

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
CAMPUS ARACAJU
DIRETORIA DE ENSINO
COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ ARTUR MOTA SOUZA

**ANÁLISE DO ASSOREAMENTO DO RIO POXIM E COMO ELE INTERFERE NO
SISTEMA DE DRENAGEM DO BAIRRO JABOTIANA, ARACAJU/SE.**

ARACAJU/SE

2020

JOSÉ ARTUR MOTA SOUZA

**ANÁLISE DO ASSOREAMENTO DO RIO POXIM E COMO ELE INTERFERE NO
SISTEMA DE DRENAGEM DO BAIRRO JABOTIANA, ARACAJU/SE.**

Monografia apresentada como requisito de aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, da Coordenação do Curso de Bacharelado de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.
Orientadora: Prof. Msc^a. Louise Francisca Sampaio Brandão.

ARACAJU/SE

2020

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Souza, José Artur Mota

S719a Análise do assoreamento do Rio Poxim e como ele interfere no sistema de drenagem do bairro Jabotiana, Aracaju/SE / José Artur Mota Souza. - Aracaju, 2020.

97 f. : il.

Orientadora: Louise Francisca Sampaio Brandão.
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Sergipe, 2020.

1. Escoamento superficial. 2. Macrodrenagem. 3. Microdrenagem. 4. Rio Poxim. 5. Urbanização. I. Brandão, Louise Francisca Sampaio. II. Título.

CDU 627.43(81)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
Av. Jorge Amado, 1551 – Loteamento Garcia, Bairro Jardins - CEP 49025-330 – Aracaju/SE Fone:
(79) 3711 1400 – E-mail: reitoria@ifs.edu.br

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº 181

**ANÁLISE DO ASSOREAMENTO DO RIO POXIM E COMO ELE INTERFERE NO
SISTEMA DE DRENAGEM DO BAIRRO JABOTIANA, ARACAJU/SE.**

JOSÉ ARTUR MOTA SOUZA

Esta monografia foi apresentada às 09 h 00 do dia 04 de Dezembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a. M.Sc.  Marcos Luciano Alves Barroso

(IFS-Campus Aracaju)



Prof. Dr.^a. Tatiana Máximo Almeida
Albuquerque

(IFS-Campus Aracaju)



Prof. M.Sc. Louise Francisca Sampaio
Brandão

(IFS – Campus Aracaju)
Orientador



Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa

(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

RESUMO

Souza, José Artur Mota Souza. **ANÁLISE DO ASSOREAMENTO DO RIO POXIM E COMO ELE INTERFERE NO SISTEMA DE DRENAGEM DO BAIRRO JABOTIANA, ARACAJU/SE.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2020.

O presente trabalho foi idealizado através da tentativa de apresentar as causas do assoreamento e como ela chega a interferir em uma área muito acessada de Aracaju-Sergipe. Esta área é o Bairro Jabotiana, e é lastimável que esta região sofra com alagamentos decorrentes de toda e qualquer chuva. A partir dessa problemática foram pesquisados materiais bibliográficos que caracterizavam a área estudada, assim como, trabalhos de pesquisa em torno dos transtornos que o assoreamento causava a população bairro. Foram estudadas imagens de satélite em uma cronologia de tempo determinada para identificar o quanto a urbanização modificou as características ambientais; em seguida realizou-se visitas “in loco” para confrontar as áreas mais degradadas ambientalmente com a legislação ambiental vigente e por fim, através de reuniões com intelectuais do assunto e estudos bibliográficos foram escolhidas as soluções mais propícias a resolver o problema. Por conseguinte, observou-se o quanto a crescente urbanização desordenada, com o estabelecimento de moradias irregulares as margens do Rio Poxim, degradaram o meio ambiente, devastando grande parte da cobertura vegetal, possibilitando o assoreamento de canais e causando comprometimento de todo sistema de drenagem do Bairro Jabotiana.

Palavras-chave: Escoamento superficial. Macrodrenagem. Microdrenagem. Rio Poxim. Urbanização.

ABSTRACT

Souza, José Artur Mota Souza. **ANÁLISE DO ASSOREAMENTO DO RIO POXIM E COMO ELE INTERFERE NO SISTEMA DE DRENAGEM DO BAIRRO JABOTIANA, ARACAJU/SE.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2020.

The present work was conceived through an attempt to present the causes of silting and how it interferes in a very accessible area of Aracaju-Sergipe. This area is the Jabotiana District, and it is unfortunate that this region is flooded in any and all rain. Based on this problem, bibliographic materials that characterized the studied area were researched, as well as research works around the disturbances that siltation caused to the neighborhood population, satellite images were studied in a determined time chronology to identify how much urbanization changed. The environmental characteristics, then “on the spot” visits were made to confront the most environmentally degraded areas with the current environmental legislation and finally, through meetings with intellectuals on the subject and bibliographic studies, more possible solutions were chosen to solve the problem. Consequently, it was observed how the growing disorderly urbanization, with the establishment of irregular dwellings, the banks of the Poxim River degraded the environment, devastating a large part of the vegetation cover, allowing the silting of channels and causing the entire drainage system to be compromised. Jabotiana neighborhood.

Keywords: Shallow flow. Macrodrainage. Microdrainage. Poxim River. Urbanization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema com diferentes elevações de nível de um rio.	20
Figura 2: Localização da bacia hidrográfica do Rio Poxim.	24
Figura 3: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Poxim.	25
Figura 4: Áreas que são abastecidas pelo Rio Poxim.	27
Figura 5: Evolução da População mundial entre 1950 e 2050.	32
Figura 6: Evolução da população brasileira entre 1950 e 2050.	32
Figura 7: Sucessivos perfis transversais do canal do Rio dos Macacos entre março/2002 e fevereiro/ 2003.	37
Figura 8: Política de controle do ciclo das águas na cidade.	39
Figura 9: Etapas do plano diretor de drenagem.	43
Figura 10: Tipos de medidas não-convencionais.	50
Figura 11: Bacia de retenção em área residencial, aliado à áreas de lazer em Santiago, Chile.	52
Figura 12: Bacia de retenção em ambiente urbano.	53
Figura 13: Esquema de trincheira de infiltração.	54
Figura 14: Pavimentos porosos ou permeáveis.	55
Figura 15: Intervenção pelo leito fluvial, por meio de escavadeira embarcada, no Rio Tietê, em São Paulo/SP.	57
Figura 16: Principais tipos de draga mecânica.	58
Figura 17: Dragagem hidráulica.	59
Figura 18: Localização do Bairro Jabotiana com seus limites e mapa de uso solo.	62
Figura 19: Passagem do Rio Poxim pelo Bairro Jabotiana.	63
Figura 20: Mapa de Área Especial de Interesse Ambiental - Parcelamento, uso e ocupação do solo no Bairro Jabotiana.	64
Figura 21: Alagamentos no Bairro Jabotiana.	65
Figura 22: Mapeamento multitemporal do uso e ocupação do solo às margens do Rio Poxim em Aracaju.	70
Figura 23: Ilustração da ocupação desordenada do bairro.	71
Figura 24: Expansão imobiliária sobre área de manguezal no entorno do Rio Poxim.	71
Figura 25: Proximidade de empreendimentos as áreas de várzeas de Rio Poxim, Jabotiana.	72

Figura 26: Ilustração do Rio Poxim e suas lagoas em 2003.	73
Figura 27: Ilustração do Rio Poxim e suas lagoas em 2017.	73
Figura 28: Jazida de aterro sem controle do material.	74
Figura 29: Obstruindo da vala de passagem de água para terrenos de detenção. ...	74
Figura 30: Material de aterro que foi carregado pela chuva da jazida de aterro para o terreno da vegetação nativa próximo.	75
Figura 31: Galeria de rede de drenagem afogada devido a grande quantidade de material assoreado.	76
Figura 32: Tubulação de drenagem pluvial com o nível alto de água do canal em época de estiagem.	76
Figura 33: Tubulação de drenagem trabalhando ao nível do canal devido a grande quantidade de material assoreado do presente canal.	77
Figura 34: Enorme quantidade de sedimentos na passagem do Rio Poxim sobre a ponte do Santa Lúcia.	77
Figura 35: Tubulação de desague das águas do bairro afogada devido a quantidade de material assoreado no Rio Poxim.	77
Figura 36: Água pluvial despejada pelo sistema de macrodrenagem no leito do Rio Poxim.	78
Figura 37: Tubulação de lançamento final de água de um prédio da Rua Jasiel de Brito Côrtes.	79
Figura 38: Rio Poxim transbordou e atingiu área residencial em Aracaju (julho,2019).	79
Figura 39: Rio Poxim transbordou e atingiu área residencial em Aracaju (julho,2015).	80
Figura 40: Rio Poxim transbordou e atingiu área residencial em Aracaju (julho,2019).	80
Figura 41: Alagamentos próximos a empreendimentos localizados na Rua Jasiel de Brito Côrtes.	81
Figura 42: Mapa de corpos hídricos de destaque no bairro Jabotiana.	82
Figura 43: Construções a menos de dois metros do Rio Poxim, na Ponte da “Estrada da Jabotiana”	83
Figura 44: Proximidade de empreendimentos as áreas de várzeas de Rio Poxim, Jabotiana, Rua Jasiel de Brito Côrtes.	83

Figura 45: Proximidade de empreendimentos as áreas de várzeas de Rio Poxim, Jabotiana, Rua Jasiel de Brito Côrtes.	84
Figura 46: Desmatamento e aterramento da vegetação da Lagoa Doce.	84
Figura 47: Aterramento hídrico da Lagoa Doce.....	85
Figura 48: Imagens comparativas dos anos 2020 e 2019 da ação antrópica na Lagoa Doce.....	85
Figura 49: Microrreservatório.	86
Figura 50: Bacia de retenção integrada à paisagem urbana.	87
Figura 51: Trincheira de infiltração em área residencial.....	88
Figura 52: Pavimento permeável em estacionamento.	88
Figura 53: Dragagem do Rio Tietê.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação percentual e ocupacional da bacia.	25
Tabela 2: Delimitação das APP's de acordo com o dimensionamento das faixas de mata ciliar.	45
Tabela 3: Eficiência e custo de medidas de controle.	56
Tabela 4: População por bairros na área de estudo. (*) valores não divulgados.	69

LISTA DE SIGLAS

AIA	Áreas de Interesse Ambiental
APP	Áreas De Proteção Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTH	Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos
DESO	Companhia de Saneamento de Sergipe
EMURB	Empresa Municipal de Obras e Urbanização
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
GIS	Sistema de Informações Georreferenciadas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
MUNIC	Pesquisa de Informações Básicas Municipais
ONU	Organização das Nações Unidas
PDDU	Plano Diretor de Drenagem Urbana

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	17
3.2 INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS	19
3.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS	21
3.3.1 BACIA DO RIO POXÍM.....	23
3.4 ASSOREAMENTO E SUAS CAUSAS.....	28
3.4.1 EROÇÃO.....	29
3.4.2 INCLINAÇÃO	30
3.4.3 ADENSAMENTO POPULACIONAL	31
3.5 RELAÇÃO ENTRE ASSOREAMENTO E DRENAGEM URBANA	33
3.6 LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA OBRAS DE MACRODRENAGEM	38
3.7 PLANO DIRETOR E SISTEMA DE DRENAGEM.....	39
3.7.1 PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA	41
3.7.2 ÁREA DE INTERESSE AMBIENTAL	43
3.7.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	44
3.7.4 ÁREAS DE PROTEÇÃO DEFINIDAS PELO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO	47
3.8 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS E SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS NA DRENAGEM URBANA.....	48
3.8.1 RESERVATÓRIOS SECOS OU COM ÁREA ÚMIDA.....	51
3.8.2 BACIAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO	51
3.8.3 TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO E DETENÇÃO	53
3.8.4 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS.....	54
3.8.5 DRAGAGEM	56
4 METODOLOGIA.....	61
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	61
4.1.1 ARACAJU	61
4.1.2 BAIRRO JABOTIANA	61
4.2 ETAPAS DO TRABALHO	66
4.2.1 LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS SOBRE A ÁREA DE ESTUDO	66

4.2.2 PESQUISA ACADÊMICAS E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS	67
4.2.3 INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS COMPROBATÓRIAS DO AVANÇO DA AÇÃO ANTRÓPICA SOBRE O MEIO AMBIENTE NA ÁREA DE ESTUDO	67
4.2.4 CONFRONTO DA APLICABILIDADE DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE COM REAL SITUAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA	67
4.2.5 APRESENTAÇÃO DE SOLUÇÕES E A SUGESTÃO MAIS PROPÍCIA PARA RESOLVER O PROBLEMA	68
5 RESULTADOS	69
5.1 CAUSA DO ASSOAREAMENTO.....	69
5.1.1 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E URBANIZAÇÃO	69
5.1.2 COBERTURA VEGETAL DO SOLO DA BACIA	71
5.1.3 MATERIAL DE ATERRO EM ÉPOCAS DE CHUVAS	73
5.2 CONSEQUÊNCIAS DO ASSOAREAMENTO	75
5.2.1 AFOGAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE LANÇAMENTO DAS ÁGUAS EM CANAIS E RIOS.....	75
5.2.2 ENCHENTES NO BAIRRO	79
5.3. CONFRONTAR A APLICABILIDADE DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE NA ÁREA DE ESTUDO.....	81
5.4 POSSÍVEIS MEDIDAS DE CONTROLE QUE PODEM SER APLICADAS E A MELHOR SOLUÇÃO PARA O BAIRRO JABOTIANA.....	85
6 CONCLUSÃO	90
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	91
8. ANEXOS	97

1 INTRODUÇÃO

“Em uma situação de pobreza extrema, “o indivíduo marginalizado pela sociedade e pela economia nacional não tem nenhuma condição de evitar a degradação ambiental, uma vez que a sociedade não impede sua degradação como ser humano” (ECLAC12, 1991, p.17).

Com a proporção crescente de moradores urbanos excluídos dos processos regulares de acesso à terra e à moradia, apresenta-se a questão da adequação das políticas que vêm sendo adotadas na gestão do uso do solo nas cidades e metrópoles brasileiras. Os assentamentos residenciais irregulares ou ilegais, frequentemente ocupados por população de baixa renda, produzidos ora à margem das normas urbanísticas instituídas, ora fora dos mecanismos constitucionais de acesso à terra e à propriedade, constituem variável determinante da configuração espacial do processo de urbanização brasileiro.

A ocupação das bacias hidrográficas tem ocorrido de forma inadequada, gerando graves problemas como desmatamentos de cabeceiras e dos divisores d'água, lavouras e pastagens em locais inadequados, ausência de tratamentos conservacionistas em muitas propriedades, urbanização em áreas declivosas e de preservação permanente, aplicação de agrotóxicos, resíduos sólidos urbanos e esgotos sem tratamento adequado. A consequência tem sido a deterioração do meio ambiente, erosão do solo, compactação, assoreamento de rios, barragens e lagoas, inundações, perda do “habitat” natural, desperdício dos recursos florestais, poluição da água e do ar, destruição da flora e da fauna.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013) disponibilizou a Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC), em que os dados mostram que as enchentes atingiram 1.543 municípios (27,7%) entre 2008 e 2012, totalizando 8.942 ocorrências e deixando 1,4 milhão de desabrigados ou desalojados. As enxurradas acometeram 1.574 cidades (28,3%) e somaram 13.244 casos, 777,5 mil desabrigados ou desalojados. Já os alagamentos atingiram 2.065 municípios (37,1%), os processos erosivos, 1.113 cidades (20,0%) e os escorregamentos ou deslizamentos, 895 (16,0%).

No Bairro Jabotiana essa realidade não é diferente, segundo a Prefeitura de Aracaju (2020), somente no Largo da Aparecida no mês de maio 90 pessoas foram desabrigadas por conta dos alagamentos.

A drenagem urbana tem sido desenvolvida dentro de premissas estruturais onde os impactos são transferidos de montante para jusante sem nenhum controle de suas fontes. No escoamento esse processo tem provocado aumento da frequência das enchentes e obstrução dos condutos e canais por sedimentos.

Dessa forma, este trabalho se justifica pela necessidade de buscar e estudar as possíveis soluções que podem ser empregadas para resolver o assoreamento do Rio Poxim em sua passagem pelo Bairro Jabotiana, em Aracaju, e conseqüentemente, acabar com os alagamentos, enchentes e inundações, no intuito de melhorar a vida dos moradores que sofrem com essa problemática há vários anos.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Análise do assoreamento do Rio Poxim e como ele interfere no sistema de drenagem do Bairro Jabotiana, Aracaju/SE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as causas e as consequências do assoreamento no Bairro Jabotiana.
- Confrontar a aplicabilidade da legislação ambiental vigente na área de estudo.
- Sugerir as soluções mais adequadas que podem ser tomadas para resolver o problema do assoreamento no Bairro Jabotiana.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

“A drenagem urbana tem sido desenvolvida dentro de premissas estruturais onde os impactos são transferidos de montante para jusante sem nenhum controle de suas fontes. No escoamento esse processo tem provocado aumento da frequência das enchentes e entupimento dos condutos e canais por sedimentos e a degradação da qualidade da água. Dentro desse contexto o controle da erosão urbana é fundamental tanto na manutenção da capacidade de escoamento do sistema de drenagem como na qualidade ambiental. As características da produção dos sedimentos em bacias urbanas e de seu controle dentro da experiência internacional são descritas. Buscando destacar indicadores que possam ser aplicados às condições de urbanização de cidades brasileiras, são apresentadas estimativas de produção de sedimentos para bacias urbanas em algumas cidades do país” (TUCCI, 1998).

O sistema de drenagem pluvial é constituído de duas partes que são a microdrenagem e a macrodrenagem. Microdrenagem é parte da drenagem responsável pela captação e transporte das águas que caem e escoam pelas áreas públicas, até o corpo de macrodrenagem. Ela é composta pelos condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana (TUCCI, 1995).

