela Vitória-régia.
- III - Flutuante livre: não enraizada substrato, flutuam livremente na superfície da água, exemplos incluem Alface d'água, Aguapé e Orelha-de-rato.
- IV - Submersas fixas: crescem completamente submersas, com raízes ancoradas no sedimento, geralmente saindo somente a flor para fora d'água, incluindo espécies como Elódea e Cabomba.
- V - Submersas livres: não enraizada no fundo, permanecem flutuando sob a água, podendo se fixar nos pecíolos e caules de outras macrófitas, como no caso da Utriculária.

Dotro *et al.* (2017), indicam que os sistemas de escoamento superficial geralmente possuem áreas com recarga de água leve, apresentando diversos tipos de plantas. Nesse contexto, o tratamento do efluente ocorre por meio da interação entre substrato e plantas emergentes. Além disso, conforme mencionado por Mendonça (2015), o processo de tratamento é realizado pelos processos de sedimentação, filtração, oxidação biológica, adsorção e precipitação. Salati (2009) ressalta que a capacidade de produção de biomassa, que pode atingir até 5% ao dia, é observada principalmente em águas poluídas, especialmente em esgoto urbano, quando há um significativo aumento na oferta de nutrientes.

O gênero *Typha*, representado na Figura 9, é uma das macrófitas mais comuns na implementação de banhados construídos. A escolha por esse gênero é motivada pela sua notável habilidade de prosperar em ambientes perturbados, caracterizados por elevada concentração de nutrientes ou baixo pH. Essas plantas, de natureza herbácea, apresentam uma considerável produção de biomassa.

Figura 9 - Macrófita emergente do gênero *Typha*



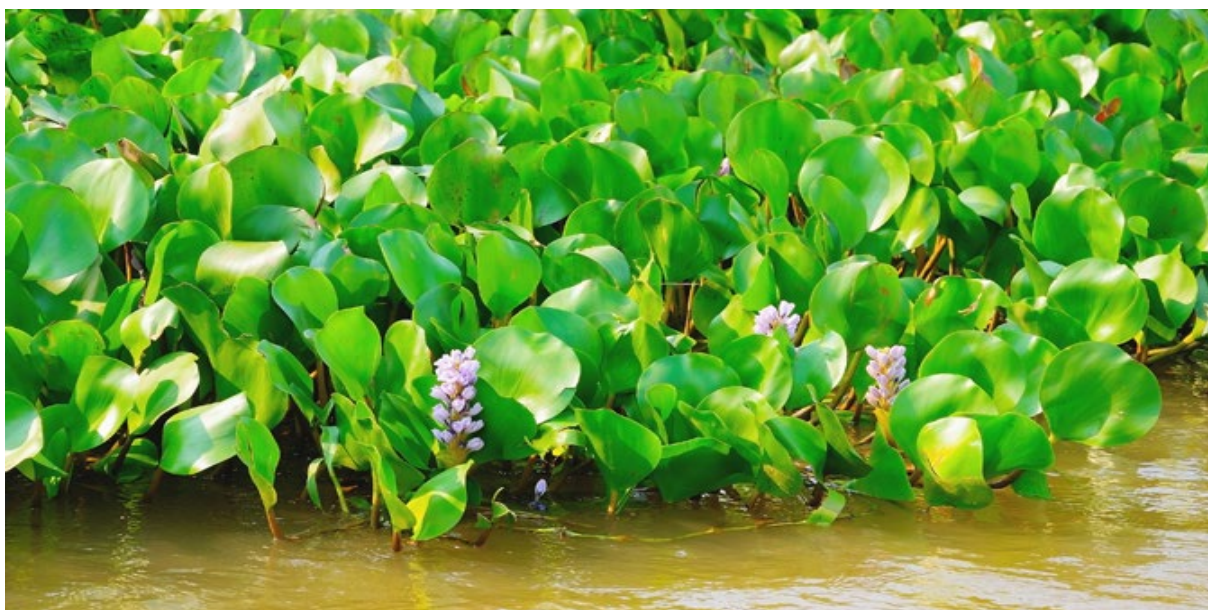
Fonte: Foto de Arto J, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons.

Segundo Kawai & Grieco (1983), plantas aquáticas são amplamente utilizadas no tratamento de águas residuárias devido à sua capacidade de assimilar substâncias poluentes. O aguapé, conhecido cientificamente como *Eichhornia crassipes*, podendo ser observada na Figura 10, é uma planta aquática nativa da América Central, possui a capacidade de absorver nutrientes e poluentes presentes na água, como nitrogênio, fósforo e matéria orgânica, por meio do processo de fotossíntese, o que colabora para a redução desses contaminantes.

Ainda conforme destacado por Kawai & Grieco (1983), quando a densidade do aguapé atinge um determinado limite, observa-se uma redução na taxa de crescimento, resultando na diminuição de duas atividades biológicas ligadas à assimilação de substâncias poluentes. Portanto, para otimizar a eficiência do

sistema de tratamento, é crucial realizar um controle constante da quantidade de aguapé, visando manter um rendimento mais eficaz na operação prática. A proliferação de mosquitos também deve ser destacada como outro fator importante na aplicação do sistema, sendo recomendada a adoção de algumas medidas de controle desses insetos no programa de operação.

Figura 10 - Macrófita flutuante livre aguapé (*Eichhornia crassipes*)



Fonte: PET Engenharia Sanitária e Ambiental, 2020.

3.3.5 Parâmetros de projeto

Segundo Campbell e Ogden (1999), os banhados são comumente integrados como parte essencial de um sistema de tratamento, e, assim, suas habilidades específicas podem ser aproveitadas de maneira significativa se forem compreendidas suas capacidades fundamentais. Podendo ser considerados como filtros biológicos, suas funções primárias podem ser resumidas da seguinte maneira:

- Remoção e reciclagem de nutrientes (nitrogênio e fósforo), sedimentação;

- Digestão e eliminação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (compostos orgânicos suscetíveis à oxidação);
- Precipitação de metais;
- Remoção de patógenos e degradação de compostos tóxicos.