Seus principais componentes, com suas respectivas definições são:

- Galerias: canalizações usadas para conduzir as águas captadas pelas bocas-de-lobo e das ligações prediais;
- Poços de visita: Dispositivos que permitem o acesso para inspeção e manutenção das redes. São posicionados em determinados pontos, sempre que se deseja alterar direção, declividade, diâmetro ou o material da tubulação;
- Trechos: Parte da galeria situada entre dois poços de visita;
- Bocas coletora: Dispositivos localizados nas sarjetas para a captação das águas coletadas por elas;
- Tubos de ligação: Conduzem as águas captadas pelas bocas-de-lobo até as galerias ou poços de visita;
- Meios-fios: Elementos de pedra ou concreto que ficam no limite entre a calçada e a via, paralelo ao eixo da rua, com face superior no mesmo nível do passeio;

- Sarjetas: Canal triangular situado entre a calçada e via pública destinado a coletar as águas superficiais e conduzi-las até as bocas coletoras.
- Sarjetões: Calhas localizadas nos cruzamentos das vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas;
- Condutos forçados: canalizações onde a água escoa sob uma pressão diferente da pressão atmosférica;

Estações de bombeamento: redirecionam a água de um local para outro, onde o escoamento é mais favorável, por meio de conjuntos de bombas.

Para a realização de projetos de redes de microdrenagem, devem ser levantados alguns dados fundamentais, tais como: plantas de situação com o traçado urbano, planta geral da bacia, levantamentos topográficos, com o nivelamento geométrico das esquinas e ruas, cadastro das redes locais que possam interferir com o projeto, dados da urbanização da bacia e do curso d'água receptor (MOUTINHO, 2011).

A primeira etapa a ser realizada é a determinação do tempo de concentração, que considera as características físicas da bacia, como relevo e composição do solo, cobertura vegetal. O tempo de concentração da bacia será utilizado como tempo de duração da chuva e no hidrograma de projeto, o que é usual em projetos de drenagem (MOUTINHO, 2011).

Já o sistema de macrodrenagem é composto pela rede de drenagem natural do local, como córregos, riachos, rios e canais artificiais de maiores dimensões. Ela é responsável não pela captação direta, mas pela condução do deflúvio captado pela rede de microdrenagem até o seu destino final, que pode ser a infiltração em uma grande planície, um lago ou o mar (TUCCI, 1995).

A realização das obras de macrodrenagem (TUCCI, 1995) surgem a partir de algumas das necessidades enumeradas a seguir:

- Saneamento das áreas naturalmente alagáveis;
- Ocupação da calha secundária dos rios;
- Aumento da taxa de aporte de sedimentos e de detritos;
- Ampliação da malha viária, em decorrência da ampliação da rede de microdrenagem, que aumenta o volume captado.

As obras de macrodrenagem visavam a remoção rápida e segura das águas dos centros urbanos. Para se atingir tal objetivo, é comum a realização de obras que retificavam, ampliavam e fixavam as margens dos canais naturais mais largos.

3.2 INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS

As áreas urbanizadas são as que mais explicitam as intervenções do homem no meio natural (BEICHLER, 2017). O desmatamento, a ocupação desordenada do território, a impermeabilização do solo e as canalizações dos cursos d'água acarretam diversos efeitos sobre os rios. Estes impactos são sentidos pelas populações, principalmente através das enchentes. Essa é uma consequência da urbanização e tem como principal causa a construção de edifícios, indústrias e avenidas implantadas em áreas de várzea ou margens dos rios, sendo um problema recorrente nas principais cidades do mundo (BASSI, 1990).

A ocupação das áreas de várzeas, fundos de vale e as áreas de preservação permanente tornaram, ao longo do tempo, o homem sujeito às inundações - fenômenos naturais que acontecem quando a ocorrência de chuvas é alta e a vazão ultrapassa a capacidade de escoamento (JUSTINO, 2011). Em outras palavras, quando a chuva é intensa e constante, a quantidade de água nos rios aumenta, extravasando para as margens. Todos os canais de escoamento possuem essa área de várzea para receber o excesso de água quando ela ultrapassa os limites dos canais. Contudo, a ocupação dessas áreas e a impermeabilização do solo, intensificam as enchentes (CADORIN; MELLO, 2011).

Fato comum nos períodos chuvosos, as notícias sobre inundações, enchentes e alagamentos se fazem presentes na mídia escrita, falada e televisionada. Embora de uso comum, as expressões alagamento, cheia, enchente e inundação têm significados diferentes. Conhecidos por seus efeitos, estes são eventos nem sempre corretamente descritos, havendo um grande desentendimento por parte da população em geral – e mesmo dos órgãos públicos - a respeito do que significam. Mesmo nos meios científicos e técnicos ainda não há uma posição final sobre os termos, existindo algumas divergências de interpretação.

Nas últimas décadas, o Brasil vem apresentando um crescente aumento populacional e um conjunto de conglomerados de pessoas nas regiões próximas aos grandes centros urbanos, nas regiões metropolitanas. Sendo assim, com esse crescimento acelerado, as regiões foram ocupadas sem o planejamento adequado e com isso inundações, enchentes e alagamentos em áreas urbanas tornaram-se cada vez mais comuns. O Serviço Geológico do Brasil (2017), conceitua-os da seguinte forma:

Inundações - quando há o transbordamento das águas num canal de drenagem, de modo que as áreas próximas sejam atingidas. Desse modo, o volume não fica limitado às calhas do rio e as regiões marginais são ocupadas pela água proveniente da precipitação da chuva.

Enchentes - também chamadas de cheias, correspondem ao aumento do nível da água do canal, atingindo sua cota máxima sem que haja o transbordamento de água nas regiões marginais.

Alagamentos - Acúmulo de água nas vias urbanas e nos perímetros urbanos em virtude de problemas de drenagem, como falhas de projeto e execução ou por entupimentos nas redes de drenagem por conta da presença de lixo ou outros resíduos sólidos que reduzam a eficiência do sistema.

A Figura 1 mostra a representação de cada fenômeno descrito anteriormente.

Figura 1: Esquema com diferentes elevações de nível de um rio.



Fonte: Proteção e Defesa Civil de São Bernardo do Campo (2017).

Enxurradas - Também chamadas de inundações bruscas, corresponde ao escoamento superficial e concentrado das águas provenientes da precipitação acelerada e densa da chuva, ou seja, a partir de eventos chuvosos intensos ou extremos. Tal fenômeno por conta de sua velocidade e imprevisibilidade impossibilita que moradores possam salvar seus bens e se proteger.

3.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS

A bacia hidrográfica foi determinada como unidade territorial para planejamentos na Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (GOVERNO FEDERAL, 2001).

Segundo Rocha (1997), a bacia hidrográfica é uma área que drena as águas de chuvas por córregos, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente convergindo para uma única saída e deságue diretamente no mar ou em um grande lago. As bacias hidrográficas não têm dimensões superficiais definidas.

Sub-bacia é o mesmo que bacia hidrográfica, acrescida do enfoque de que o deságue se dá diretamente em outro rio. As sub-bacias hidrográficas têm dimensões que variam entre 20.000 ha a 300.000 ha. Já Microbacia é o mesmo que bacia hidrográfica, acrescido de que o deságue se dá também em outro rio, porém a dimensão superficial da microbacia é inferior a 20.000 ha (ROCHA, 1997).

Segundo Tucci (1993), a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e os transpirados e também os infiltrados profundamente.

Burch et al. (1987) estudaram de maneira comparativa o comportamento hidrológico de duas bacias hidrográficas, uma florestada e outra mantida apenas com gramíneas por um período de mais de 80 anos. As diferenças foram marcantes, independentemente das condições antecedentes de umidade de solo. Na bacia com gramíneas foram verificados altos picos de descarga durante os períodos chuvosos, enquanto que nas áreas florestais os picos foram muito menores. A condutividade hidráulica na camada superficial de solo de gramínea foi mais ou menos a metade da condutividade em floresta. Como resultado o escoamento superficial foi muito diferente.

Environmental Protection Agency (1996) comenta que a bacia hidrográfica constitui uma unidade hidrológica natural, ela representa a unidade mais lógica para o planejamento dos recursos hídricos, já que permite que o foco das atenções se concentrem nestes recursos, e se tenha uma visão de conjunto dos problemas que o afetam. O conceito de bacia hidrográfica pode ajudar a colocar em perspectiva muitos dos problemas e conflitos ambientais cuja resolução necessita de uma abordagem integrada, como por exemplo a poluição da água, os problemas de assoreamento dos rios, a perda da capacidade produtiva dos solos, a poluição orgânica que resulta das atividades humanas, a deterioração da fauna e flora, as erosões etc.

Desde o início do trabalho das primeiras agências conservacionistas, em 1952, até os dias atuais, as atividades de conservação do solo e água têm-se desenvolvido apenas no quesito propriedade. Isto é, são realizados estudo, planejamento, locação, construção, manejo e manutenção de práticas nas lavouras e pastagens da propriedade rural isolada, como uma unidade completa e independente das demais vizinhas e da região (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1996).

A partir de 1980, foram iniciadas atividades ao nível de bacias hidrográficas em 9.500 ha das terras das microbacias hidrográficas do Arroio Itaquarinchim, no município de Santo Ângelo, Rio Grande do Sul. Aí já não se considerava a propriedade rural como uma unidade isolada, mas como parte de um todo, que é a bacia hidrográfica (PORTO, 1984).

Bassi (1990), comenta que o uso da bacia hidrográfica como unidade experimental onde os processos de erosão e, ou conservação podem ser vistos de forma não isolada, mas fazendo parte de um sistema, tem demonstrado ser um enfoque adequado ao desenvolvimento dessa unidade comunitária “bacia hidrográfica”, tanto no aspecto social quanto no econômico. Um projeto de planejamento integrado de bacias hidrográficas é, segundo Rocha (1997), uma proposta educativa e corretiva para recuperar o meio ambiente deteriorado, sugerindo as melhores alternativas para a proteção e conservação da natureza, melhorando substancialmente a qualidade de vida do homem e da sociedade, permitindo o uso científico contínuo dos recursos naturais.

Segundo Browner (1996), o planejamento em termos de bacia hidrográfica representa uma abordagem à idealização ambiental que permite concentrar os esforços despendidos ou a despende pelos setores públicos e privados, na resolução

dos problemas de mais alta prioridade, em uma área geograficamente definida pela sua rede hidrográfica e tomando em consideração os fluxos de água à superfície e em profundidade.

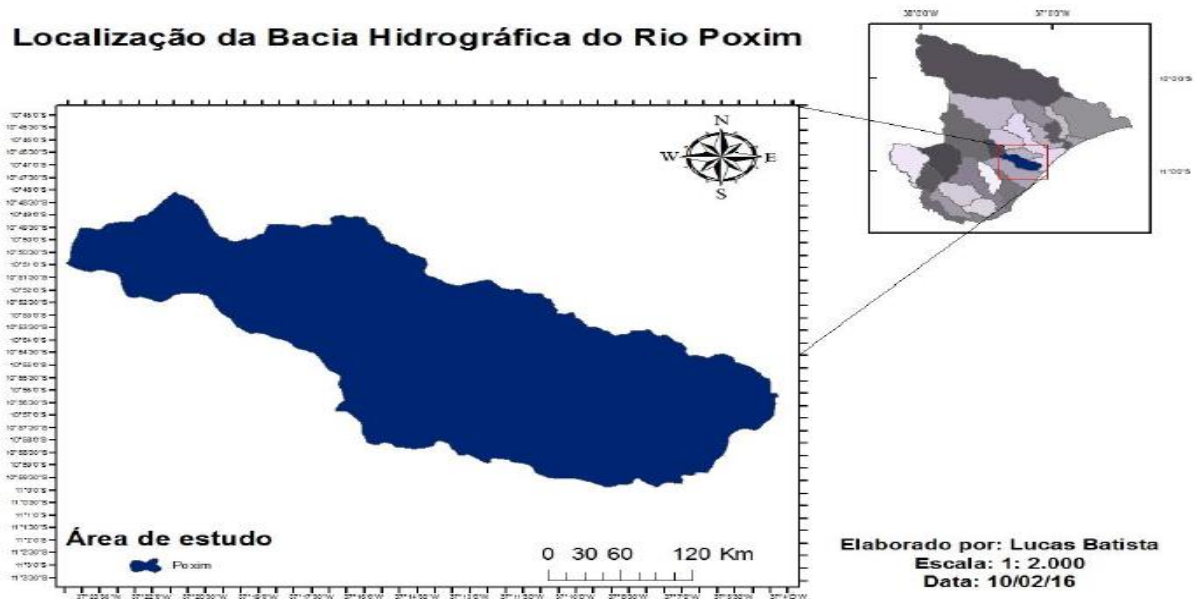
Beltrame (1991) comentou que o ordenamento ambiental integral de uma microbacia hidrográfica, o conhecimento do uso da terra, é um pré-requisito importante. Este, ao ser representado de forma cartográfica, transforma-se em material indispensável para a definição do grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual, do grau de deterioração da cobertura vegetal original, e do uso racional da terra, auxiliando também na definição de aptidão do uso agrícola.

3.3.1 BACIA DO RIO POXÍM

Para obter uma melhor análise da problemática associada ao Rio Poxim em sua passagem pelo Bairro Jabotiana, deve-se analisar as características e problemas que a bacia do rio em geral vem sofrendo no decorrer dos anos.

A bacia hidrográfica do Rio Poxim, que compreende uma área de 346,72 km² (Figura 2), localizada na porção leste do Estado de Sergipe, abrangendo parte dos municípios de Itaporanga d'Ajuda, Areia Branca, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro, São Cristóvão e Aracaju. Situada entre as coordenadas geográficas de 10°55' e 10°45' de latitude Sul e 37°05' e 37°22' de longitude Oeste (FERREIRA et al., 2011). A área da bacia é caracterizada pelo clima do tipo A's Tropical (chuvoso com verão seco), com índice pluviométrico médio anual equivalente a 1.200 mm, período de chuvas concentrado nos meses de março a julho, e temperatura entre 23 °C nos meses mais frios (julho e agosto) e 31 °C nos meses mais quentes (dezembro e janeiro) (SILVA, 2001).

Figura 2: Localização da bacia hidrográfica do Rio Poxim.



Fonte: BATISTA (2019).

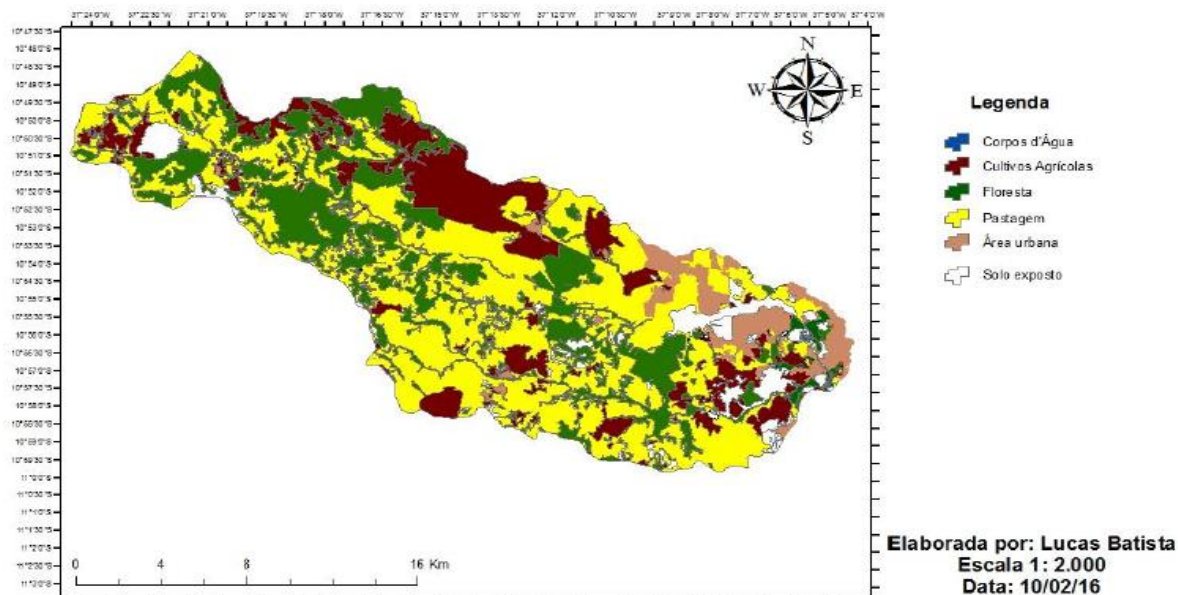
As mudanças provocadas pela ação antrópica na paisagem promovem vários impactos sobre o ambiente físico e biológico. O acompanhamento, a identificação e a orientação para o uso e ocupação racional das terras são de grande importância para o planejamento ambiental.

A avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra é de relevante importância, pois os efeitos do seu uso desordenado causam deterioração no ambiente. Os processos de desmatamento e erosão intensos, os assoreamentos e inundações desenfreados de reservatórios são consequências do mau uso e ocupação da terra. Assim, verifica-se que o levantamento do uso da terra, em uma determinada região, torna-se um aspecto fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço e planejamento de políticas públicas. (PRADO, 2007).

Batista (2019) fez uma pesquisa para identificar o uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Poxim. Por meio do reconhecimento da área de estudo através das imagens de alta resolução, acervos diversos e excursões de campo foram identificadas seis classes de ocupação e cobertura das terras na bacia hidrográfica, sendo elas: vegetação nativa, corpos d'água, agricultura, solo exposto, pastagem e área urbana. A análise visual é definida como ato de examinar uma imagem com o propósito de identificar objetos e estabelecer julgamentos sobre suas propriedades.

Considerando a metodologia utilizada por Batista (2019), foi possível a identificação e classificação das seguintes classes de ocupação e cobertura das terras da bacia hidrográfica do rio Poxim, conforme a Figura 3 e a Tabela 1.

Figura 3: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Poxim.



Fonte: BATISTA (2019).

Tabela 1: Classificação percentual e ocupacional da bacia.

CLASSE DE USO DA TERRA	ÁREA (KM²)	PERCENTAGEM (%)
CORPOS D'ÁGUA	0,47	0,13
ÁREA URBANA	18,63	5,34
SOLO EXPOSTO	19,73	5,66
CULTÍVOS AGRÍCOLAS	58,36	16,73
FLORESTA	91,32	26,33
PASTAGEM	15,96	45,78

Fonte: BATISTA (2019).

Em conformidade com os resultados, observa-se que a pastagem é a classe com maior expressividade na área da bacia, com aproximadamente 46% de abrangência. Composta em sua maioria pela espécie *Brachiaria decumbens* que possui baixa exigência em fertilidade do solo, não tolera solos argilosos e secas prolongadas, características presentes na área. Segundo Souza (2008), em áreas de pastagens manejadas de forma ineficiente, normalmente sem rotação e com excesso

de animais, é comum a presença de camadas compactadas pelo pisoteio dos animais. Em solo compactado, ocorrem menor infiltração da água de chuvas e, assim, maior escoamento superficial, intensificado pelo aumento na declividade e presença de pouca matéria vegetal na superfície do solo (ROSOLEM, 1994). Assim, provavelmente causando o assoreamento nos corpos d'água da bacia, já que a classe da pastagem abrange quase metade da área total da bacia.

Já a floresta nativa consiste em 26,33% que compreende uma área de 91,32 km² da área total da bacia, Cardoso e Aquino (2014), ao estudarem o uso e cobertura das terras da sub-bacia do Riacho do Roncador em Timon no Maranhão, observaram que a classe de vegetação nativa contribuía com 70% da área da sub-bacia.

A floresta nativa se constitui, de grande importância na qualidade e quantidade dos corpos d'água, já que as florestas tropicais possuem a capacidade de conservar minerais essenciais devido à alta taxa de decomposição e fluxo de água. Segundo Davide (2000), as matas conseguem reter cerca de 80% do fósforo e 89% do nitrogênio proveniente do escoamento superficial das áreas adjacentes, dependendo do desenvolvimento e tipo da vegetação como também do tipo de solo e relevo entre outros fatores.

A agricultura representa 16,73% da área total da bacia. Essa classe é definida segundo Cardoso e Aquino (2014), como áreas destinadas a plantio agrícola, seja temporário, permanente, seja de subsistência ou intensivo (comercial). E de terra preparada ou em manejo para tal fim, incluindo aquelas em “pousio” resultante de cultura recém-colhida, mesmo que eventualmente apresente-se em solo descoberto. Esse tipo de agricultura exploradora tem contribuído com a intensificação da degradação ambiental dessa área, já que é notório o aumento dessa prática na bacia.

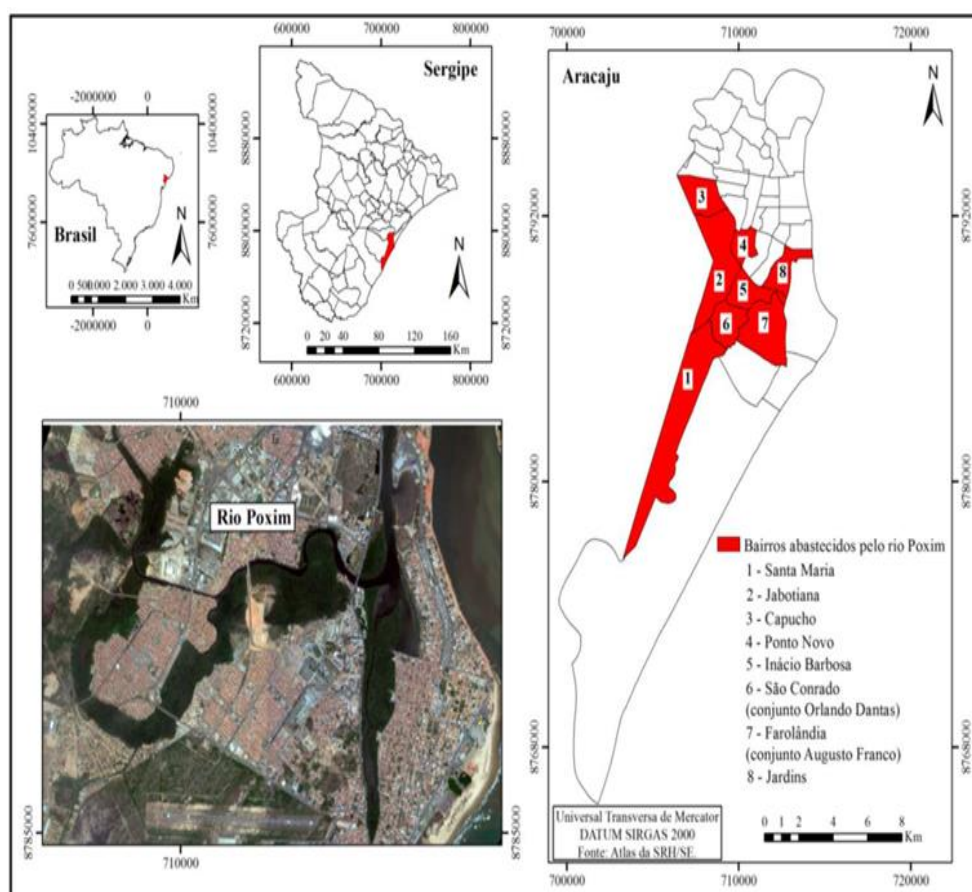
O solo exposto é definido pela ausência de cobertura vegetal e elevada radiação eletromagnética e exerce uma área de 5,66% da bacia, decorrente da exploração de empresas de extração de terra. Valor menor do que Carvalho et al. (2015) encontrou ao estudar a bacia hidrográfica do rio Jacaré, o solo exposto correspondeu 21,8% da área total. De acordo com Fastino (2014) o solo exposto constitui um cenário alarmante, já que o desmatamento é o fator que contribuiu decisivamente para a exposição dos solos aos agentes erosivos.

A classe urbana corresponde a uma porcentagem de 5,34%, que engloba uma área de 18,63 km² em toda a bacia. Para Silva et al., (2016), a classe de área urbana

correspondeu a aproximadamente 3% da área da bacia hidrográfica do rio, o que indica que os impactos provenientes das atividades humanas desenvolvidas em centros urbanos são relativamente baixos, uma vez que, a população urbana do município é pequena.

Segundo Costa (2011) ao longo dos anos tem-se observado uma diminuição na vazão do rio, o que pode vir a comprometer o abastecimento público da capital sergipana. Há cinco anos cerca de 40% da água de abastecimento da capital sergipana era oriunda da bacia do rio Poxim. Atualmente a captação do rio Poxim abastece 782.996 habitantes, produzindo 3000 m³/h de água tratada (SERGIPE, 2015). As áreas de abastecidas pelo Rio Poxim são apresentadas na Figura 4:

Figura 4: Áreas que são abastecidas pelo Rio Poxim.



Fonte: Sergipe (2015).

3.4 ASSOREAMENTO E SUAS CAUSAS

Assoreamento “é um processo que consiste na acumulação de partículas sólidas (sedimento) em meio aquoso, ocorrendo quando a força do agente transportador natural é sobrepujada pela força da gravidade ou quando a supersaturação das águas permite a deposição” (INFANTI & FORNASARI, 1998).

Segundo Infanti & Fornasari (1998) o fenômeno do assoreamento é regido pelos fatores clima, geologia, cobertura vegetal, declividade e uso do solo. Regiões de pluviosidade concentradas em períodos muito curtos, cobertura vegetal mínima, topografias acidentadas e rochas sedimentares arenosas ou formações aluvionares com areia e cascalho, associado a pequenos reservatórios em relação à bacia de contribuição, apresentam maior susceptibilidade ao desenvolvimento do fenômeno. São menos importantes em regiões de pluviosidade bem dividida, cobertura vegetal adequada e solos predominantemente argilosos, desde que não submetidos a práticas agrícolas impróprias, as quais, neste caso, passam a constituir o fator essencial.

O aumento do escoamento superficial, por sua vez, implica em uma maior ocorrência de processos erosivos, transporte de sedimentos, nutrientes e poluentes para os córregos, rios e reservatórios (MAEDA, 2008). Como consequência desses fenômenos podem ocorrer enchentes e/ou assoreamento dos reservatórios (CARVALHO, 2008).

Dependendo das circunstâncias, as atividades antrópicas podem aumentar a taxa de erosão em até cem (100) vezes em relação às condições geológicas naturais (CARVALHO, 2008). Os processos erosivos, além dos prejuízos causados pela perda do solo, aumentam o volume de sedimentos transportados para os rios e reservatórios, afetando a qualidade das águas e a possibilidade de uso para consumo humano (CAMPAGNOLI, 2002).

3.4.1 EROSÃO

De acordo com Guerra (1995) o processo de erosão que mais se observa em ambientes tropicais é a erosão hídrica, definida como o processo de desagregação e transporte das partículas do solo pela ação das águas pluviais.

A erodibilidade mede a diferença existente entre os solos em decorrência das suas propriedades intrínsecas. Esta é influenciada pelas seguintes propriedades do solo: as que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de retenção de água; e as que resistem às forças de dispersão, ao impacto das gotículas de água, à abrasão e às forças de transporte pela chuva e escoamento superficial (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

A cobertura vegetal protege o solo diminuindo o impacto das chuvas sobre este e interfere no escoamento superficial, influencia na avaliação da erodibilidade do solo e, conseqüentemente, na estimativa de perda de solo. Uma adequada ocupação do solo deve ser feita conforme sua capacidade de uso e manejo; as práticas conservacionistas ajudam no controle de perda de solo diminuindo o processo de erosão e, para que sejam eficientes, devem ser utilizadas de forma associada. Dessa forma é possível reduzir a ação da precipitação sobre os agregados do solo, dificultando a sua desestruturação e a formação de selamento superficial e, conseqüentemente, minimizando o escoamento superficial e o transporte de sedimentos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999). Como exemplo de práticas conservacionistas pode-se citar:

- Plantio em nível: neste método, o cultivo é realizado em curvas de nível. Essas curvas funcionam como obstáculos à enxurrada, diminuindo sua velocidade. Desta forma, ajudam a reter os elementos solúveis e facilitam a infiltração da água no solo. O plantio em nível é considerado uma das práticas mais eficientes para a conservação do solo. Apesar de eficaz, para se alcançar resultados mais duradouros sua aplicação deve ser combinada a outras práticas.
- Cobertura morta: esta técnica consiste na cobertura do solo com resíduos orgânicos vegetais como serragem, capins, casca de arroz, bagaço de cana-de-açúcar, folhas de espécies caducifólias, resíduos de

roçadas e cascas. Estes materiais garantem o controle da erosão, aumento da capacidade de infiltração da água, melhoria da estrutura e fornecimento de elementos nutritivos.

- Reflorestamento conservacionista: áreas degradadas e de baixa capacidade de produção devem ser recobertas com vegetação permanente, com a finalidade de recuperação para aproveitamento futuro. Normalmente é aplicado em nascentes de rios, topos de morros e margens de microbacias hidrográficas.
- Cordões de vegetação permanente: nesta técnica, as plantas são cultivadas em fileiras (cordões) e curvas de nível, garantindo um controle eficiente da erosão em áreas declivosas. As plantas indicadas para este método são as perenes e de crescimento denso, como cana-de-açúcar, erva-cidreira e capim-gordura.

3.4.2 INCLINAÇÃO

A inclinação do terreno interfere diretamente na intensidade do processo erosivo, pois quanto maior a inclinação da vertente, maior será a energia cinética da água que escoar superficialmente, e menor será a infiltração de água no solo, o que potencializa o escoamento superficial. Com o escoamento superficial são transportadas partículas de solo e nutrientes. Desta forma, os nutrientes presentes nas camadas superiores do solo são perdidos facilmente por erosão.

Nesse processo a preservação da vegetação natural é fundamental principalmente em áreas de risco potencial como vertentes muito inclinadas ou com precipitações elevadas, pois, a vegetação protege o solo da erosão porque o dossel das árvores absorve o impacto direto da chuva sobre a superfície, as raízes unem o solo e a queda contínua de folhas e estruturas das plantas, que caracterizam a serrapilheira, barram o escoamento superficial e o transporte de sedimentos, adicionando ainda matéria orgânica ao solo.

Os intervalos de declividade indicam a potencialidade de ocorrência dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamento e

consequentemente do aporte de sedimentos. Os intervalos são norteados por estudos já consagrados de capacidade de uso/aptidão agrícola (KAWAKUBO et al., 2005).

A declividade dos terrenos de uma bacia hidrográfica é um dos fatores controladores da velocidade do escoamento superficial, afetando, consequentemente o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. A intensidade dos picos de enchente e a maior ou menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade para erosão dos solos dependem, em parte, da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia. (VILLELA e MATTOS, 1975).

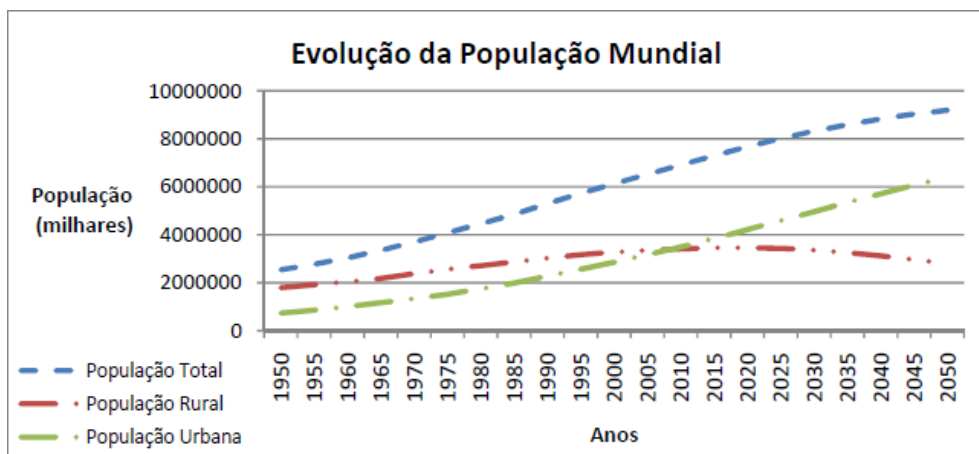
3.4.3 ADENSAMENTO POPULACIONAL

A população urbana mundial vem crescendo significativamente ao longo dos anos. De acordo com a ONU, no World Population Prospects e suas revisões de 2006 e 2007, em 1950 a população mundial somava aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas, sendo 29,1% habitantes urbanos e 70,9% rurais.

Esses valores se alteraram drasticamente, e em 2005, já eram 3,1 bilhões de habitantes urbanos, 48,6% da população mundial. Este mesmo estudo indica que a população urbana ultrapassaria a rural em algum ano entre 2010 e 2015, fato que aconteceu em 2007, mostrando uma antecipação das estimativas e a intensidade do processo de migração.

A Figura 5 apresenta um gráfico da evolução da população mundial entre 1950 e 2050 (estimativa), considerando a população urbana, rural e total.

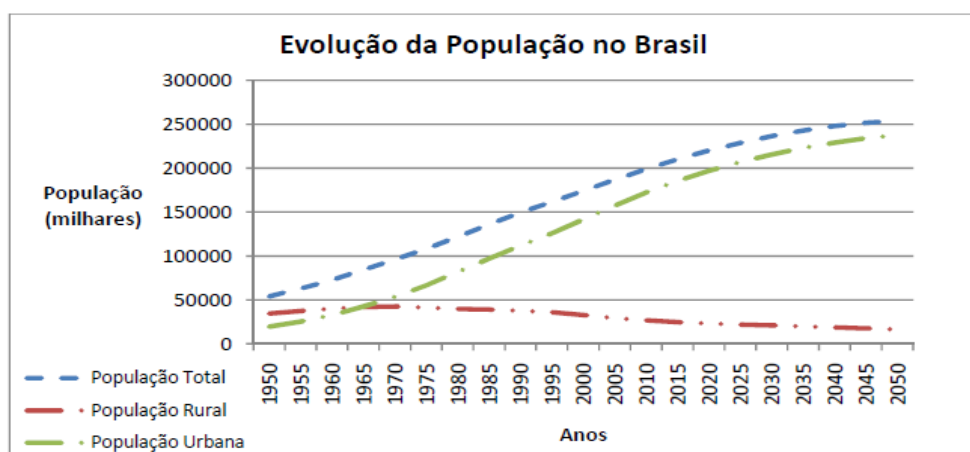
Figura 5: Evolução da População mundial entre 1950 e 2050.



Fonte: ONU (2007).

No Brasil, em decorrência de diversas razões históricas, políticas e econômicas, a população urbana superou há muito tempo a rural. Na segunda metade da década de 1960 já haviam mais brasileiros habitando as cidades do que os campos. No mesmo documento, World Population Prospects e suas revisões de 2006 e 2007, as projeções indicariam que naquele ano cerca de 86,5% dos brasileiros viveriam nas cidades. A Figura 6 mostra a evolução das populações urbana e rural e a sua estimativa até 2050.

Figura 6: Evolução da população brasileira entre 1950 e 2050.



Fonte: ONU (2007).

O processo de urbanização ocasiona diversos problemas ambientais nos espaços edificados pelas cidades, afetando a flora, a fauna, o clima, o relevo e a hidrologia locais. Tais impactos são materializados pela desestabilização de taludes, perda de biodiversidade, canalização de rios, poluições sonora, visual e hídrica,

alteração de microclima, dentre outros que afetam a qualidade de vida da população. Nas áreas urbanas, a poluição das águas de córregos constitui um dos fatores mais impactantes, afetando, sobretudo a disponibilidade hídrica para o consumo humano.

Baptista et al. (2005) afirma que a urbanização provoca alterações significativas no meio ambiente, influenciando diretamente nos processos hidrológicos, por meio da ação direta sobre os cursos de água nas bacias hidrográficas.

3.5 RELAÇÃO ENTRE ASSOREAMENTO E DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana tem sido desenvolvida dentro de premissas estruturais onde os impactos são transferidos de montante para jusante sem nenhum controle de suas fontes. No escoamento esse processo tem provocado aumento da frequência das enchentes, entupimento dos condutos, canais por sedimentos e a degradação da qualidade da água. Dentro desse contexto o controle da erosão urbana é fundamental tanto na manutenção da capacidade de escoamento do sistema de drenagem como na qualidade ambiental (TUCCI, 1998).