As considerações operacionais e os parâmetros comumente empregados nas fases de concepção e projeto de banhados construídos englobam: tempo de retenção hidráulica, área superficial do leito filtrante, altura da lâmina líquida ou profundidade do substrato submerso, profundidade do meio filtrante, taxa de carga hidráulica, taxa de carga de matéria orgânica e taxa de carga de sólidos (TCHOBANOGLUS e col. 1991; CRITES e TCHOBANOGLUS, 1998; CORAUCCI FILHO e col., 2001 apud MENDONÇA, 2015).

No contexto brasileiro, não existe uma indicação clara, apesar de várias pesquisas sobre o assunto, sobre a relação entre vazão, área utilizada, meio suporte e expectativa de tratamento para algum tipo de efluente utilizando banhados construídos. Poucos sistemas foram avaliados de forma contínua e por um longo período, e, não raro, os parâmetros de análise e a metodologia adotada pelos pesquisadores não coincidem, o que ocasionalmente cria dificuldades na comparação entre os diversos trabalhos (VALENTIM, 2003).

Tabela 5 - Parâmetros para dimensionamento de banhados construídos

Parâmetro	Fluxo Superficial	Fluxo Subsuperficial
Tempo de Detenção (dias)	5-14	2-17
Coluna d'água (m)	0,1-0,5	0,1-1,0
Razão Comprimento:Largura	2:1 a 10:1	0,25:1 a 5:1
Controle de mosquitos	Sim	Não
Frequência de poda (ano)	3-5	3-5
DBO5 máxima (g DBO/m ² xdia)	8	7,5
Carga hidráulica (L/m ² xdia)	7-60	2-30

Fonte: Adaptado de Valentim, 2003.

3.3.6 Exemplificação de projetos de banhados construídos para requalificação de cursos hídricos

Os banhados construídos têm sido uma estratégia que tem se mostrado eficaz na requalificação de cursos hídricos. Esses ambientes, que combinam elementos naturais e projetados, auxiliam na restauração de ecossistemas aquáticos degradados, enfrentando desafios ambientais contemporâneos como poluição e perda de biodiversidade. Sua aplicação representa uma solução sustentável e resiliente na revitalização de corpos d'água, promovendo a saúde ambiental e a sustentabilidade.

3.3.6.1 Parc du Chemin de l'Île, Nanterre, França

Com o rápido crescimento urbano, a integração entre paisagismo e tratamento de efluentes tem despertado interesse entre engenheiros e outros profissionais urbanísticos. O Rio Sena, sendo o mais significativo da França, enfrentou anos de intensa poluição e estava considerado irrecuperável. No entanto, os franceses realizaram significativos investimentos em sua reabilitação, e estudos indicam o êxito dessa restauração. Especificamente na cidade de Nanterre, destaca-se a iniciativa de revitalização urbana no Parc du Chemin de l'Île, observado na Figura 11, onde tecnologias são empregadas para contribuir para a despoluição do Rio Sena por meio de sistemas naturais integrados, incluindo os banhados construídos (GODINHO; GUEDES, 2017).

Figura 11 - Parc du Chemin de l'Ile



Fonte: Phytorestore, 2018.

Conforme relatam Godinho e Guedes (2017), o sistema opera por meio de uma sucessão de grandes piscinas localizadas na entrada do espaço, encarregadas de filtrar e despoluir a água proveniente do rio. Essa água é conduzida através de um parafuso de Arquimedes e passa por um processo de purificação, sendo tratada pelas plantas presentes nas piscinas. Na primeira delas, *Typha angustifolia* e *Phragmites communis* desempenham o papel de remover cargas poluentes e reduzir as concentrações de nitratos, metais pesados e matérias orgânicas em suspensão.

A segunda piscina utiliza *Equisetum fluviatile*, *Iris pseudacorus* e *Iris sibirica* para combater germes, suprimindo a presença de bactérias na água. Os últimos reservatórios possuem plantas oxigenantes e a presença de lírios, indicando a excelente qualidade da água, uma vez que essas plantas prosperam somente em ambientes com níveis adequados de oxigênio. Por fim, a água limpa resultante desses processos é destinada à irrigação das hortas comunitárias situadas no parque. São tratados 40 m³/h de água do rio Sena em uma área de 18.000 m², voltando para o rio cerca de 30 m³/h de água despoluída. O restante da água é utilizado, principalmente, para irrigação do parque. Os resultados destes banhados

foram extremamente satisfatórios pois a água que entra do Sena carrega compostos orgânicos, nitrogênio, fósforo e germes e tem uma qualidade de água classe 3 (sistema francês). Já, na saída, alcança a qualidade 1B, que seria “água para banho”. (GODINHO; GUEDES, 2017).

3.3.6.2 Canal de Paco: Rio Pasig, Filipinas

Situada junto à desembocadura do Rio Pasig na costa oriental da Baía de Manila, a cidade de Manila, a capital das Filipinas e uma das mais populosas do país, com mais de 1,7 milhão de habitantes. A urbanização da região ocorreu ao redor dos rios e córregos, que desempenham um papel fundamental na infraestrutura econômica. Antes do aumento do uso de veículos motorizados, esses cursos d'água eram utilizados como vias de transporte e comércio. A cidade abrange uma área de 38,3 km².

Medeiros (2022) destaca que devido ao crescimento populacional desordenado na região, a infraestrutura sanitária entrou em colapso, levando a problemas como a construção informal de residências ao longo dos córregos. Isso resultou no despejo direto de efluentes domésticos nos corpos d'água, contribuindo para a contaminação. Além disso, destaca-se a geração significativa de lixo sólido diário em 2001 conforme observado na Figura 12, aproximadamente 8.600 toneladas, e a transformação dos córregos em esgotos a céu aberto.

Figura 12 - Canal tomado por resíduos sólidos antes da intervenção urbana



Fonte: Marostica e Miron, 2022.