Pode-se considerar que a drenagem urbana vive hoje seu terceiro momento histórico. Estes momentos refletem, de um certo modo, a interação da civilização humana com a água no meio urbano. No primeiro deles, que vai do surgimento das cidades até o início do século XIX, a água era integrada a vida das cidades, com funções estéticas e funcionais. Neste primeiro momento, já se percebe uma certa preocupação com o abastecimento e esgotamento das águas nas cidades, embora ainda pudesse ser considerada tímida, ocorrendo apenas em alguns pontos das cidades, onde habitava a população mais nobre ou abastada (ABREU, 1987).

No segundo momento, no início do século XIX, devido principalmente a Revolução Industrial, as cidades passaram a crescer enormemente, fato não acompanhado pela infraestrutura urbana em geral, entre elas o abastecimento e esgotamento sanitário. As cheias, quando ocorriam, além de causar danos materiais, causavam também inúmeras doenças e mortes. Nesta época, surgiu o conceito higienista adotado pelos administradores e engenheiros da época, que visava a remoção das águas pluviais e servidas de forma rápida e segura. Essa fase perdurou até aproximadamente a década de 70 do século passado, quando diversos níveis de

administração pública em lugares diferentes perceberam que, mesmo se gastando uma enorme quantia nas obras de drenagem, as enchentes causavam danos em valores da mesma ordem de grandeza. Surge então a terceira fase, que preconiza a redução dos efeitos da urbanização sobre a hidrologia local. Este objetivo pode ser alcançado de algumas maneiras, tais como com o zoneamento urbano, a educação ambiental, o emprego de técnicas específicas e outros. Em geral estas buscam não a rápida eliminação da água, mas a eliminação de forma gradual, tentando-se resgatar o hidrograma local original, tomando-se cuidado apenas para se evitar alagamentos em algumas áreas, mesmo que estas sejam, historicamente, áreas de cheias (BAPTISTA, 2005).

O desenvolvimento urbano brasileiro tem produzido aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água.

À medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos: (i) aumento das vazões máximas em até 7 vezes (LEOPOLD, 1968) devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; (ii) aumento da produção de sedimentos devido a desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos (lixo); (iii) deterioração da qualidade da água, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

Esses processos estão fortemente interligados quanto aos impactos indesejáveis sobre a sociedade. As enchentes aumentam de frequência não só pelo aumento da vazão, mas também pela redução de capacidade de escoamento provocada pelo assoreamento dos condutos e canais.

Guy (1967) mostra que os sedimentos nas áreas urbanas muitas vezes são gerados em um grande número de áreas particulares, mas quando atingem o leito do rio ou canal passam a ser encarados como um problema público. O custo de dragagem em Aracaju no Rio Poxim é estimado em R\$ 26 milhões pela Prefeitura de Aracaju, (2019). Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2011) a geração média de resíduos sólidos urbanos por habitante é de 381,6 kg/ano, ou 1,06kg/dia. Desse total 342,1 kg/hab/ano (ou 0,95 kg/hab/dia) são coletados. Há portanto, um remanescente de 39,5 kg/hab/ano ou 0,11 kg/hab/dia que

não são coletadas. Uma parcela deste valor inevitavelmente será encaminhada para o sistema de drenagem urbano.

A construção civil devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias aumenta a produção de sedimentos da bacia hidrográfica significativamente.

Em bacias rurais, o cultivo do solo o deixa periodicamente exposto aumentando a produção de sedimentos. A camada superficial do solo tem a estrutura alterada, tornando-se menos resistente à erosão. O mesmo pode ocorrer em bacias urbanas, durante o processo de alteração de uso do solo. Áreas de campos, florestas ou até banhados são ocupadas na periferia das cidades por loteamentos. Tradicionalmente os loteamentos urbanos são precedidos por intensa atividade de retirada da cobertura vegetal, movimentação de volumes de terra e desestruturação da camada superficial de solo.

Nas bacias urbanas a alteração de uso do solo é definitiva; o solo, e até o subsolo, ficam expostos para erosão no lapso de tempo entre o início do loteamento e o fim da ocupação. Este processo se encerra no momento em que a bacia urbana está completamente ocupada e o solo praticamente impermeabilizado, quando então a produção de sedimentos tende a decrescer.

Os sedimentos que atingem a macrodrenagem depositam devido à redução de declividade e da capacidade de transporte. Os sedimentos depositados reduzem a capacidade de escoamento de cheias dos canais da macrodrenagem e as inundações se tornam mais frequentes. Em geral a solução adotada é a dragagem do material depositado nos canais. Os problemas associados à dragagem são os altos custos da operação, a necessidade de uma área para depositar o material dragado, a degradação das margens e as interrupções no trânsito que ocorrem se o material é retirado por caminhões. A redução da capacidade dos condutos é um problema mais sério, já que a limpeza dos mesmos representa custos significativos.

Pode-se citar três estudos de casos, que se assemelham a presente situação do Rio Poxim em sua passagem pelo Bairro Jabotiana, onde a ação antrópica afetou drasticamente a paisagem de rios e canais d'água.

Por exemplo, a preocupante circunstância do município de São José, Santa Catarina, em que a preservação das nascentes constitui um problema iminente do município. O levantamento exploratório identificou cerca de 833 olhos d'água, entre

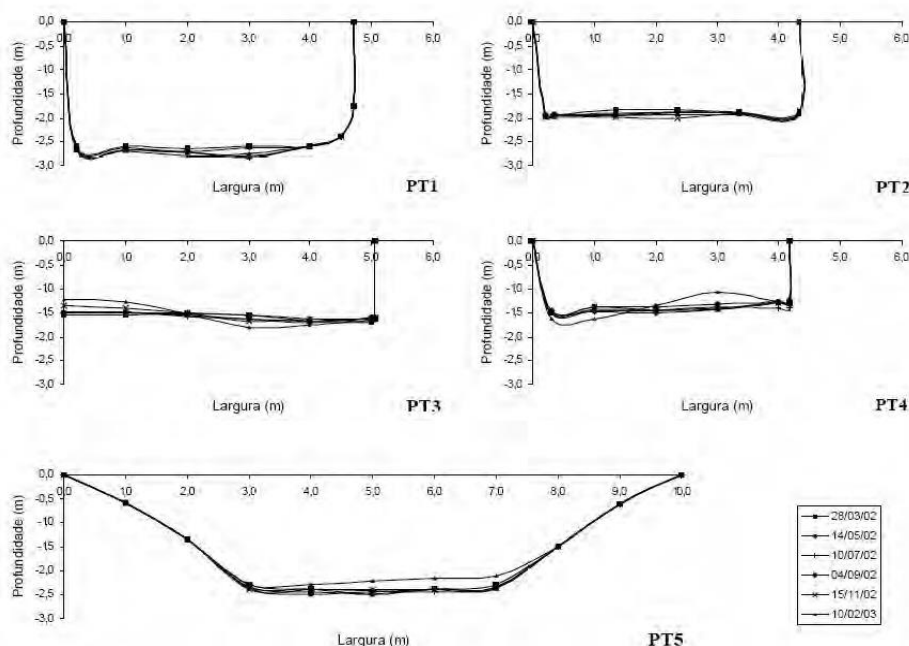
os quais 383 (46 % do total) já estão desprovidos de mata ciliar ou foram atingidos pela ocupação urbana. A redução de fontes de água, nesse ritmo, levará inevitavelmente ao déficit dos recursos hídricos. Além disso, o estado ecológico dos cursos hídricos apresenta-se lastimável em praticamente 70% do território. A recuperação da saúde dos rios é essencial para a manutenção do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida humana (DAVID; SEBASTIÃO, 2004).

A ausência praticamente total de matas ciliares em bacias hidrográficas atingidas pela ocupação urbana, a transformação constante dos seus canais pelas obras de engenharia, e o estado avançadíssimo do seu assoreamento e poluição, agravam ainda mais os problemas de drenagem hidrográfica dentro do perímetro urbano, impondo a necessidade de implantação de programas de gestão ambiental visando à recuperação e monitoramento do sistema hídrico. Necessitando de uma regulamentação adequada a sua realidade ambiental (DAVID; SEBASTIÃO, 2004).

Outro caso que chama atenção é o Rio dos Macacos, Rio de Janeiro – RJ, conforme mostra a Figura 7. Segundo LUCAS, L. M. & CUNHA, S. B. (2007) como estudo de cinco perfis transversais do Rio dos Macacos na área urbana do Rio de Janeiro, e através dos valores obtidos da relação Largura/Profundidade, constatou-se a intensificação dos processos de erosão e entalhamento do talvegue para os pontos mais próximos à montante, com redução de 0,04m (Ponto 1) e 0,06m (Ponto 2). Ao contrário disso, o aumento nos valores de L/P (largura e profundidade), foram registrados nos pontos mais à jusante de 0,10m (Ponto 3) e 0,30 (Ponto 5) que caracterizam os processos de deposição e assoreamento do leito.

Períodos de erosão e deposição foram identificados no setor B (Ponto 4) estando relacionados com a precipitação e com outros fatores como o desvio de parte da água do canal, a construção de uma caixa de contenção de sedimentos e a presença de tubulações de esgoto no leito, que contribuem para o assoreamento e a redução da eficiência de escoamento do fluxo. Fatores naturais, agravados pela atuação antrópica, promoveram alterações na morfologia do canal, onde foram observadas reduções de até 0,90m² na capacidade do canal nos setores B e C, enquanto que o aumento da capacidade do canal concentrou-se principalmente no setor A com valores de até 0,28m². Com isso, verifica-se a tendência na redução da capacidade do canal de montante para jusante (LUCAS, L. M. & CUNHA, S. B., 2007).

Figura 7: Sucessivos perfis transversais do canal do Rio dos Macacos entre março/2002 e fevereiro/ 2003.



Fonte: LUCAS, L. M. & CUNHA, S. B. (2007).

Por fim, no Córrego do Veado, Umuarama – PR, de acordo com Petsch (2010), na carta de uso do solo em 1980, observa-se uma grande área de mata localizada nas proximidades da nascente do canal, ocupando aproximadamente 40% da área total da bacia. A zona urbana limitava-se a parte da margem direita do canal, apenas na parte plana dos topos das vertentes, ocupando 25% da área. A pastagem estava concentrada na parte próxima a foz do canal, principalmente na margem esquerda ocupando 35% da área. Havia apenas uma área de pastagem com presença de processos erosivos correspondendo a 3% da área.

Já a carta de uso do solo de 2005 demonstra a intensa modificação ocorrida no uso e ocupação do solo em 25 anos na área da nascente do Córrego do Veado. Em 2005, aproximadamente 50% da bacia estava urbanizada ocupando praticamente toda a área da margem direita do canal. O crescimento da cidade ocorreu sobre áreas com declives variando entre 0 a 20%, segundo as informações obtidas na carta de declividade gerada para aplicação das metodologias de suscetibilidade à erosão. Pode-se assim afirmar que em momentos de precipitação intensa a velocidade da chuva sobre estas áreas urbanas aumenta, ocasionando grande destruição quando atinge o fundo de vale. Toda a área da nascente foi desmatada correspondendo a diminuição de 33% de mata na área, sendo substituída por pastagens.

A ocupação dessa região foi marcada por um intenso desmatamento, que em sequência desencadeou processos erosivos como ravinamentos, voçorocas, movimentos de massa dos solos e erosão laminar (GASPARETTO, 1999).

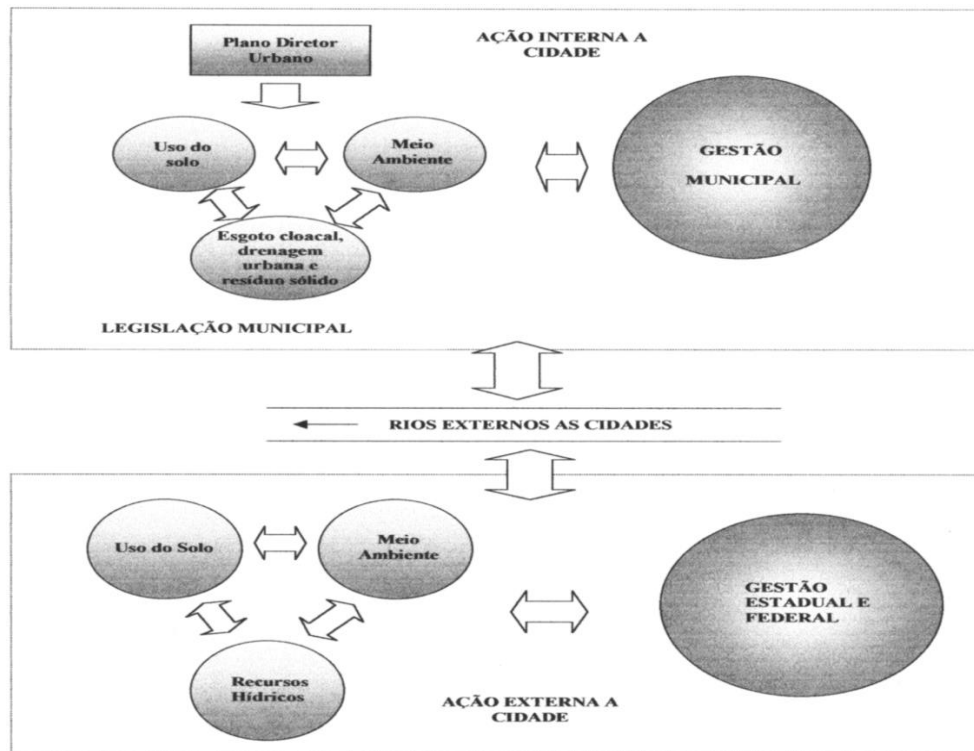
3.6 LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA OBRAS DE MACRODRENAGEM

Este licenciamento estabelece os limites para construção e operação de canais de drenagem, regulado pela Lei 6938/81 e resolução CONAMA nº237/97. Da mesma forma, a resolução CONAMA nº1/86 art. 2º, VII estabelece a necessidade de licença ambiental para “obras hidráulicas para drenagem”.

Conforme nos relata Tucci (1998), a política de controle da drenagem urbana envolve dois ambientes: interno à cidade e externo à cidade. Existe uma grande inter-relação entre os elementos do uso do solo, controle ambiental e recursos hídricos. O gerenciamento da cidade é controlado e monitorando o que ela exporta para o resto da bacia, induzindo a mesma ao seu controle interno, utilizando-se dos meios legais e financeiros. O processo interno dentro da (s) cidade (s) é uma atribuição essencialmente do município ou de consórcios de municípios, dependendo das características das bacias urbanas e seu desenvolvimento.

Para o gerenciamento externo das cidades, a legislação brasileira prevê o Plano de Recursos Hídricos da Bacia. No entanto, dificilmente no referido Plano será possível elaborar o Plano de Drenagem de cada cidade contida na bacia. O Plano deveria estabelecer as metas que as cidades devem atingir para que o rio principal e seus afluentes alcancem níveis ambientalmente adequados de qualidade da água. O Plano de Drenagem Urbana deve obedecer aos controles estabelecidos no Plano da Bacia no qual estiver inserido. A Figura 8 demonstra os requisitos mínimos para a elaboração da política de controle da drenagem urbana de um município, que deve respeitar acima de tudo o plano da bacia.

Figura 8: Política de controle do ciclo das águas na cidade.



Fonte: DAVID; SEBASTIÃO (2004).

3.7 PLANO DIRETOR E SISTEMA DE DRENAGEM

O Plano Diretor é o complexo de normas legais e diretrizes técnicas para o desenvolvimento global e constante do Município, sob o aspecto físico, social, econômico e administrativo, desejado pela comunidade local. É o instrumento técnico-legal definidor dos objetivos de cada municipalidade, e por isso mesmo com supremacia sobre os outros, para orientar toda atividade da Administração e dos administrados nas realizações públicas e particulares que interessem ou afetem a coletividade. É dinâmico e evolutivo. É a lei suprema e geral que estabelece as prioridades nas realizações do governo local, conduz e ordena o crescimento da cidade, disciplina e controla as atividades urbanas em benefício do bem-estar social.

O planejamento urbano, embora envolva fundamentos interdisciplinares, na prática é realizado dentro de um âmbito mais restrito do conhecimento. O planejamento da ocupação do espaço urbano no Brasil, não tem considerado aspectos fundamentais, que trazem grandes transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente (TUCCI, 1997).

Os princípios básicos dos controles de enchentes foram apresentados por Tucci (1995) e contemplam ações como:

- Estabelecer o controle da bacia hidrográfica urbana e não de pontos isolados;
- Os cenários de análise devem contemplar o futuro desenvolvimento da bacia;
- Deve-se procurar evitar que a ampliação da enchente devido a urbanização seja transferida para jusante;
- O controle para as áreas ribeirinhas deve priorizar o uso de medidas não-estruturais como: zoneamento de enchentes, seguro e previsão em tempo real;
- O controle deve ser estabelecido através do Plano Diretor de Drenagem Urbana e administrado pelos municípios com o apoio técnico dos Estados.

A Lei complementar nº 42 de 04 de outubro de 2000 institui o Plano Diretor de Aracaju, cria o Sistema de Planejamento e Gestão Urbana e dá outras providências.

De acordo com o plano diretor vigente (ARACAJU, 2015) do Município de Aracaju, observa-se que: A infraestrutura de drenagem do município de Aracaju é de responsabilidade da Empresa Municipal de Obras e Urbanização (EMURB) e tem como forte característica o fato de ter sido implantada, ao longo dos anos, sem maiores critérios técnicos, visando a soluções pontuais. Por conta disso o sistema apresenta problemas de subdimensionamento, utilização inadequada (lançamento de lixo e de esgotos) e de conservação. Estes fatores são agravados em razão do crescimento da cidade, do aumento do grau de impermeabilização do solo, dos desmatamentos para usos urbanos, da erosão, das ocupações indevidas em locais sob a influência das águas (manguezais, fundos de vales, leitos secundários, rios, encostas de morros), entre outros.

A drenagem e manejo de águas pluviais em Aracaju foi diagnosticada e planejada com base na Lei Federal 9.433/2000, ou seja, o espaço geográfico são as bacias hidrográficas. Assim, a divisão municipal em bacias de drenagem segue esta diretriz legal, que apresenta respaldo técnico e científico.

Na concepção atual, para amenizar os problemas de cheias urbanas, observando a macrodrenagem, especificamente, tem-se percebido um movimento no sentido de se recuperar o regime natural do corpo hídrico, através da implantação de medidas estruturais e não estruturais que procuram tornar similar o hidrograma da

bacia urbanizada atual com o da mesma bacia, antes da urbanização e é neste contexto que o Plano Diretor Municipal tem sua atuação. As ações orientadas pelo Plano podem incluir: reassentamento das populações carentes que habitam as margens, com a posterior implantação de parques lineares, evitando assim o retorno dessas pessoas à área marginal, e a criação de bacias de retenção e retenção, principalmente em áreas com histórico natural de enchentes, dentre outras.

3.7.1 PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

O Plano de Drenagem de uma cidade deve obedecer aos controles estabelecidos no Plano de Recursos Hídricos da Bacia na qual estiver inserido. O Plano de Recursos Hídricos não chega ao nível de detalhar o Plano de Drenagem como subcomponente do mesmo, mas estabelece alguns princípios sustentáveis tais como: não propagação da cheia (controle na fonte) e controle da poluição difusa.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) é o conjunto de diretrizes que determinam a gestão do sistema de drenagem minimizando o impacto ambiental devido ao escoamento das águas pluviais. Na elaboração do PDDU deve ser mantida a sua coerência com as outras normas urbanísticas do município, com os instrumentos da Política Urbana e da Política Nacional de Recursos Hídricos. O PDDU deve contemplar:

- a) Plano de gestão integrada
- b) Prioridade para as medidas não-estruturais: legislação, prevenção e gestão. Essas medidas controlam os futuros impactos, enquanto que as medidas estruturais controlam os impactos já existentes e, muitas vezes, são inevitáveis.
- c) Participação Pública - quando participa do processo decisório, a população dá sustentabilidade ao plano.
- d) Plano por sub-bacia urbana.
- e) Gestão municipal.

Após sua finalização, o PDDU passa a ser o instrumento orientador do poder executivo nas suas ações a curto, médio e longo prazo. O plano e os diversos planos de ação indicam prioridades, não só nas questões pontuais, como inundações, mas também nas medidas estruturais da macrodrenagem, como exemplo, nas contenções,

encostas e cabeceiras. Por questão de sustentabilidade econômica, o plano deve ser implementado por etapas, conforme a Figura 9, descrito a seguir

Etapas de desenvolvimento do PDDU:

a) Concepção - levantamento dos dados existentes. Inicialmente faz-se o levantamento dos dados englobando coleta de campo, diagnósticos e legislação pertinente.

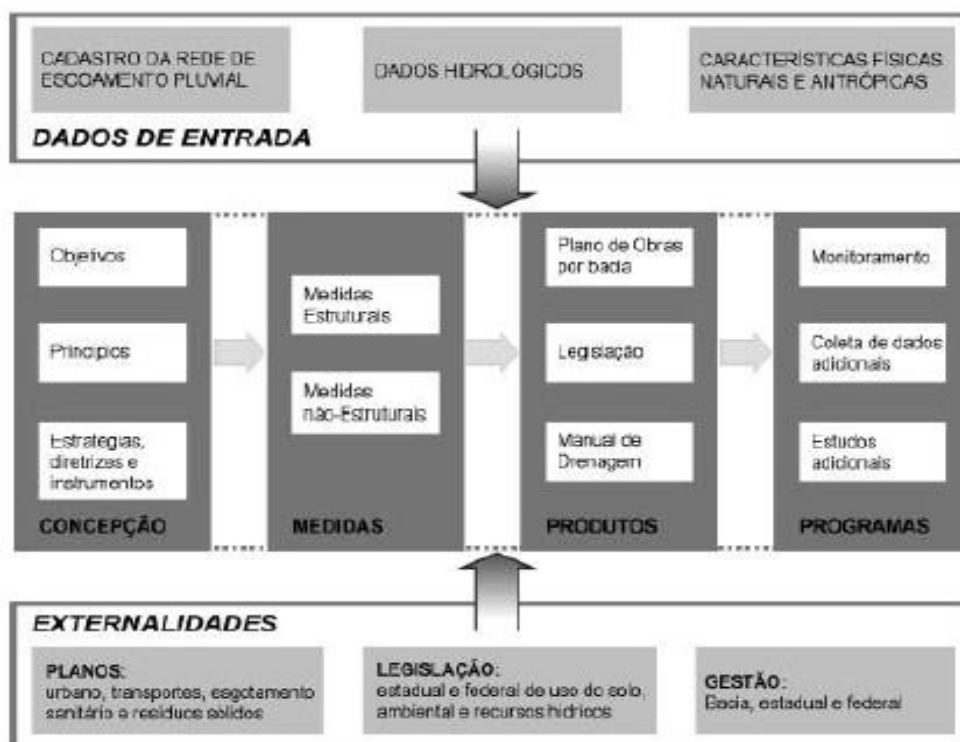
b) Medidas: diagnóstico da situação atual - A partir do diagnóstico, na etapa de concepção do plano, algumas medidas de caráter mais urgente já podem ser implementadas, enquanto o plano passa por um processo de detalhamento e aprovação.

c) Produtos: proposições para ampliação e melhoria do sistema - Após a definição das medidas de curto, médio e longo prazo, são trabalhados os produtos necessários à sua implementação: detalhamento dos planos de ação, planos de obras, legislação pertinente, manuais, etc.

d) Programas: plano de ações e sistema de supervisão e controle - Nessa etapa, tem-se o programa de longo prazo, constando o que não foi contemplado no plano: o monitoramento, a coleta de dados adicionais e estudos adicionais. E para isto é preciso o plano de desenvolvimento urbano para se definir o cenário futuro da bacia a ser considerada.

Infelizmente, em Aracaju não existe um Plano Diretor de Drenagem Urbana, o que torna complicada a relação entre o crescimento demográfico com sua urbanização acelerada com o sistema de drenagem de toda capital.

Figura 9: Etapas do plano diretor de drenagem.



Fonte: DAVID; SEBASTIÃO (2004).

3.7.2 ÁREA DE INTERESSE AMBIENTAL

A definição e o entendimento da dinâmica das áreas de interesse ambiental dentro de uma cidade caracterizada como predominantemente urbana é um processo complexo, o qual deve estar associado às funções ecológicas e definição de serviços ambientais que contribuem para a “saúde ambiental” da cidade. Por isso o processo de planejamento está intimamente relacionado com os conceitos e caracterizações.

A paisagem natural de Aracaju é composta por uma diversificada tipologia de elementos naturais: manguezais e estuários, dunas e restingas, lagoas, áreas alagadiças, rios e canais naturais, praias, remanescente de floresta de mata atlântica, dentre outros, os quais apresentam atributos de importância ecológica extremamente relevante para o município (PDDU, 2000).

A legislação ambiental brasileira reúne um cabedal de leis e códigos que protegem esses diferentes ecossistemas, sendo o conceito chave tratado dentro do entendimento das bases da proteção ambiental no Brasil como “Áreas Protegidas”.

As Áreas de Interesse Ambiental no Plano Diretor (Art. 158 - PDDU, 2000) são classificadas como áreas de preservação, área de proteção, os espaços abertos e as

paisagens notáveis do município, já definidos na legislação federal, estadual e municipal existente, bem como aquelas que vierem a ser definidas por lei. Além disso, devem constar em mapeamentos.

3.7.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

As áreas de preservação permanente são aquelas definidas e descritas na Lei Federal de Proteção a vegetação Nativa 12.651 de 2012 (antigo Código Florestal). Como consequência do intenso processo de urbanização e alteração dos espaços naturais, Aracaju possui fauna e flora bastante descaracterizadas de suas condições originais (PMA/SEPLOG, 2014 (b)).

Os manguezais de Aracaju ao longo da história foram submetidos a uma grande pressão antrópica que resulta em uma intensa degradação, desde o seu desmatamento e aterro, até a sua poluição (PMA/SEPLOG, 2014 (a)).

A proteção dos manguezais requer um intenso trabalho de fiscalização e o uso de ferramentas com soluções GIS (Sistema de Informações Georreferenciadas) que possam acompanhar por meio de mapeamentos a localização desses manguezais, os seus reais limites, para que de forma célere se possa detectar invasões, desmatamentos e aterramentos além do não licenciamento de empreendimentos nessas áreas (PDDU, 2000).

Ao longo dos cursos fluviais as primeiras áreas que sofrem a atuação dos agentes antropogênicos são as matas ciliares. BRASIL (2015) define a mata ciliar como “os cílios que protegem os olhos, vegetação que ocorre nas margens de rios e igarapés, protegendo-os do assoreamento”.

a) APP segundo o Código Florestal

O novo Código Florestal instituído pela lei nº 12.651/12 considera no seu Art. 3º tais áreas como áreas de proteção permanente (APP) podendo ser coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas

(BRASIL,2012).O código delimita ainda no Art. 4º a dimensão apropriada de faixas de mata ciliar em relação aos cursos d'água conforme Tabela 2.

Tabela 2: Delimitação das APP's de acordo com o dimensionamento das faixas de mata ciliar.

DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	DIMENSÃO MÍNIMA DA FAIXA
Curso d'água de menos de 10 (dez) metros de largura	30 m
Curso d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura	50 m
Curso d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura	100 m
Curso d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura	200 m
Curso d'água superior a 600 (seiscentos) metros de largura	500 m
Lagos e lagoas naturais	30m, em zonas urbanas
Nascente e dos olhos d'água perenes	Raio de 50 m
Manguezais	Toda a sua extensão

Fonte: Brasil (2012).

As matas ciliares também são classificadas como APP's; não se destinou um espaço específico para discuti-las porque praticamente todas as matas ciliares do município de Aracaju coincidem com a localização dos manguezais descritos.

b) APP segundo a Resolução CONAMA Nº 303, de 20/03/2002

Essa Resolução dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Os artigos que interessam diretamente esta pesquisa estão relatados a seguir:

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - Nível mais alto: nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente;

II - Nascente ou olho d'água: local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea;

III - vereda: espaço brejoso ou encharcado, que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d'água, onde há ocorrência de solos hidromórficos, caracterizado predominantemente por renques de buritis do brejo (*Mauritia flexuosa*) e outras formas de vegetação típica;

IV - Morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;

V - Montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;

VI - Base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;

VII - linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma sequência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;

VIII - Restinga: depósito arenoso paralelo a linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, também consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do substrato do que do clima. A cobertura vegetal nas restingas ocorrem mosaico, e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivos e arbóreo, este último mais interiorizado;

IX - Manguezal: ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina;

XIII - Área urbana consolidada: aquela que atende aos seguintes critérios:

- a) Definição legal pelo poder público;
- b) Existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana:
 1. Malha viária com canalização de águas pluviais,
 2. Rede de abastecimento de água;
 3. Rede de esgoto;
 4. Distribuição de energia elétrica e iluminação pública
 5. Recolhimento de resíduos sólidos urbanos;
 6. Tratamento de resíduos sólidos urbanos; e
- c) Densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km².

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

- I - Em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de:
- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
 - b) Cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
 - c) Cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
 - d) Duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
 - e) Quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;
- II - Ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;
- III - Ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:
- a) Trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;
 - b) Cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;
- IV - Em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;
- VII - Em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;
- IX - Nas restingas:
- a) Em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;
 - b) Em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;
 - c) Em manguezal, em toda a sua extensão;

3.7.4 ÁREAS DE PROTEÇÃO DEFINIDAS PELO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO

As áreas de risco correspondem às áreas classificadas como impróprias para o assentamento humano por estarem sujeitas a acidentes naturais ou a riscos

decorrentes da ação antrópica. Essas áreas geralmente apresentam condições de fragilidade ambiental, como por exemplo, margens de rios sujeitas a inundações.

A ocorrência de chuvas prolongadas e intensas favorece o escoamento superficial, que pode carrear grande quantidade de material sedimentar, desestabilizando ou até deslizando sobre as moradias. Então essas encostas precisam de intenso monitoramento e fiscalização, não sendo possível a ocupação dessas áreas, além da necessidade de obras de contenção ou até mesmo a realocação de famílias (PMA/SEMDEC/DEFESA CIVIL, 2015).

São considerados crimes ambientais da Lei 9.605/98 as agressões à flora, fauna, recursos naturais e patrimônio cultural. Além de conduta que ignora normas ambientais legalmente estabelecidas mesmo que não sejam causados danos ao meio ambiente.

A proteção ambiental é princípio expresso na Constituição Federal, que no seu art. 225, dispõe sobre o reconhecimento do direito a um meio ambiente sadio como uma extensão ao direito à vida, seja pelo aspecto da própria existência física e saúde dos seres humanos, seja quanto à dignidade desta existência, medida pela qualidade de vida. Portanto, violar esse direito é um crime ambiental passível de penalização.

3.8 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS E SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS NA DRENAGEM URBANA

A Constituição Federal dispõe sobre o meio ambiente considerando-o como um direito de todos e bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida, atribuindo competências distintas à União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

Especificamente em relação ao saneamento, a Constituição determina ser atribuição do sistema único de saúde participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento.

Sob o ponto de vista sanitário, a drenagem visa principalmente desobstruir os cursos d'água dos igarapés e riachos, para eliminação dos criadouros combatendo, por exemplo, a malária, e a não propagação de algumas doenças de veiculação hídrica. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1999).

Para isto, as medidas de correção e/ou prevenção que visam minimizar os danos das inundações são classificadas, de acordo com a sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais (CANHOLI 2005).

As medidas estruturais se dividem em intensivas e extensivas.

As medidas intensivas podem ser de quatro tipos:

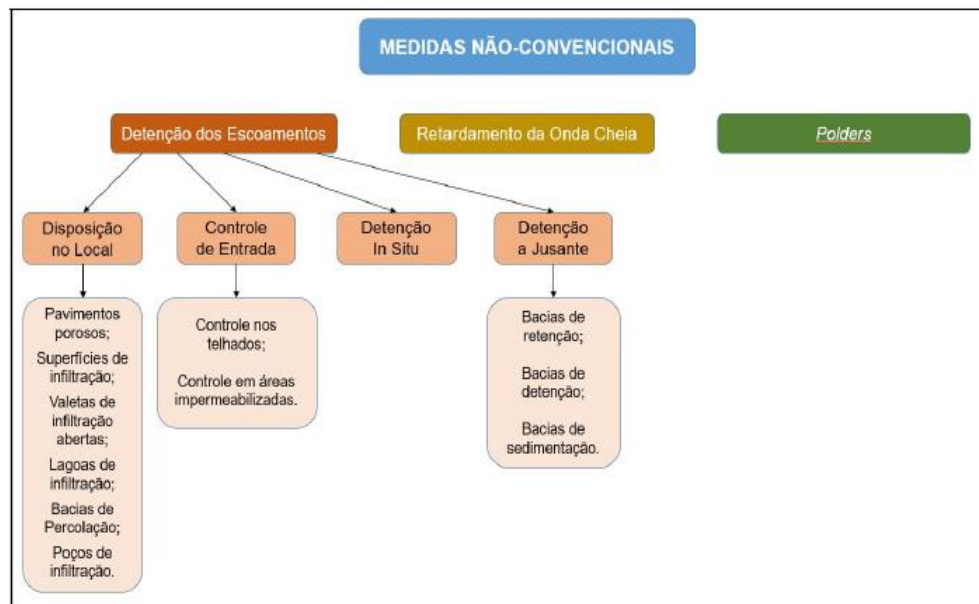
- i. Aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas;
- ii. Retardamento do fluxo: reservatórios (bacias de detenção/retenção) e restauração de calhas naturais;
- iii. Desvio do escoamento: túneis de derivação e canais de desvio;
- iv. E que englobem a introdução de ações individuais visando tornar as edificações a prova de enchentes.

Enquanto que as medidas extensivas correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, à recomposição de cobertura vegetal e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem. As medidas não estruturais podem ser divididas em ações de regulamentação do uso e ocupação do solo; educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo; seguro-enchente; e sistemas de alerta e previsão de inundações (CANHOLI, 2005).

Além disso, as medidas estruturais abrangem as medidas não convencionais, que podem ser uma opção sustentável de dispositivos de drenagem urbana. De uma maneira geral, as medidas não convencionais em drenagem urbana podem ser entendidas como estruturas, obras e dispositivos ou como conceitos diferenciados de projeto, cuja utilização não se encontra ainda disseminada. São soluções que diferem do conceito tradicional de canalização, mas podem estar a elas associadas, para a adequação ou otimização do sistema de drenagem (CANHOLI, 2005).

Segundo Canholi (2005), as medidas não convencionais se classificam por detenção de escoamentos, retardamento da onda de cheia, ou Polders. Veja a seguir na Figura 10, abaixo:

Figura 10: Tipos de medidas não-convencionais.



Fonte: CANHOLI (2005).

Dentre as medidas não convencionais mais frequentes adotadas, destacam-se aquelas que visam incrementar o processo da infiltração; reter os escoamentos em reservatórios; ou retardar o fluxo nas calhas dos córregos e rios (CANHOLI, 2005).

As obras e dispositivos aplicados para favorecer a reservação dos escoamentos constituem o conceito mais significativo e de amplo espectro no campo das medidas inovadoras em drenagem urbana. A disposição no local tem tido aplicação crescente nos últimos anos. Esse tipo de reservação das águas precipitadas é tipicamente voltado ao controle em lotes residenciais e vias de circulação e é constituído por obras ou dispositivos que promovam ou incrementem a infiltração e a percolação das águas coletadas (CANHOLI, 2005).