No ano de 2009 teve início o projeto de reabilitação do Canal de Paco, que percorre o Rio Pasig. As propostas abrangiam a realocação de habitantes de assentamentos ilegais próximos ao rio, o desassoreamento do córrego, a construção de wetlands do tipo Biomatrix e a implementação de uma rede coletora de esgotos e alagados para o sistema de tratamento de águas com aeração dinâmica Denominado Biomatrix. Esse sistema constitui uma estrutura de engenharia flutuante de baixo custo, projetada para ser instalada em reservatórios, canais e lagos contaminados, como ilustrado na Figura 13.

Essa solução compreende jardins flutuantes, ilhas artificiais de aproximadamente 110 m², cobertas por plantas aquáticas cujas raízes criam um habitat propício para microrganismos benéficos, contribuindo para a purificação da água e a degradação de poluentes. Além de aprimorar a estética do local, o sistema incorpora o processo de aeração dinâmica, utilizando um motor instalado na ilha. A eficácia do processo de descontaminação também foi vinculada às obras de infraestrutura, visando evitar o descarte inadequado de resíduos sólidos e efluentes (AGNELLI, 2014 apud MEDEIROS, 2022).

Figura 13 - Sistemas de jardins flutuantes implantados ao longo do canal



Fonte: Marostica e Miron, 2023.

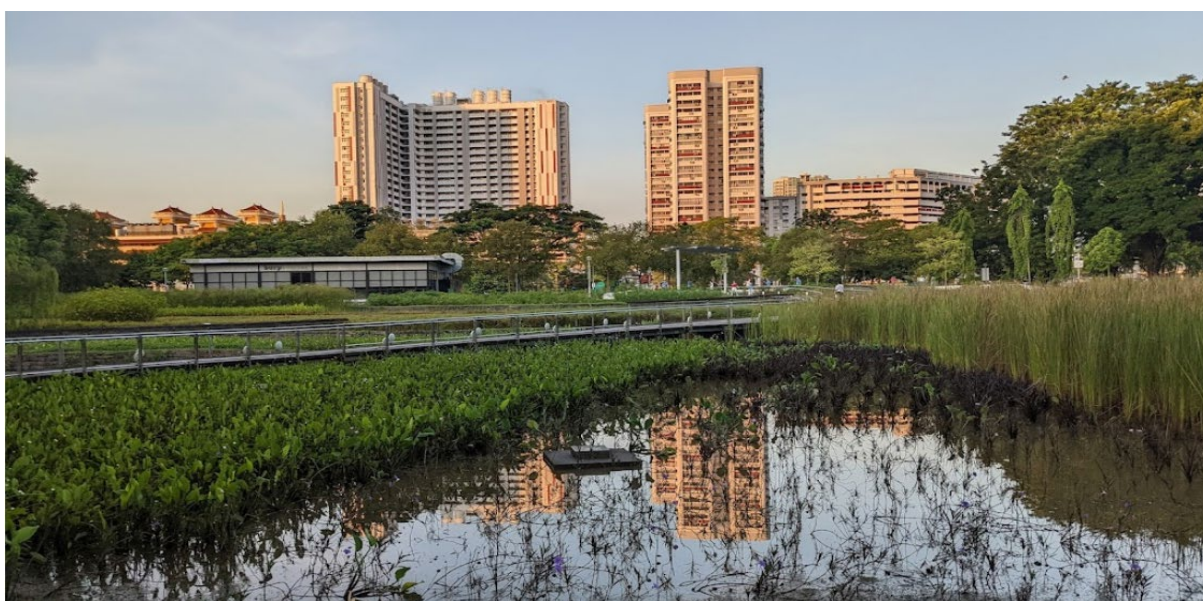
3.3.6.3 Parque Bishan Ang Mo Kio: Rio Kallang, Singapura

Na década de 1960, frente a diversos desafios ambientais, como inundações, secas e intensa poluição da água, causados pelo rápido desenvolvimento econômico e aumento populacional, Singapura iniciou uma extensa variedade de atividades de construção. Essas intervenções resultaram na transformação de sistemas naturais de água em tubulações de concreto e canais de drenagem. Nesse cenário, o Rio Kallang, o mais extenso em Singapura, foi adaptado para funcionar como canais de drenagem em pontos estratégicos (AN *et al.*, 2020).

Construído em 1988, o Parque Bishan Ang Mo Kio, observado na Figura 14, surgiu como uma área verde urbana entre as novas zonas residenciais de Bishan e Ang Mo Kio, consolidando-se como um dos parques urbanos mais populares de Singapura. Em 2006, a Public Utilities Board (PUB) de Singapura lançou o Programa Active, Beautiful, Clean Waters (ABC Waters) com o intuito de aprimorar a qualidade da água e a de vida (AN *et al.*, 2020).

Como uma das práticas fundamentais do programa, o desenho do Rio Kallang ao atravessar o Parque Bishan Ang Mo Kio centrou-se na restauração de rios ecológicos naturais, na integração orgânica do parque com o entorno, no fortalecimento da biodiversidade e na criação de espaços próximos à natureza (AN *et al.*, 2020).

Figura 14 - Parque Bishan Ang Mo Kio.



Fonte: Shawn, 2022.

Localizados a montante, quatro banhados construídos em formato de plataforma, como observado na Figura 15, implementaram um sistema eficiente de purificação de água da chuva. Com a vegetação destes banhados filtrando poluentes e absorvendo nutrientes (Figura 16), elas não apenas contribuem para o paisagismo do parque, mas também reduziram a poluição do escoamento superficial.

Após passar por desinfecção por luz ultravioleta, a água da chuva purificada flui para o parque aquático destinado a passeios e recreação. Eventualmente, a água retorna aos banhados para passar por novo processo de purificação. Todo esse ciclo garante que a água da chuva seja completamente purificada e reciclada, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos (AN *et al.*, 2020).