O controle no canal envolve a definição de velocidade mínima, melhor estimativa das cargas de sedimentos, redimensionamento de seções transversais e declividade, e o estabelecimento de trechos para deposição programada para limpeza. O custo do controle no sistema de drenagem geralmente recai sobre o poder público, independentemente da fonte causadora, além de representar despesas extremamente altas.

As principais ações de controle na bacia são descritas a seguir:

3.8.1 RESERVATÓRIOS SECOS OU COM ÁREA ÚMIDA

Os reservatórios podem ser secos, quando atuam basicamente sobre o volume e com lâmina de água, quando atuam sobre os sedimentos e a qualidade da água. No primeiro caso, existem os reservatórios secos “extended”, que retêm o volume por um período de 24 horas, para minimizar o impacto dos sedimentos e da qualidade da água.

O ideal é instalar, já no início do loteamento, reservatórios cuja função primeira será reter os sedimentos gerados na etapa crítica de abertura de ruas, remoção da camada vegetal e movimentação de volumes para aterro. Os mesmos reservatórios podem ser utilizados também para minimizar o efeito da urbanização sobre os picos de cheia (Tucci e Genz, 1995).

Ressalta-se aqui a separação entre microrreservatórios e cisternas que, embora tenham funções similares, entende-se que as cisternas são reservatórios de água para reaproveitamento enquanto os microrreservatórios possuem a função de retenção (RIBEIRO, 2014).

3.8.2 BACIAS DE DETENÇÃO E RETENÇÃO

São estruturas de retenção temporária e/ou infiltração das águas das chuvas e podem ser basicamente de dois tipos: retenção e infiltração com retenção. Elas são usadas com três finalidades: amortecimento de cheias urbanas como controle de inundações, eventual redução do escoamento superficial e redução da poluição difusa, função típica dos reservatórios de retenção e secundária nos reservatórios de retenção, contribuindo para a redução dos impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos.

Esta é a técnica compensatória de uso mais difundido no Brasil, já tendo sido usado inúmeras vezes, com exemplos que datam do início do século passado (BAPTISTA, 2005). Como ela usualmente ocupa grandes áreas, tenta-se harmonizá-la com o projeto urbanístico local, o que normalmente é conseguido quando se associa este local com uma outra atividade. Esta associação com outras atividades, como por exemplo, parques, praças e áreas dedicadas à prática de esportes, além de propiciar

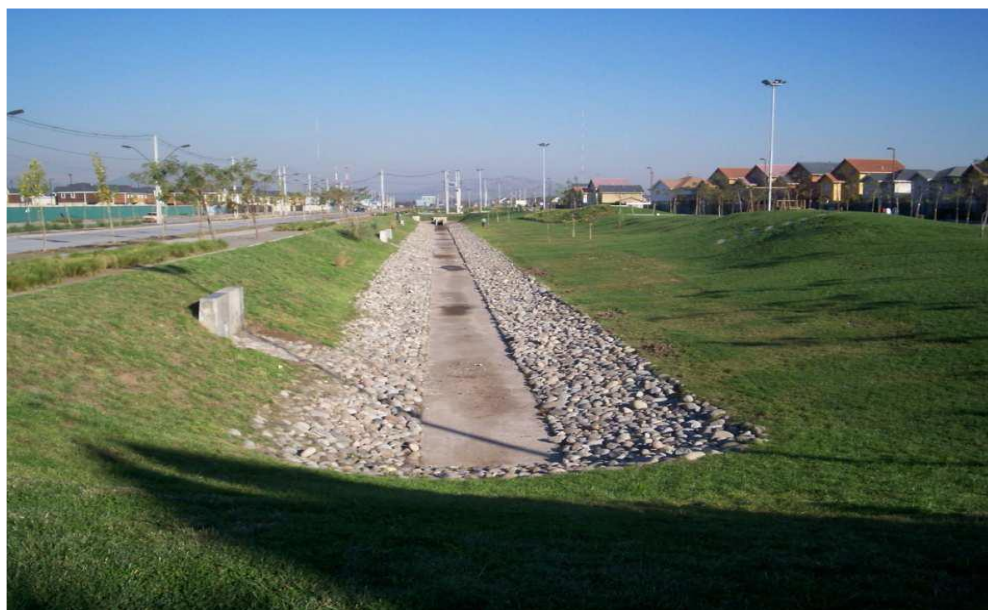
a implantação do reservatório, possibilita o uso do solo urbano, de alto valor em alguns locais, de forma mais racional, agregando valor adicional ao local da construção.

As medidas de amortecimento podem ser basicamente de dois tipos:

- Bacia de Retenção: mantêm a água de escoamento estocada por um longo período, objetivando a decantação das partículas sólidas, reduzindo assim a carga orgânica;
- Bacia de Detenção: conserva as águas das cheias por um período de tempo suficiente para que haja o controle das inundações, atrasando um volume significativo de água, alterando o hidrograma da cheia. A redução da carga de poluente é um objetivo secundário.

Uma característica que as distingue é em relação ao dispositivo de descarga. Enquanto nas bacias de retenção eles ficam a certa altura, os das bacias de detenção ficam no fundo das mesmas.

Figura 11: Bacia de detenção em área residencial, aliado à áreas de lazer em Santiago, Chile.



Fonte: BAPTISTA (2005).

Figura 12: Bacia de retenção em ambiente urbano.



Fonte: BAPTISTA (2005).

3.8.3 TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO E DETENÇÃO

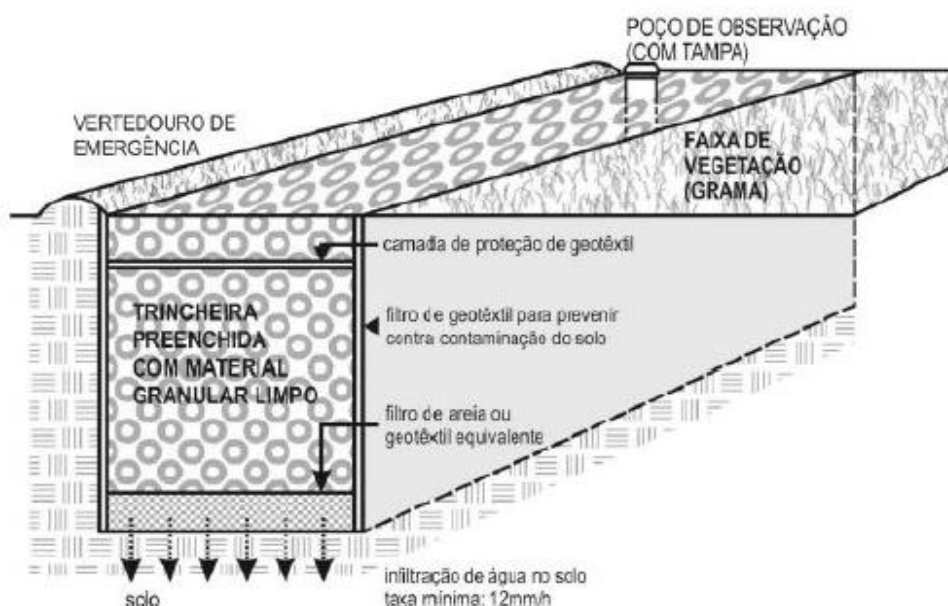
Estes dispositivos caracterizam-se por apresentar uma estrutura linear, podendo ser implantados na superfície ou em pequenas profundidades, e têm por objetivo coletar as águas do escoamento superficial afluentes de áreas impermeáveis adjacentes. Além de favorecer a infiltração, estes dispositivos também propiciam o armazenamento temporário das águas pluviais. São estruturas que apresentam enorme versatilidade, podendo ser implantados em canteiros centrais e passeios, ao longo do sistema viário, ou ainda junto a estacionamentos, jardins, terrenos esportivos e áreas verdes em geral (BAPTISTA, 2005).

Segundo Tominaga (2013), quanto ao funcionamento da estrutura, o acesso das águas superficiais pode se dar pela superfície, ou por meio de um sistema de drenagem, que efetua a coleta e sua introdução na trincheira. Nos dispositivos de infiltração a evacuação se dá pela infiltração das águas no solo, enquanto que nos dispositivos de retenção, como não ocorre a infiltração das águas, o principal objetivo é o rearranjo temporal das vazões do escoamento superficial.

A construção de uma trincheira pode ser feita em calçadas ou ruas com declividade não acentuadas. Ela é preenchida com material granular limpo, que fica

coberto por filtro geotêxtil que pode ser visto na figura abaixo (Figura 13) que apresenta um esquema da trincheira de infiltração.

Figura 13: Esquema de trincheira de infiltração.



Fonte: TOMINAGA (2013).

3.8.4 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Os pavimentos permeáveis são indicados, principalmente, para áreas de tráfego leve, como é o caso de estacionamentos e condomínios residenciais. Entretanto, o revestimento usado nestas áreas corresponde aos pavimentos tradicionais impermeáveis, o que tem aumentado consideravelmente o escoamento superficial e, conseqüentemente os problemas de inundações nas cidades (TOMINAGA, 2013).

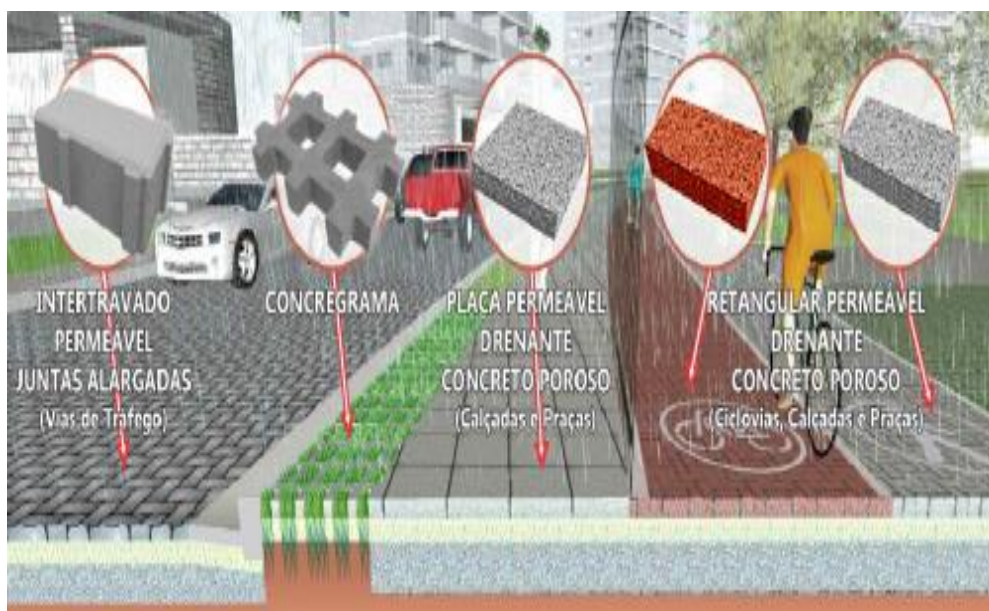
Estes pavimentos constituem-se de um dispositivo onde o escoamento superficial infiltra através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório localizado sob a superfície do terreno, formada pela própria base do pavimento. Via de regra são compostos por duas camadas de agregados (um agregado fino ou médio

e outra de agregado graúdo), além da camada do pavimento permeável propriamente dito (TUCCI, 2000).

Existem diversos tipos de pavimentos que promovem a infiltração e o controle do escoamento superficial, e estes devem ser projetados de acordo com o tipo de ocupação esperada no local. No Brasil, pesquisas com pavimentos permeáveis têm sido realizadas no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) em Porto Alegre e no Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos (CTH) em São Paulo, onde estão sendo testados diversos tipos de pavimentos e medindo-se suas eficácias, como paralelepípedos, blocos vazados, blocos de concreto, concreto poroso e asfalto poroso. A Figura 14 apresenta a utilização e a variedade dos tipos de pavimentos porosos ou permeáveis.

Na Figura 14 pode-se observar que os pavimentos permeáveis podem ser compostos por: blocos intertravados permeáveis com juntas alargadas, aplicados em locais de tráfego de veículos de passeio; blocos de concreto furado e preenchido com grama (concregrama), aplicados onde não há tráfego; placas ou retangulares permeáveis drenantes (concreto poroso), aplicados em calçadas, praças ou ciclovias.

Figura 14: Pavimentos porosos ou permeáveis.



Fonte: ADRIA (2018).

As características de necessidade de manutenção periódica e mão-de-obra especializada para construção do pavimento fazem com que seu custo de implementação seja caro. O pavimento promove a possibilidade de recarga das águas

subterrâneas, além da melhoria da qualidade das águas por ação de infiltração no corpo do pavimento. Porém, existe o risco de contaminação das águas subterrâneas.

A instalação apresenta vantagens importantes no combate ao alagamento, possibilitando redução ou eliminação dos custos do sistema de drenagem tradicional.

Na Tabela 3 são apresentados alguns valores da literatura internacional sobre estes dispositivos quanto a eficiência de remoção dos sedimentos em suspensão, amortecimento de cheia, custos de implementação e manutenção.

Tabela 3: Eficiência e custo de medidas de controle.

Medida	Eficiência de remoção de sedimentos suspensos	Controle de cheia	Custo total anual (construção e operação)
Reservatório	35%	alto	0,005 US\$.m ⁻³
Área úmida	68%	alto	0,001 US\$.m ⁻³
Reservatório parcialmente cheio	75%	alto	0,001 US\$.m ⁻³
Bacia de infiltração	75%	médio	300 US\$.m ⁻³
Áreas de filtros vegetais	70%	baixo	200 US\$.m ⁻³
Interceptadores	15%	baixo	US\$. Há (drenado)- ¹
Pavimento poroso	85%	médio	0,014 US\$.m ⁻³

Fonte: ELLIS (1996).

3.8.5 DRAGAGEM

De acordo com Alfredini (2005), “o serviço de dragagem consiste na escavação e remoção (retirada, transporte e despejo) de solo, rochas decompostas ou desmontadas (por derrocamento), submersos em qualquer profundidade e por meio de variados tipos de equipamentos (mecânicos ou hidráulicos) em mares, estuários e rios”, onde o custo e os impactos ambientais potenciais devem ser considerados.

A draga é um tipo especial de barco, que foi projetado no intuito de que ela desempenhe diversas atribuições que fazem menção a quaisquer cursos d'água, sendo estes pouco profundos, com a finalidade de se obter como resultado a limpeza da água. A função mais comum desse tipo de embarcação é a de aprofundamento de portos e de vias navegáveis extraíndo os sedimentos depositados nesses locais, porém ela não é aplicada apenas nesse âmbito (SIMÃO JUNIOR, 2011).

A exemplo da utilização dessa solução tem-se o Rio Tietê – SP, que é muito parecido com o caso do Rio Poxim, no Bairro Jabotiana. O intenso processo de

urbanização, e consequente impermeabilização do solo, gerou um incremento progressivo nas vazões de pico do rio Tietê ao longo das últimas décadas, com sérias consequências em processos de enchentes e inundações, principalmente no trecho onde o rio se encontra retificado e canalizado entre vias marginais e pontes no município de São Paulo. Além disso, podem-se citar outros impactos negativos à bacia, decorrentes desse processo, tais como o assoreamento das drenagens. Todos esses fatores foram cruciais para a dragagem do mesmo (FUSP, 2008). A Figura 15 mostra o processo de dragagem no Rio Tietê.

Figura 15: Intervenção pelo leito fluvial, por meio de escavadeira embarcada, no Rio Tietê, em São Paulo/SP.



Fonte: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2013).

Apesar da tendência de diminuição do ritmo de expansão da metrópole e da consolidação dos núcleos urbanos, o que diminuiria também o aporte de sedimentos nas drenagens da bacia, nota-se ainda grandes volumes de material a ser desassoreado, da ordem de 2,4 a 3,4 milhões m³/ano, a fim de prevenir enchentes e inundações e, ainda, garantir a navegabilidade no sistema para sua própria manutenção (XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013).

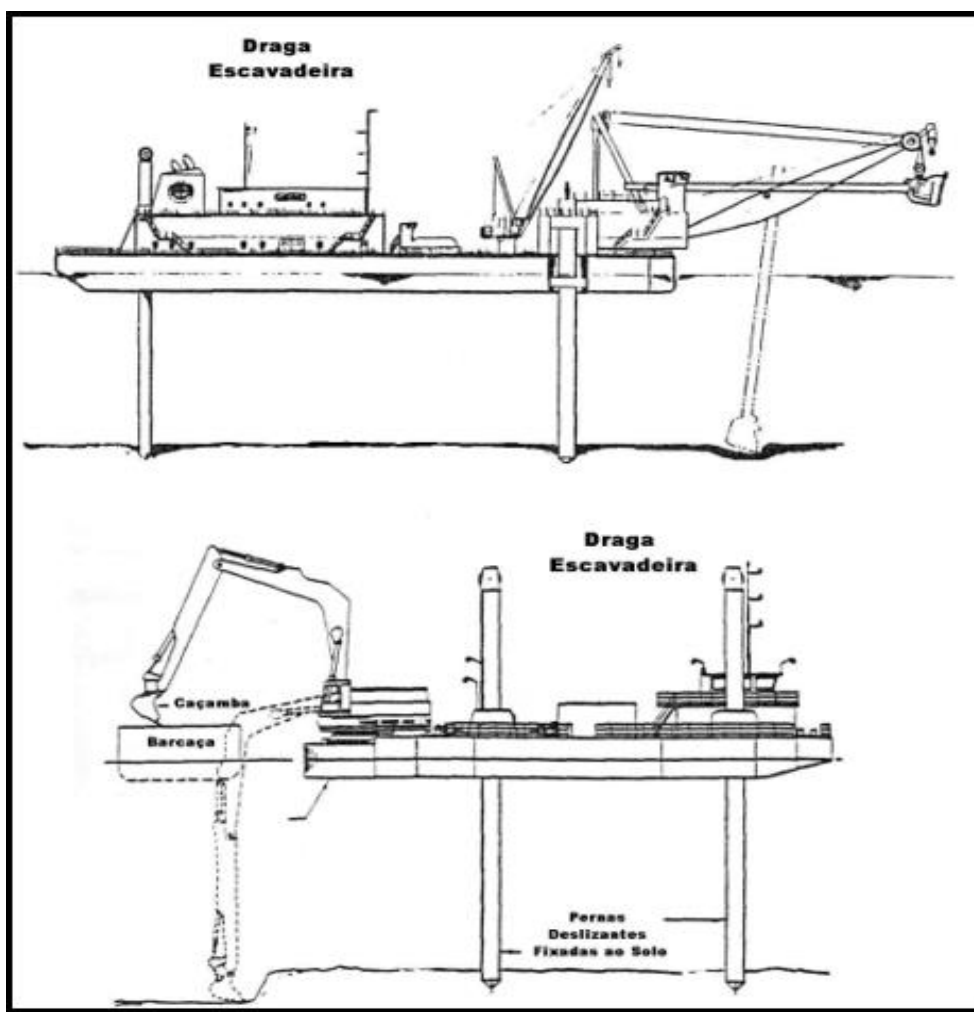
Por características intrínsecas à bacia hidrográfica, principalmente no que se refere à extensão territorial, e ao alto grau de impermeabilização do solo, o sistema hídrico apresenta rápida variação de nível d'água em eventos de cheia. Isso significa

que a perda de seção dos cursos d'água pelo assoreamento compromete ainda mais a delicada dinâmica da bacia (XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013).