Figura 15 - Sistema de banhados construídos



Fonte: Ong, 2022

Figura 16 - Macrófitas aquáticas, Parque Bishan Ang Mo Kio



Fonte: Min Htun Zaw, 2022

4 IMPLANTAÇÃO DE BANHADO CONSTRUÍDO NA FOZ DO ARROIO CAVALHADA – PORTO ALEGRE

Este capítulo aborda a possibilidade de implementação de sistema de banhado construído de fluxo superficial horizontal próximo a foz do Arroio Cavalhada localizado na zona sul de Porto Alegre - RS, como forma de contrapartida ao município pela aquisição do Solo Criado. É conveniente que essa possibilidade seja objeto de atenções para tema de trabalho do curso de pós-graduação do IPH-UFRGS.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA - ARROIO CAVALHADA

A bacia hidrográfica do Arroio Cavalhada (BHAC) possui uma área de aproximadamente 24,52 km², sendo drenada pelo arroio que recebe o mesmo nome e corre pelo centro da bacia em direção ao Lago Guaíba. Seus principais afluentes são o Arroio Passo Fundo e o Arroio do Morro Teresópolis, possuindo 10,4 km de extensão das nascentes até a foz no lago Guaíba (PMPA, 2002). Conforme Midugno e Roisenberg (2013), a bacia hidrográfica do arroio apresenta uma elevada taxa de urbanização, sendo de 4.476 hab/km².

Segundo o Plano Diretor de Drenagem Urbana da bacia do Arroio Cavalhada (2002), nas áreas mais a montante da bacia as cotas chegam a 260 m de altitude. Já a jusante, chegando próximo da foz do arroio junto ao lago Guaíba, as declividades são uniformes, atingindo no ponto próximo ao lago a cota de 2,0 m.

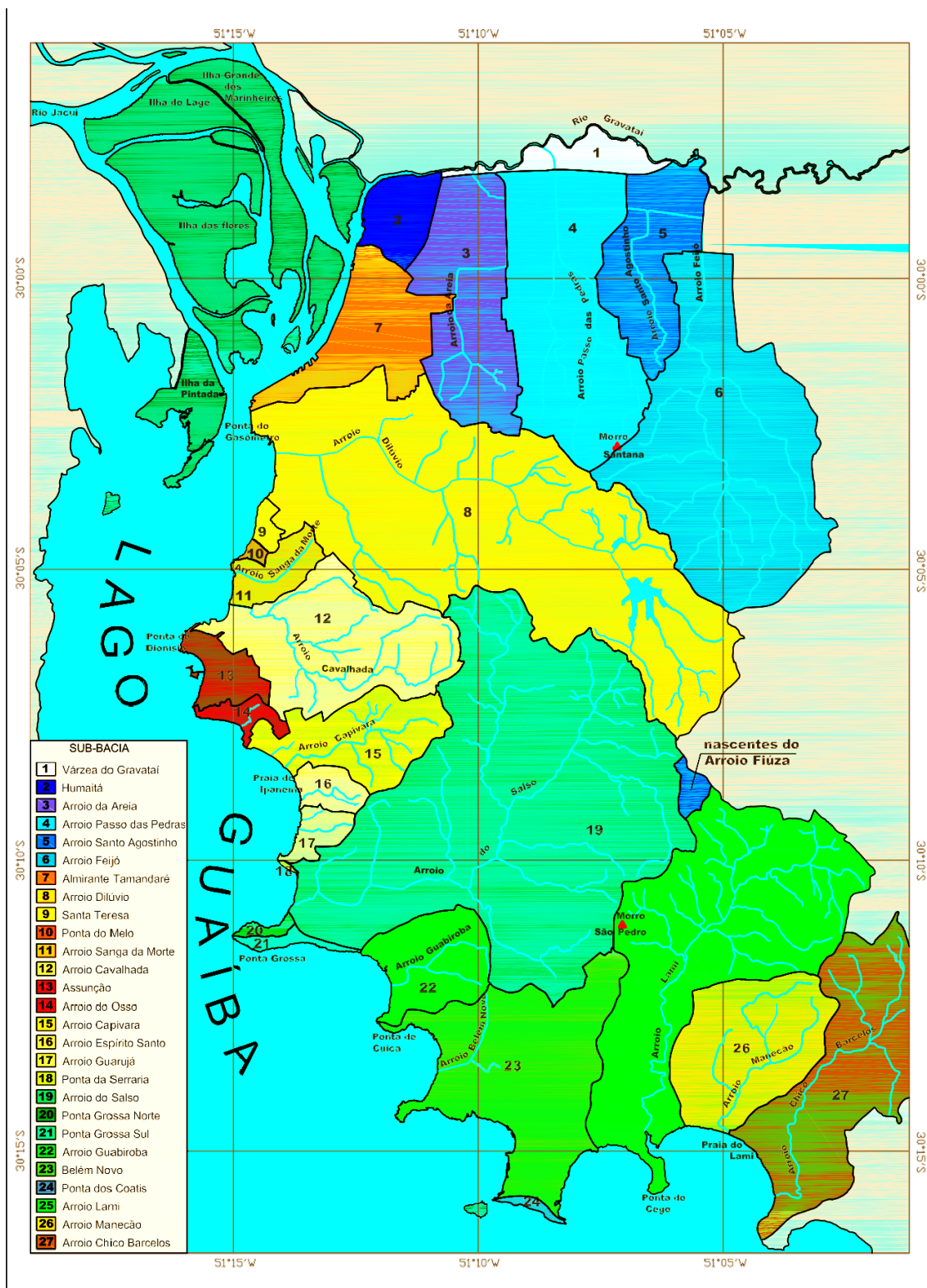
A ocupação urbana na bacia ocorre de forma crescente, indo de jusante para montante. A concentração urbana mais significativa está nas proximidades do Lago Guaíba, abrangendo os bairros Cristal, Camaquã, Vila Assunção e Tristeza. A área ocupada na bacia é predominantemente voltada para fins residenciais. As maiores concentrações populacionais estão localizadas na faixa situada entre o Lago Guaíba e as avenidas Teresópolis, Nonoai e Cavalhada. A parte superior da bacia apresenta baixa urbanização, e as áreas mais à montante estão praticamente

desocupadas. Contudo, nas proximidades do morro Teresópolis, observa-se um aumento significativo na ocupação da cabeceira, transformando-a em uma região com empreendimentos imobiliários de elevado padrão (PMPA, 2002).