Existem diversos tipos de dragas usadas nessa remoção de materiais do leito e margens de corpos d'água, que podem ser classificadas em mecânicas, hidráulicas e mistas, possuindo cada uma destas uma maneira diferente de mecanismo e operação. (PORTOPÉDIA, 2015).

As dragas mecânicas são habituais na remoção de cascalho, areia e sedimentos muito coesos, como argila, turfa e silte muito estabilizado. Para a retirada desses materiais do fundo, esse tipo de draga aplica uma força mecânica direta no local de deposição desses sedimentos. O resultado dessa dragagem é na maioria das vezes transportado em barcas ou barcaças, dependendo do volume resultante desse processo. (PORTOPÉDIA, 2015).

Figura 16: Principais tipos de draga mecânica.

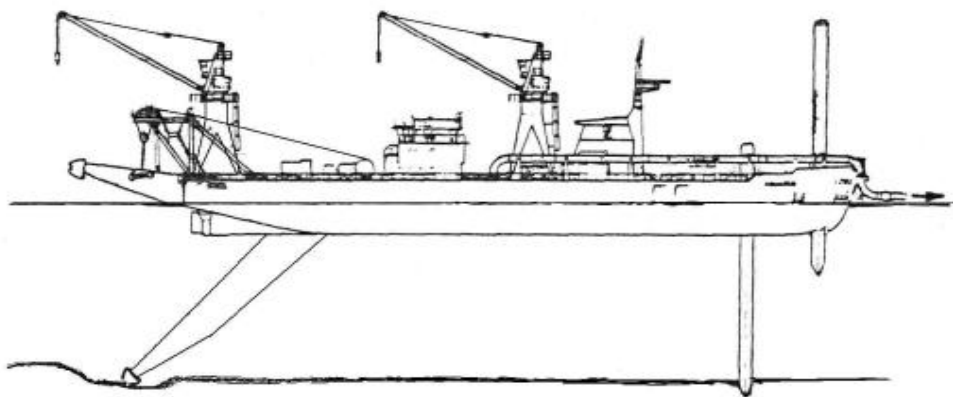


Fonte: KOBAYASHI (2008).

Já a draga hidráulica, é amplamente utilizada no Estados Unidos, e tem como princípio de operação a remoção de sedimentos pouco concretizados como areia e silte. No transporte, essa draga conduz o material na forma líquida, e suas tubulações variam entre 0,15 e 1,2 metros de diâmetro. (KOBAYASHI., 2008).

Por possuir essa dinâmica de dragagem esse tipo de draga suga junto com os sedimentos uma quantidade muito grande de água; com a extrapolação dos tanques que esta possui, deve-se realizar um processo chamado “overflow”, que consiste em deixar que essa água excedente transborde, diminuindo assim o volume e o peso de líquido a bordo da barcaça (PORTOPÉDIA, 2015).

Figura 17: Dragagem hidráulica.



Fonte: KOBAYASHI (2008).

3.8.5.1 TIPOS DE DRAGAGEM

a) Dragagem de Implantação.

Esse tipo de dragagem é realizado na intenção de implantar, ampliar ou aprofundar canais de navegação, bacias de evolução e outras diversas obras ou serviços já existentes em um determinado corpo d'água. (GOES FILHO, 2004).

Segundo Goes Filho (2004) esse tipo de dragagem possui um conjunto de características, tais como:

- Grandes volumes de material movimentado;
- Solos consolidados são removidos;

- Baixa presença de contaminantes;
- São dragadas espessuras consideráveis.

b) Dragagem de Manutenção.

Esta é praticada no intuito de restauração total ou parcial das condições anteriormente encontradas. Para Goes Filho (2004) ela se faz necessária a partir do momento em que se deseja manter a profundidade de um determinado canal de navegação ou de um porto, possuindo algumas características:

- Quantidade de material inconstante;
- Retirada de solos desagregados;
- Risco de contaminação;
- Processos diários rotineiros.

c) Dragagem de Mineração.

Esse tipo de dragagem é usado especificamente para a retirada de bens minerais contidos nos cursos de água, visando a exploração e o aproveitamento econômico desses minérios, como por exemplo, a areia, o cascalho e a argila, materiais utilizados na construção civil. Ainda podendo ser utilizada para a lavra de ouro e diamantes de aluvião. (GOES FILHO, 2004).

d) Dragagem de Recuperação Ambiental.

Esse método, quando praticado, visa o benefício das condições ambientais de um determinado local bem como a melhoria na proteção da saúde humana. Para Goes Filho (2004) ela consiste basicamente na retirada cautelosa do material corrompido juntamente com um processo de revitalização, relocação do mesmo. Como características desse tipo de dragagem são apresentadas:

- Volume baixo de material removido;
- Existência de contaminantes;
- Retirada de solos inconsolidados e leves;
- Processo não repetitivo.

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 ARACAJU

A cidade de Aracaju, Capital do Estado de Sergipe, teve seu crescimento urbano iniciado nos anos de 1970 e intensificou-se nas últimas décadas do século XX devido às oportunidades de emprego e melhores condições de vida (VILAR; ARAÚJO; WANDERLEY; SOUZA, 2006).

O território municipal aracajuano apresenta um conjunto de componentes físicos e sociais que permitem a formação de uma predisposição do meio natural a ocorrência de eventos naturais extremos, principalmente os originários de desvios positivos das condições pluviométricas, associados a dinâmica climática, causando a desorganização do espaço em questão.

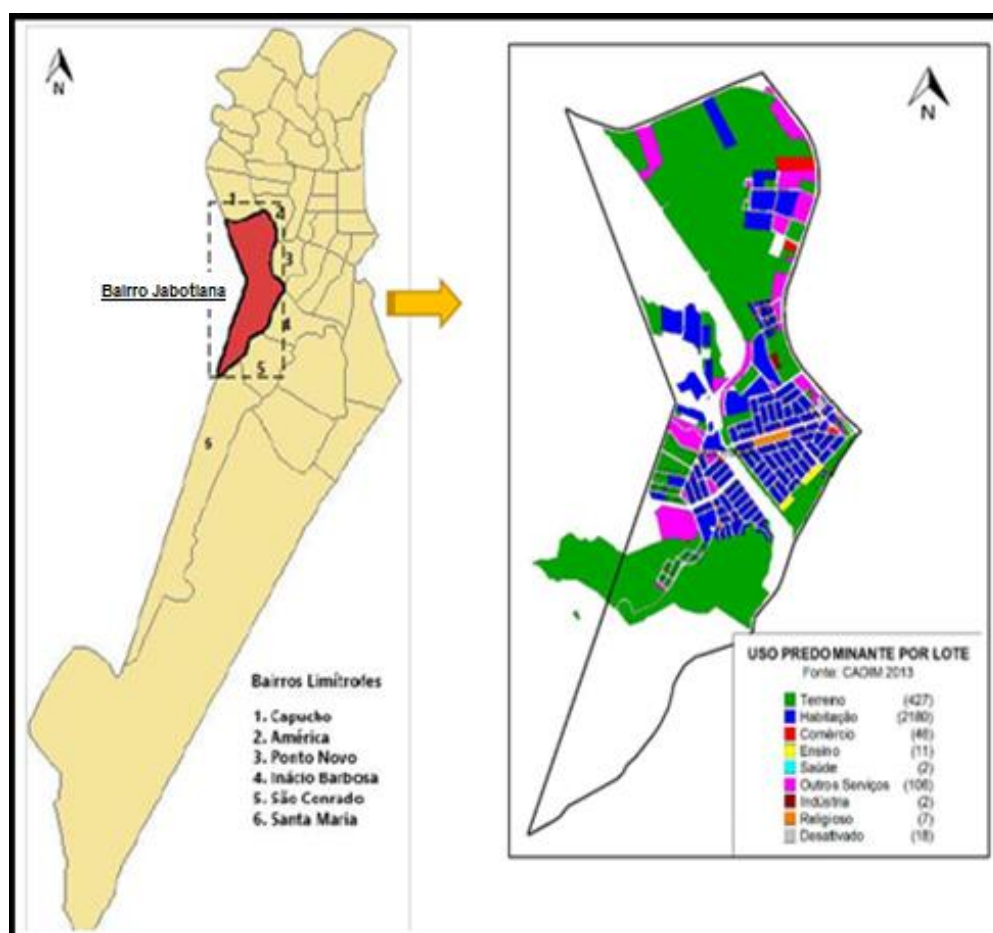
A cidade apresenta-se como expressão máxima da interferência do homem no meio natural. É no meio urbano onde a cobertura natural é modificada, de modo a aumentar o espaço construído e, por conseguinte a impermeabilização do solo, criando assim diversos transtornos ao homem urbano, como aumento do desconforto térmico, maior probabilidade de inundações, dentre outros impactos relacionados aos eventos climáticos. Em Aracaju, o processo de crescimento urbano favoreceu a ocupação de ambientes frágeis, marcados por processos específicos que por vezes entram em conflito com a dinâmica socioambiental presente. Dessa forma, a cidade de Aracaju resulta no uso inadequado de determinados espaços, sujeitos a uma dinâmica natural singular ou risco climático gerando intervenções socioambientais.

4.1.2 BAIRRO JABOTIANA

A área, em estudo, encontra-se inserida no Bairro Jabotiana na Capital Aracajuana, representando um recorte da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Poxim (Figura 18), que possui uma superfície de 397km², localizada na porção leste do Estado de Sergipe entre as coordenadas geográficas 10°55' e 10°45'S e 37°05' e 37°22'W, com formato alongado no sentido NW/SE, limita-se ao sul pela Bacia Hidrográfica do Rio Vaza-Barris e pelo Rio Sergipe ao norte (SEMARH, 2011).

O bairro Jabotiana tem uma população de 17.157 habitantes (IBGE 2010), sendo um dos 41 bairros da capital Aracaju. Está localizado na zona oeste, tendo como seus limites territoriais ao norte os bairros: Capucho e América; ao sul: São Conrado e Santa Maria; a leste: Ponto Novo e Inácio Barbosa e a oeste, o município de São Cristóvão. Concentra conjuntos habitacionais e empreendimentos comerciais, sendo área considerada de expansão imobiliária em direção aos povoados Aloque, Várzea Grande e Barreiro em São Cristóvão/SE. Na Figura 18 a seguir são apresentados a delimitação do Bairro Jabotiana e o uso do solo de sua área.

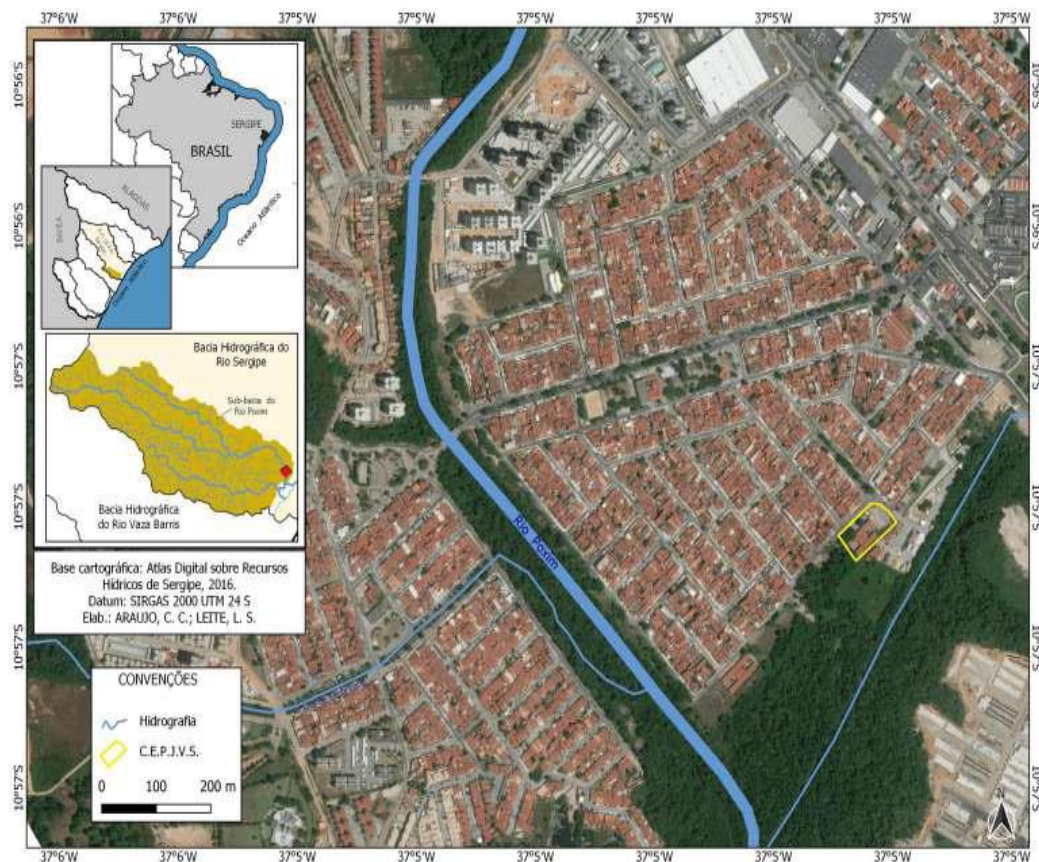
Figura 18: Localização do Bairro Jabotiana com seus limites e mapa de uso solo.



Fonte: PMA (2013).

O Rio Poxim, que atravessa o Bairro Jabotiana e está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, corresponde a um afluente de sua margem direita, localizado à porção leste do Estado de Sergipe, como mostra a Figura 19 abaixo.

Figura 19: Passagem do Rio Poxim pelo Bairro Jabotiana.



Fonte: Banco De Dados Geoespaciais-SRH (2014).

O Bbairro Jabotiana tem em seus aspectos geomorfológicos área de várzea, mangues, morros e rio, neste caso o Rio Poxim, o qual atravessa sua extensão com nascente fora dos limites do Município de Aracaju. Conforme Wanderley e Mendonça Filho (2013 apud WANDERLEY, 2013) “o uso dos recursos naturais e o crescimento da malha urbana na bacia aracajuana do Poxim, tanto de oeste para leste quanto de leste para oeste, produziram notáveis alterações sobre a superfície e sobre as áreas de preservação permanente, em quase todos os bairros, especialmente nos bairros Jardins e Jabotiana”.

Destaca-se que o bairro possui muitos empreendimentos próximos às margens do Rio Poxim, e que esta dinâmica de ocupação urbana trouxe, em concordância com Wanderley (2013):

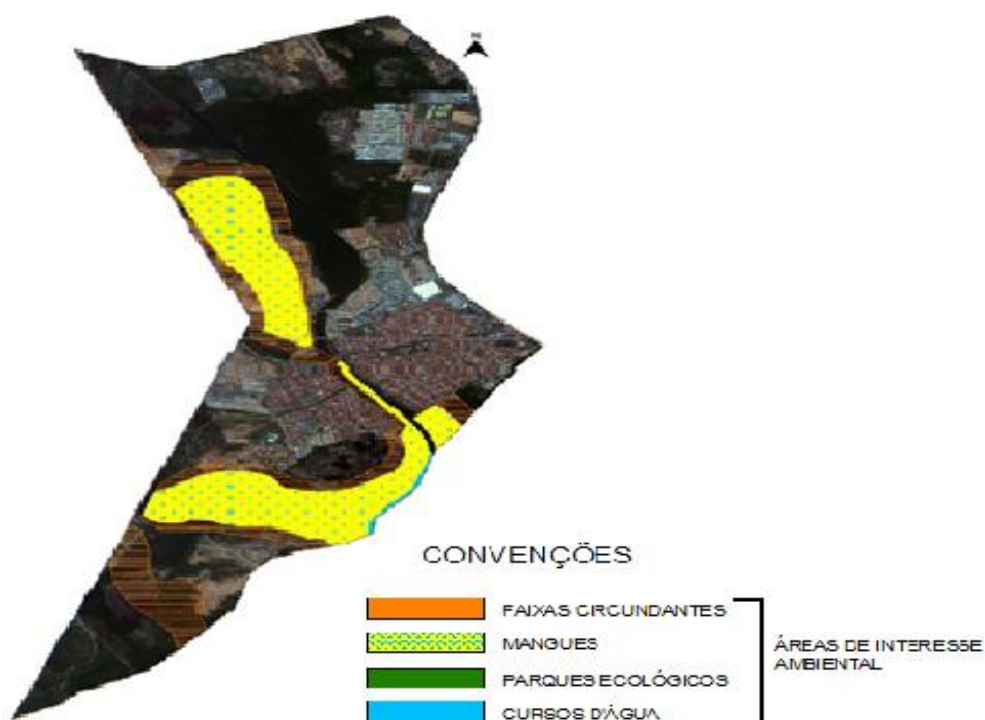
[...] retração dos ecossistemas de mangues, dunas e restingas pela ação de aterros, desmatamentos e desmontes, e o avanço dos manguezais, possivelmente, causado pela fertilização por despejo de esgotos domésticos.