De acordo com Basso *et al.* (2017) a bacia hidrográfica do Arroio Cavalhada está inserida no Programa Socioambiental de Porto Alegre (PISA), onde o foco principal é aumentar a capacidade de tratamento de esgoto do município. Foram realizadas ações que afetaram a qualidade da água do arroio, como obras de drenagem, viárias e a remoção de famílias que se apresentavam em situação de risco junto às margens.

Na Figura 17 é apresentado o mapa das sub-bacias hidrográficas do município de Porto Alegre.

Figura 17 - Mapa das sub-bacias hidrográficas do município de Porto Alegre



Fonte: Menegat et al., 1998

Na foz do arroio Cavalhada está sendo implantado um empreendimento imobiliário em terreno de 163 mil m². Trata-se de um bairro planejado onde serão implantados sete condomínios fechados, com 18 torres, totalizando 500 mil m² de área construída, sendo 250 mil m² de área privativa (Multiplan, 2021). Nas Figuras 18 e 19 observa-se respectivamente a localização da área em imagem datada de julho de 2021, e uma visão do que será o empreendimento quando acabado.

Figura 18 - Localização da área



Fonte: Google Earth

Figura 19 - Projeção do empreendimento



Fonte: Multiplan, 2021. Disponível em: <www.multiplan.com.br/golden-lake>

Nas figuras 20 até 25 é possível observar a situação em como se encontrava o arroio Cavalhada no mês de janeiro de 2024.

Figura 20 - Seção transversal, ao centro torres em construção



Fonte: Própria do autor, 2024

Figura 21 - Foz junto à avenida Diário de Notícias



Fonte: Própria do autor, 2024

Figura 22 - Acúmulo de resíduos nas margens junto à foz



Fonte: Própria do autor, 2024

Figura 23 - Montante para jusante, vista desde a av. Pedro Américo Leal



Fonte: Própria do autor, 2024

Figura 24 - Registro av. Diário de Notícias, próximo à foz



Fonte: Própria do autor, 2024

Figura 25 - Montante para jusante, vista desde a av. Icaraí



Fonte: Própria do autor, 2024

O trecho da avenida Cavalhada nas proximidades do lago Guaíba é extremamente fétido em tempo seco. E por ocasião de eventos pluviométricos carrega muitos resíduos sólidos.

A julgar pelas imagens do que será o empreendimento da Multiplan (Figura 19), seguramente não haverá espaço para banhados construídos nos 16,3 ha do empreendimento.

Observando a Figura 26, percebe-se que a área central destacada da pista do Hipódromo do Cristal, estimada em 10 ha, é livre de construções, objetivando que o público tenha uma visão ampla e total da pista. Uma possibilidade a ser explorada em futuros estudos é a viabilidade de implementação de um sistema de banhados construídos nesse espaço, em uma proporção a ser decidida. Naturalmente, essa proposta só poderia ser concretizada mediante um acordo entre o potencial empreendedor interessado e a administração do Hipódromo.

Figura 26 - Avaliação da área central da pista do Hipódromo do Cristal



Fonte: Google Earth, 2023

O Parc du Chemin de l'Île (Figura 11) trata 40 m³/h (11,1 L/s) das águas do rio Sena em banhados construídos em uma área de 18.000 m², gerando um efluente que atende aos padrões de qualidade da água para banho, de acordo com as normas francesas.

Admitindo-se esta proporcionalidade entre vazão tratada e área necessária para banhados e estimando-se uma vazão de 72 m³/h (20 L/s) do arroio Cavalhada, seriam necessários 32.432 m² para tratamento das águas. Esta área é bem superior aos 10 ha da pista central do Hipódromo. No entanto, é importante ressaltar que o sistema de banhados proposto não tem como objetivo atender aos padrões de potabilidade.

Em estudos posteriores que se façam, com medição da vazão de tempo seco do Cavalhada, possivelmente se registre valor inferior a 20 L/s. O que é intuitivo por observação à Figura 25.

Para os banhados sugeridos será necessário instalar uma estação elevatória com bombas submersas para direcionar essa vazão reduzida, ainda a ser determinada, para unidades compactas de tratamento antes de seu aporte nos banhados construídos que venham a ser efetivamente propostos.

Um empreendimento como esse, capaz de efetivamente mitigar os odores desagradáveis do arroio Cavalhada, certamente agregará valor aos imóveis do entorno.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O crescimento desordenado e sem planejamento das cidades tem causado uma contínua deterioração ambiental, impactando negativamente a qualidade do ar, da água, do solo e da biodiversidade. Buscando proporcionar melhores oportunidades e qualidade de vida para os habitantes, as cidades têm começado a adotar abordagens voltadas à sustentabilidade, incorporando indicadores que visam aprimorar a paisagem urbana.

A partir da revisão bibliográfica realizada que focou principalmente a legislação de Porto Alegre - RS, e da observação do local proposto, conclui-se que os banhados construídos representam uma alternativa eficaz e sustentável para o tratamento de vazões de tempo seco de arroios urbanos. Essas estruturas reproduzem e aceleram processos que ocorrem naturalmente na natureza, apresentando-se como uma opção sustentável em contrapartida ao município referente ao solo criado. Além disso, podem ser adaptadas a ambientes com características diversas, bem como a diferentes tipos de efluentes industriais e domésticos.

Destaca-se a importância das macrófitas para o bom desempenho de banhados construídos. Elas contribuem para processos de filtração e sedimentação, participam em atividades bioquímicas e microbiológicas para a decomposição da matéria orgânica, remoção de patógenos e absorção de nutrientes.

Ressalta-se que, para garantir um desempenho otimizado, é importante realizar a manutenção adequada do sistema, incluindo o manejo apropriado das macrófitas, respeitando seus períodos de poda e remoção. Essa prática varia de acordo com cada espécie. A poda e remoção de folhas são essenciais para evitar o acúmulo de matéria orgânica no sistema, o que pode levar à morte das macrófitas e comprometer a eficiência do tratamento. Portanto, a poda e remoções periódicas são fundamentais para estimular o crescimento de vegetação nova, com a ideia de captar nitrogênio e fósforo para o seu desenvolvimento pleno.

Devido à reduzida extensão do Arroio Cavalhada, sua vazão é bastante limitada. Nesse sentido, a implementação de banhados construídos para seu tratamento não exigiria uma ampla área, uma vez que as vazões durante eventos pluviométricos seriam direcionadas naturalmente para o leito normal do arroio. Durante períodos secos, o efluente dos banhados, reintegrado ao leito do arroio, contribuiria para evitar os desagradáveis odores que caracterizam a situação atual.

Recomenda-se, para um projeto de pós-graduação, a realização do dimensionamento de um sistema de banhados capaz de tratar a vazão durante períodos de estiagem, baseando-se na caracterização específica dessa vazão. Será necessário instalar uma estação elevatória para conduzir a vazão do arroio até os banhados, superando um trajeto de curta extensão e uma pequena altura manométrica.

Previamente à adução da vazão do arroio Cavalhada aos banhados construídos sugeridos, será imprescindível um pré-tratamento em instalações compactas de pequeno porte, para atender a reduzida vazão de tempo seco.

É intuitivo que empresas que adotarem banhados construídos urbanos não apenas garantirão índices construtivos adicionais por meio do solo criado, mas também associarão sua imagem aos princípios da ESG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNELLI, M. (2014). **Revitalização de rios urbanos—estudo de caso: Estero de paco—manila**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pgs. 1–7.

AN, Zhongfang; CHEN, Qingchang; LI, Jian. **Ecological strategies of urban ecological parks—a case of Bishan Ang Mo Kio park and Kallang river in Singapore**. In: E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. p. 05060.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

BASSO, L. A.; RIGHI, E.; ROCHA, D. S. **A qualidade da água e suas relações com o uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica do Arroio Cavalhada, Porto Alegre-RS**. Geografia: dinâmicas, conflitos e proposições. p. 118-137. Porto Alegre, 2017.

BORN, R. H.; TALOCCHI, S. **“Compensações por Serviços Ambientais: sustentabilidade ambiental com inclusão social”**. In: BORN, R. H.; TALOCCHI, S. (orgs.). Proteção do capital social e ecológico: por meio de Compensações por Serviços Ambientais (CSA). São Paulo: Peirópolis, p. 27-45, 2002.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm#:~:text=LEI%20No%209.985%20C%20DE%2018%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Regulamenta%20o%20art.%20225%2C%20%20C2%A7,Natureza%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 08 dez 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 013/1987, de 03 de dezembro de 1987**. Estabelece condicionantes de compensação ambiental para grandes obras.

CAMPBELL, C. S. and OGDEN, M. H. **Constructed Wetlands in the Sustainable Landscape**. 1999. John Wiley & Sons, New York. 270 pp. - Volume 3 Issue 1 - Theodore J. Hogan.

CORAUCCI FILHO B., e col. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de aplicação no solo**. In: CHERNICHARO C. de L., coordenador. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 1ª ed. Belo Horizonte (MG); 2001. p. 15-21. Projeto PROSAB.

CRITES, R., TCHOBANOGLIOUS G., **Small and decentralized wastewater management systems**. United States of America: McGraw-Hill, Inc; 1998.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS – DMAE. **Tratamento de esgotos domésticos**: lodos ativados convencionais e precipitação química. Porto Alegre, 1983. 68 p.

DOTRO, Gabriela *et al.* **Treatment Wetlands**. Londres: IWA Publishing, 2017.
FARIA, I. D. **Compensação ambiental: os fundamentos e as normas; a gestão e os conflitos**. Brasília: Conleg, Consultoria Legislativa do Senado Federal. Textos para discussão nº43, julho, 2008.

GODINHO, M. S.; GUEDES, J. da S. e M.; "**WETLANDS CONSTRUÍDOS: ESTUDO DE CASO Parc du Chemin de l'Île E APLICABILIDADE EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS SOB A PERSPECTIVA DA ECOLOGIA E ECONOMIA**", p. 899-908. In: . São Paulo: Blucher, 2017.

ICMBIO. **Compensação ambiental**. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/compensacao-ambiental>. Acesso em: 14 de dez. de 2024.

JC (2022). **Prefeitura de Porto Alegre apresenta novo plano para recuperar o arroio Dilúvio**. Disponível em: https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/geral/2022/05/846446-prefeitura-de-porto-alegre-apresenta-novo-plano-para-recuperar-o-arroio-diluvio.html

KADLEC, R.H. & KNIGHT, R.L. (1996). **Treatment Wetlands**. Florida: Lewis Publishers. 893 p.

KADLEC R.H., WALLACE S.D. (2009) **Treatment Wetlands**, Second Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press.

KAWAI, H.; GRIECO, V.M. **Utilização do aguapé para tratamentos de esgoto doméstico. Estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoa de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais.** Revista DAE, São Paulo, v.135, n.1, p.79-90, 1983.

LORION, R. **Constructed wetlands: Passive systems for wastewater treatment.** US EPA Technology Innovation Office, 2001.

MAROSTICA, S.; MIRON, L. **Avaliação do Espaço Urbano através de indicadores de sustentabilidade: Aplicação em Rios Renaturalizados.** São Paulo. 2023

MEDEIROS, A. T. **Avaliação da viabilidade técnica para revitalização de rios urbanos: estudo de caso Arroio Dilúvio.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre, 2022.

MENDONÇA, Alexandre Antonio Jacob de. **Avaliação de um sistema descentralizado de tratamento de esgotos domésticos em escala real composto por tanque séptico e wetland construída híbrida.** 2016. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/D.6.2016.tde-25052016-122129. Acesso em: 2023-11-04.

MENEGAT, R. *et al.* **Atlas Ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre: UFRGS, 1998.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering: treatment and reuse.** 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.

MIDUGNO, R.; ROISENBERG, A. **Hidrogeoquímica de cursos de águas: influência da ocupação humana sobre parâmetros físico-químicos no município de Porto Alegre, RS.** Pesquisas em Geociências, 40 (1): 51-60, jan/abr 2013.

MULTIPLAN EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS S.A. **Residencial Golden Lake.** Disponível em: <https://www.multiplan.com.br/pt-br/imobiliario/residencial/golden-lake>.

ORMONDE, Vanusa S. S. **Avaliação de 'Wetland' construídos no pós-tratamento de efluente de lagoa de maturação.** 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações de Ambiental). Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

PHYTORESTORE. **Jardins Filtrantes**. 2018. Disponível em: <https://www.phytorestore.fr/projet/chemin-de-l-ile-parc-urbain>.

PMPA (2002). **Plano diretor de drenagem urbana: Bacia do arroio Cavalhada**.

PMPA (2022). **Prefeitura lança edital para recuperação do Arroio Dilúvio**. Disponível em: [https://prefeitura.poa.br/smamus/noticias/prefeitura-lanca-edital-para-recuperacao-do-arroio-diluvio#:~:text=O%20prefeito%20Sebasti%C3%A3o%20Melo%20anunciou,\(OUC\)%20na%20avenida%20Ipiranga](https://prefeitura.poa.br/smamus/noticias/prefeitura-lanca-edital-para-recuperacao-do-arroio-diluvio#:~:text=O%20prefeito%20Sebasti%C3%A3o%20Melo%20anunciou,(OUC)%20na%20avenida%20Ipiranga).

PMPA (2023). **Prefeitura anuncia empresa que fará estudos para despoluição do Arroio Dilúvio**. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smamus/noticias/prefeitura-anuncia-empresa-que-fara-estudos-para-despoluicao-do-arroio-diluvio>

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 8.186, de 07 de março de 1983**. Regulamenta a Lei Complementar nº 65 de 22/12/81, no que concerne à proteção da Flora e Fauna e dá outras providências.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 10.380, de 08 de setembro de 1992**. Dispõe sobre critérios de análise de projetos de parcelamento de solo, público ou privado, e de edificações com impacto sobre a vegetação pré-existente. Disponível em: <http://leismunicipa.is/upgal>. Acesso em: 10 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 11.476, de 11 de abril de 1996**. Dispõe sobre critérios de análise de projetos de parcelamento de solo, público ou privado, e edificações com impacto sobre a vegetação preexistente. Disponível em: https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/decreto11476.pdf. Acesso em: 10 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 14.353, de 19 de novembro de 2003**. Dispõe sobre a forma de compensação do impacto gerado na supressão autorizada de espécimes vegetais e dá outras providências. Disponível em: <http://leismunicipa.is/kesnc>. Acesso em: 10 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 15.418, de 20 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre os procedimentos de supressão, transplante ou podas de espécimes vegetais e dá outras providências. Disponível em:

https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/decreto_novo2__15.418.pdf. Acesso em: 10 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 17.232, de 26 de agosto de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de supressão, transplante ou podas de espécimes vegetais; altera o §1º do art. 2º do Decreto Nº 8.186, de 7 de março de 1983; e revoga os Decretos: Nº 10.237, de 11 de março de 1992; Nº 10.258, de 3 de abril de 1999; e Nº 15.418 de 20 de dezembro de 2006. Disponível em:

https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/decreto17232alterado.pdf. Acesso em: 10 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 20.771, de 26 de outubro de 2020.** Regulamenta o art. 8º da Lei Complementar nº 850, de 17 de abril de 2019, que dispõe sobre o procedimento de pagamento da outorga onerosa do direito de construir na forma de contrapartida por serviços e obras de equipamentos públicos, no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente e da Sustentabilidade (Smams). Disponível em: https://dopaonlineupload.procempa.com.br/dopaonlineupload/3657_ce_303700_1.pdf. Acesso em: 11 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 158, de 22 de jul. de 1987.** Altera LC 43/1979 (1º PDDU) no que se refere a índices de aproveitamento, taxas de ocupação, padrões de recuos para ajardinamento. Diário Oficial [do] Município de Porto Alegre, Poder Executivo, Porto Alegre, RS, 31 de jul. 1987. p. 15 e ss.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 315, de 10 de janeiro de 1994.** Dispõe sobre o instituto do Solo Criado no Município de Porto Alegre, regulamentando o art. 212 da Lei Orgânica do Município de Porto Alegre. 1994. Disponível em: <https://legislacao.portoalegre.rs.gov.br/media/sapl/public/normajuridica/sirel/lc%20315.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999.** Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no Município de Porto Alegre, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre e dá outras providências. Disponível em:

https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/planodiretortexto.pdf. Acesso em: 12 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 646, de 22 de julho de 2010.** Altera e inclui dispositivos, figuras e anexos na Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999 – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA) –, e alterações posteriores, e dá outras providências.

Disponível em:

https://legislacao.portoalegre.rs.gov.br/media/sapl/public/normajuridica/2010/36841/lei_complementar_646_2010__republicacao_30.11.2010.pdf

Acesso em: 12 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 667, de 3 de janeiro de 2011.** Altera a redação do § 7º e inclui § 7º-A no art. 52 da Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999, e alterações posteriores, dispondo acerca das edificações da Macrozona 1, em caso de aquisição de Índices Adensáveis (IA) oriundos da Transferência de Potencial Construtivo ou de aquisição de Solo Criado.

Disponível em:

https://dopaonlineupload.procempa.com.br/dopaonlineupload/224_ce_15298_2.pdf

Acesso em: 12 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 757, de 14 de janeiro de 2015.** Estabelece regras para a supressão, o transplante ou a poda de espécimes vegetais no Município de Porto Alegre, revoga os Decretos nos 10.237, de 11 de março de 1992, 10.258, de 3 de abril de 1992, 15.418, de 20 de dezembro de 2006, 17.232, de 26 de agosto de 2011, 18.083, de 21 de novembro de 2012, e 18.305, de 28 de maio de 2013, e dá outras providências. Disponível em:

https://legislacao.portoalegre.rs.gov.br/media/sapl/public/normajuridica/2015/39862/lc_757_2015.pdf. Acesso em: 11 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 850, de 17 de abril de 2019.** Dispõe sobre a outorga onerosa do direito de construir no Município de Porto Alegre, cria o Fundo Municipal de Gestão de Território, altera o inc. VII do art. 2º e inclui inc. XII no art. 6º da Lei Complementar nº 612, de 19 de fevereiro de 2009, e revoga as Leis Complementares nº 315, de 06 de janeiro de 1994, e nº 644, de 2 de julho de 2010. Disponível em:

https://dopaonlineupload.procempa.com.br/dopaonlineupload/2866_ce_252789_2.pdf. Acesso em: 9 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 891, de 15 de setembro de 2020.** No art. 8ª da Lei Complementar nº 850, de 17 de abril de 2019 – que dispõe sobre a outorga onerosa do direito de construir no Município de Porto Alegre, cria o Fundo Municipal de Gestão de Território, altera o inc. VII do art. 2º e inclui inc. XII no art. 6º da Lei Complementar nº 612, de 19 de fevereiro de 2009, e revoga as Leis Complementares nº 315, de 06 de janeiro de 1994, e nº 644, de 2 de julho de 2010, fica alterado o caput e ficam incluídos §§ 2º e 3º, incluindo obras e a execução de programas ou projetos de regularização fundiária junto às comunidades com

elaboração de projetos e realização de infraestrutura ou de legalização como formas de contrapartida aceitas pelo Executivo Municipal além do pagamento financeiro referente ao valor do Solo Criado. Disponível em:

https://dopaonlineupload.procempa.com.br/dopaonlineupload/3576_ce_300082_1.pdf
f. Acesso em: 9 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 946, de 18 de julho de 2022.** Dispõe sobre a outorga onerosa do direito de construir no Município de Porto Alegre, cria o Fundo Municipal de Gestão de Território (FMGT), altera o inc. VII do art. 2º e inc. XII do art. 6º da Lei Complementar nº 612, de 19 de fevereiro de 2009, altera o inc. III do art. 53-A e o § 5º do art. 111 da Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999, e revoga a Lei Complementar nº 850, de 17 de abril de 2019. Disponível em: https://dopaonlineupload.procempa.com.br/dopaonlineupload/4464_ce_369942_1.pdf
f. Acesso em: 8 dez. 2023.

PORTO ALEGRE. **Lei Orgânica do Município de Porto Alegre.** Atualizada até a emenda nº 48, de 5 de maio de 2022. Disponível em: https://legislacao.portoalegre.rs.gov.br/media/sapl/public/normajuridica/1990/25277/lei_organica_atualizada_ate_emenda_no_48_2022.pdf. Acesso em: 8 dez. 2023.

POTT, V. J., POTT, A., 2000. **Plantas Aquáticas do Pantanal.** EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Corumbá, MS. 404p. ISBN 85-7383-091-3.

REZENDE, V. L. F. M.; FURTADO, F; OLIVEIRA, M. T. C.; JOGENSEN JR., P. A. **Outorga Onerosa do Direito de Construir, uma necessária avaliação das matrizes conceituais.** R. B. Estudos Urbanos e Regionais v. 11, n. 2, nov. 2009.

SALATI, E.; SALATI FILHO, E.; SALATI, E. Instituto Terramax. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas.** Piracicaba, 2009. 23 p.

SALATI, Eneas. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Controle de qualidade de água através de sistemas wetland construídos.** Rio de Janeiro, 2006.

SALATI JR., E.; SALATI, E.; SALATI, E. (1999). **Wetlands projects developed in Brazil.** Water Science and Technology, v. 40, n. 3, p. 19-25.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SEZERINO, P. H. *et al.* **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 151-158, mar. 2015.

SEZERINO, P. H. **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical.** 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SUBTIL, E.L, *et al.* **Manual de sistemas de Wetlands construídas para o tratamento de esgotos sanitário: implantação, operação e manutenção.** Manual Wetland. Universidade Federal do ABC Ministério da Saúde – FUNASA Sabesp, 2018.

TCHOBANOGLIOUS G, e col. **Wastewater engineering: treatment and reuse /** Metcalf & Eddy, Inc..3rd. ed. New York: McGraw-Hill, Inc.; 1991.

TEN KATE, K. BISHOP, J. BAYON, R. **Biodiversity offset: views experience and the bussines case.** IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and Insight Investment, London, UK. Nov. 2004.

TORRES, Vladimir. **“Compensação Ambiental: Lei Complementar Municipal 757 de Porto Alegre, RS, Brasil”.** *Revista da ESDM* 1 (1): 151–70. 2015.

VALENTIM, MAA. **Desempenho de leitos cultivados (“constructed wetlands”) para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação.** [tese]. Campinas, SP. 2003.

VIZZOTTO, Andréa Teichmann. **O Solo Criado em Porto Alegre: a adoção e a aplicação do instrumento jurídico-urbanístico.** 2008. 230 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

VON SPERLING, Marcos. **Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d’água e de lançamento de efluentes líquidos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, n. 1, p. 111-132, 1998.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 2ª Edição. Belo Horizonte: SEGRAC, 1998.

VON SPERLING M; CORAUCCI F. B; MONZEGGIA LO; PIVELI RP. **Remoção de nutrientes em sistemas naturais**. In: Bastos FS; Von Sperling M, coordenadores. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro (RJ): ABES; 2009. p. 318-334. Projeto PROSAB.

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P.H. (2018). **Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil**. *Boletim Wetlands Brasil*, Edição Especial, dezembro/2018. 65 p. ISSN 2359-0548.