[...] o desmonte dos morros do Grupo Barreiras, os efeitos da lavra mineral dos terraços marinhos arenosos que chegaram a substituí-los por grandes charcos, o redirecionamento caótico da rede natural de drenagem e a supressão da vegetação natural juntaram-se no bojo da urbanização, que alcançou o estoque de terras ainda disponível.

Estudos realizados por Wanderley; Mendonça Filho; Maia Magalhães (2011) e por Rocha (2011), constataam que o intenso assoreamento, com redução da calha, inviabiliza o recebimento de águas residuárias de novas ocupações, uma vez que possui elevados índices de poluição por esgotos domésticos. A consequência desta acentuada ocupação resulta em impactos ao meio ambiente, com desmatamentos, aterros em áreas de preservação e enchentes no período de chuvas (maio a agosto).

Evidencia-se que o Mapa de Área Especial de Interesse Ambiental (Figura 20), o qual delimita mangues, faixas circundantes, parques ecológicos e cursos d'água, apesar de seguir as legislações vigentes, é um mapa para parâmetros, ou seja, por não ser uma lei, não existe a obrigatoriedade na imposição de limites para as ocupações, ficando a cargo dos gestores apenas a indicação e sugestão quanto ao uso do solo.

Figura 20: Mapa de Área Especial de Interesse Ambiental - Parcelamento, uso e ocupação do solo no Bairro Jabotiana.

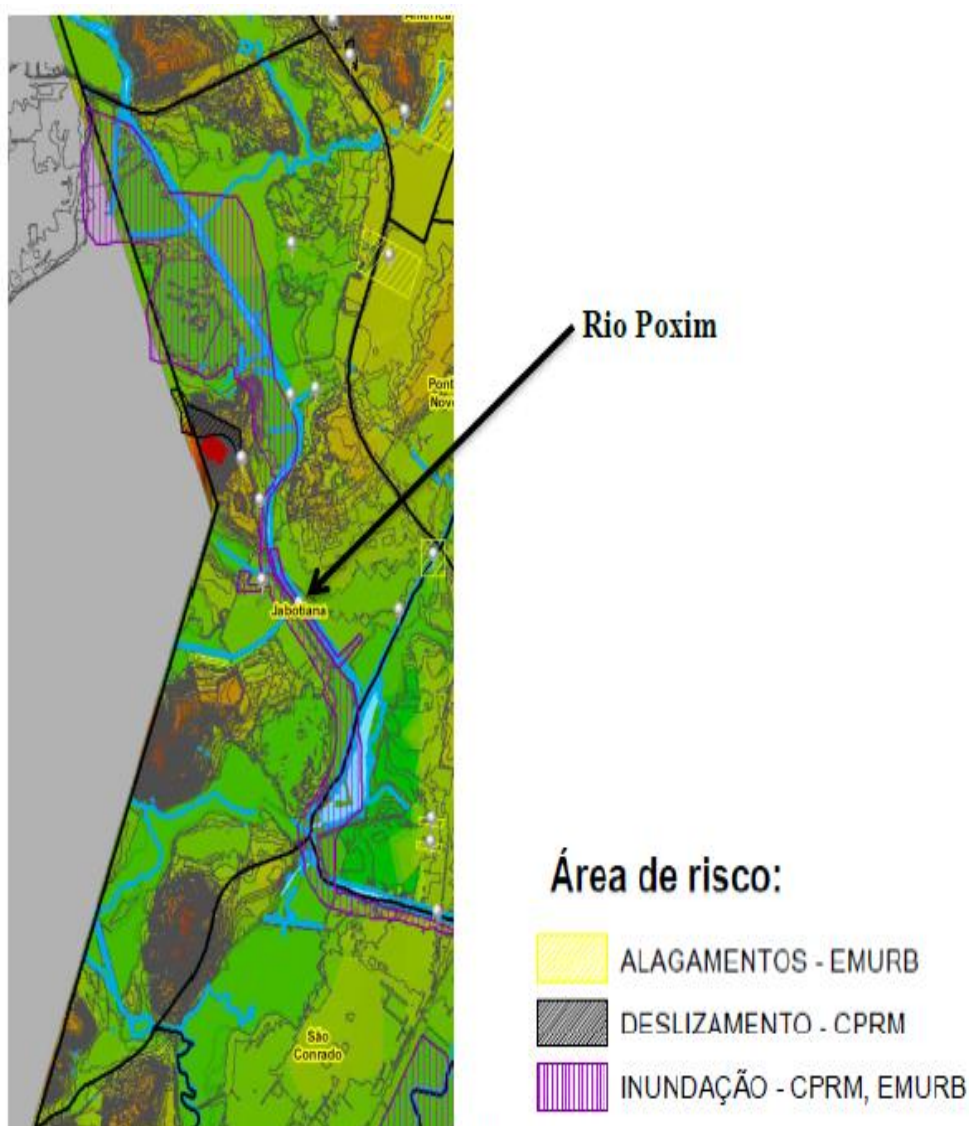


Fonte: Autor, adaptação de EMURB (2020).

4.1.2.1 ÁREAS INUNDÁVEIS

As áreas inundáveis demarcadas no mapa com coloração roxa, são comuns em todo curso d'água (são áreas vazantes) que servem para amenizar os períodos das cheias, porém quando há proximidade e instalações de ocupações irregulares, (como ocorre no bairro em estudo) o rio perde seu caráter paisagístico e as matas ciliares perdem sua função ambiental de manutenção da qualidade da água, estabilidade dos solos, regularização dos ciclos hidrológicos e conservação da biodiversidade. Provocando desequilíbrios e riscos ambientais como as frequentes inundações conforme mostra a Figura 21 abaixo:

Figura 21: Alagamentos no Bairro Jabotiana.



Fonte: Google Earth (2019).

4.2 ETAPAS DO TRABALHO

A ideia inicial desta pesquisa nasceu das perguntas que surgiam em situações encontradas no dia a dia, como morador e conhecedor dos problemas recorrentes com o sistema de drenagem do Bairro Jabotiana, relativas ao acelerado assoreamento do Rio Poxim nesta área. As dúvidas eram constantes, o que levou o pesquisador a iniciar uma investigação sobre o assunto, que culminou com este trabalho. Os dados que alicerçam esta pesquisa foram obtidos através de entrevistas informais com técnicos de diferentes áreas, que atuam na área de conhecimento deste trabalho científico, referências bibliográficas, mapas, relatórios estatísticos e levantamentos de campo no Bairro Jabotiana.

Para atingir os objetivos propostos, o trabalho foi desenvolvido a partir de uma abordagem “quali-quantitativa” dos fatos, tendo por base uma pesquisa de caráter exploratório e descritivo. Os procedimentos metodológicos aplicados foram divididos em 4 etapas:

- Levantamento de dados secundários sobre a área de estudo;
- Pesquisa acadêmica e aplicação de questionários;
- Interpretação de imagens comprobatórias do avanço da ação antrópica sobre o meio ambiente na área de estudo;
- Confronto da aplicabilidade da legislação ambiental vigente com real situação ambiental da área;
- Sugestão de soluções e a opção mais propícia para resolver o problema;

4.2.1 LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS SOBRE A ÁREA DE ESTUDO

Para o levantamento de dados quanto ao tema abordado, foi necessário recorrer à coleta de materiais (bibliográficos, cartográficos e imagens) em fontes diversas, disponibilizadas por órgãos competentes e através de literatura já publicada em forma de livros, artigos de periódicos, impressos e digitais. O objetivo foi começar a construir uma revisão teórico-metodológica sobre a área objeto deste estudo, para caracterizá-la de uma forma detalhada, com fins ao entendimento das causas dos principais impactos recorrentes no local.

4.2.2 PESQUISA ACADÊMICAS E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS

Após a definição dos objetivos foi realizada uma pesquisa sobre as causas e as consequências do assoreamento no bairro. Esta pesquisa foi feita por meio de consultas a trabalhos acadêmicos relacionados a área do bairro Jabotiana. Posteriormente, após surgir algumas dúvidas relacionadas a pesquisa, foi criado um questionário com 13 perguntas, relacionadas a toda a problemática que abrange o assoreamento do Rio Poxim em sua passagem pelo Bairro Jabotiana. Por fim, os questionários foram aplicados a alguns funcionários da EMURB conhecedores do problema, dentre eles o Engenheiro Adroaldo Celso de Oliva Campos (In Memoriam) e o Engenheiro do Departamento de Projetos Valdson da Silva Melo. É importante frisar, que o objetivo do questionário não foi fazer levantamentos de dados relacionados ao bairro e sim deixar o pesquisador familiarizado com os problemas de drenagem no Bairro Jabotiana e assim poder melhor direcionar a pesquisa.

4.2.3 INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS COMPROBATÓRIAS DO AVANÇO DA AÇÃO ANTRÓPICA SOBRE O MEIO AMBIENTE NA ÁREA DE ESTUDO

A aquisição das imagens comprobatórias do avanço da urbanização foi realizada através da ferramenta de série histórica do programa Google Earth Pro. O objetivo foi observar as mudanças ocorridas no uso da terra entre os anos de 2003 e 2020. Inicialmente foi necessário localizar a área de estudo. Foi observado o crescimento das áreas urbanas atrelado à redução de algumas áreas verdes durante os anos selecionados, então inseriu-se um polígono a fim de destacar tais áreas que funcionou como comprovação do crescimento urbano e serviu de base para maiores interpretações das alterações ocorridas e levantamento de alguns impactos decorrentes das mesmas.

4.2.4 CONFRONTO DA APLICABILIDADE DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE COM REAL SITUAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA

Este diagnóstico ambiental deve apresentar uma descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, de forma a caracterizar a situação ambiental

da área objeto deste estudo. E assim, fazer um confronto entre a legislação ambiental vigente e os problemas ambientais que não respeitam as leis existentes segundo o CONAMA e Código Florestal. Será que todas as áreas estão sendo ocupadas corretamente? Há avanço da urbanização sobre o meio ambiente da região? Porque essa área foi habitada dessa forma, sem seguir a legislação corretamente?

Pode-se dizer que sua finalidade é retratar a qualidade ambiental, de modo a permitir o entendimento da dinâmica e das interações existentes entre os aspectos dos meios biológico e socioeconômico da área diretamente afetada. Sendo assim, o presente diagnóstico contempla os principais aspectos passíveis de sofrerem alterações significativas por conta do crescimento urbano no bairro Jabotiana, a exemplificar:

- Meio Biótico: Vegetação e fauna.
- Meio Antrópico: Dinâmica populacional, infraestrutura e uso e ocupação do solo.

Para o desenvolvimento desta etapa foi necessário recorrer a visitas em campo para um melhor reconhecimento da área analisada, bem como melhor percepção dos principais impactos ambientais que assolam o bairro, os quais puderam ser comprovados através de registros fotográficos.

4.2.5 APRESENTAÇÃO DE SOLUÇÕES E A SUGESTÃO MAIS PROPÍCIA PARA RESOLVER O PROBLEMA

Por fim, foi feita uma pesquisa acadêmica sobre as soluções aplicadas em outros locais do país para problemas semelhantes ao que o Bairro Jabotiana vem vivenciando; ademais, a sugestão de solução mais propícia escolhida para resolver o problema do assoreamento do canal foi pensada/discutida através de reuniões realizada pelos dirigentes da EMURB e especialistas do assunto.

5 RESULTADOS

5.1 CAUSA DO ASSOREAMENTO

Diante da metodologia proposta foram abordados levantamentos que auxiliaram na análise dos principais fatores causadores do assoreamento do Rio Poxim, principalmente no que se refere ao Bairro Jabotiana. Ademais foi observado como esse problema pode vir a interferir seriamente no sistema de drenagem da região. Assim, a determinação da Potencialidade ao Assoreamento da Bacia do Rio Poxim foi realizada a partir de estudos prévios dos seguintes fatores abaixo:

5.1.1 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E URBANIZAÇÃO

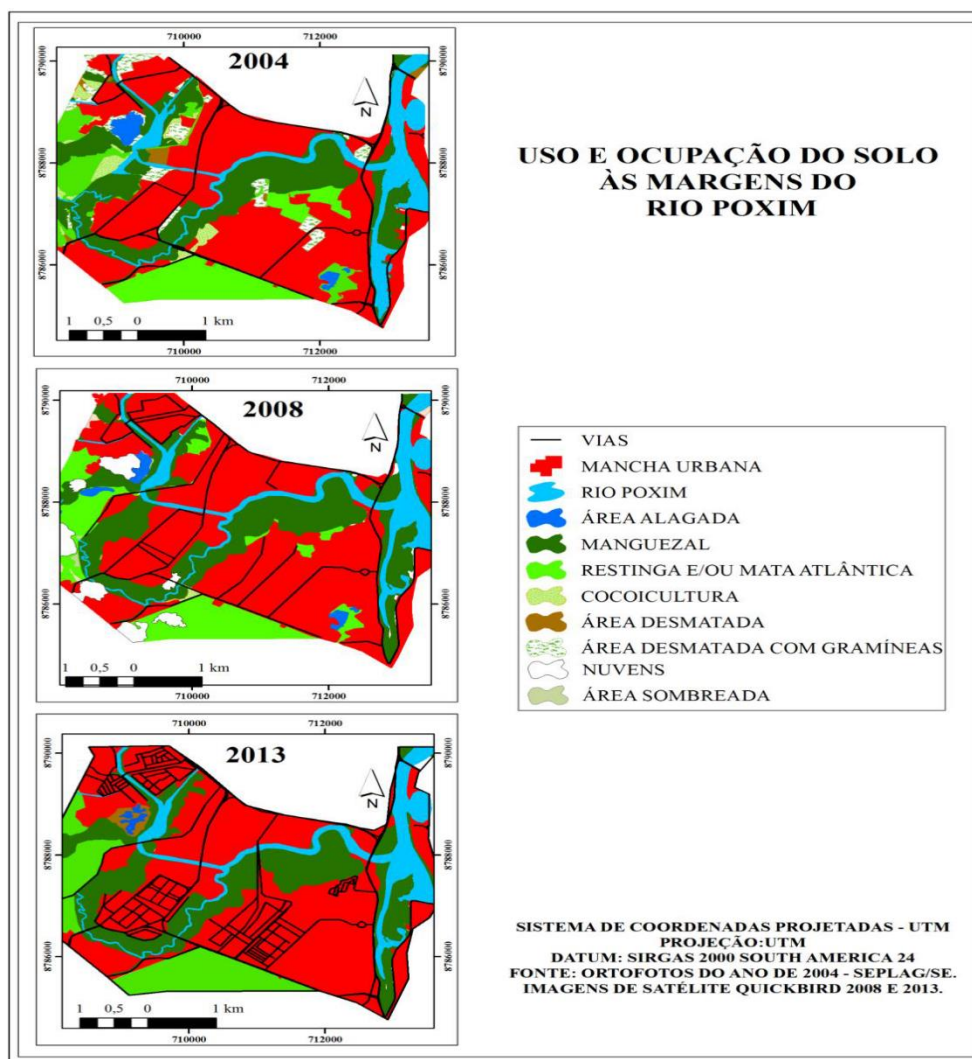
O Bairro Jabotiana está situado sob fortes tensores antrópicos, já que se trata de uma área com grande adensamento populacional, conforme pode ser verificado na Tabela 4, fato também revelado pela análise multitemporal, dos anos de 2004, 2008 e 2013 (Figura 22). Neste trecho do Bairro, o Rio Poxim por conta da ocupação desordenada resultante da implantação de empreendimentos não licenciados apresenta um devastado atributo ambiental (mangues), que desprotege as margens do rio, comprometendo seriamente a qualidade ambiental e social do local.

Tabela 4: População por bairros na área de estudo. (*) valores não divulgados.

Bairros	Censo 2000 (mil hab.)	Censo 2010 (mil hab.)
Aeroporto	5,969	10,571
Farolândia	27,211	38,257
São Conrado	24,897	30,675
Jabotiana	9,713	17,157
Ínacio Barbosa	7,718	13,887
Santa Maria	-*	33,475
Capucho	868	956
Ponto Novo	19,688	22,762
Jardins	-*	7,126

Fonte: IBGE – Censo 2000 e 2010.

Figura 22: Mapeamento multitemporal do uso e ocupação do solo às margens do Rio Poxim em Aracaju.



Fonte: SANTOS; MELO E SOUZA (2015).

A partir da integração dos dados colhidos foi verificado que, o aumento populacional apresentado (Tabela 4) refletiu na substituição da vegetação de Restinga e/ou Mata Atlântica nas áreas adjacentes ao rio Poxim (Figura 22 – 2004 e 2008). Posteriormente ocorreu a substituição dessas áreas de cultivos por núcleos residenciais e áreas de especulação imobiliária (Figura 22 – 2008 e 2013).

Através da comparação das imagens de satélite a seguir (Figura 23) é possível notar sob uma perspectiva mais ampla, as interferências antrópicas sobre o meio natural em algumas áreas do bairro Jabotiana.

Figura 23: Ilustração da ocupação desordenada do bairro.



Fonte: FILHO (2014).

5.1.2 COBERTURA VEGETAL DO SOLO DA BACIA

Os desmatamentos e aterros ocorrem principalmente devido as ocupações irregulares, com o objetivo principal de estabelecer moradias permanentes, implantadas de forma irregular e altamente impactante, sem licenciamento e sem os devidos cuidados ambientais para a preservação do ecossistema no qual se instalam. A Figura 24 a seguir demonstra a degradação de parte da vegetação do Bairro Jabotiana.

Figura 24: Expansão imobiliária sobre área de manguezal no entorno do Rio Poxim.



Fonte: www.recursonaturais-se.blogspot.com.br (2017).

Essa é uma consequência da construção de edifícios e avenidas implantadas em áreas de várzea ou margens dos rios, sendo um problema recorrente ao Rio Poxim em sua passagem pelo Bairro Jabotiana, como mostra a Figura 25 abaixo.

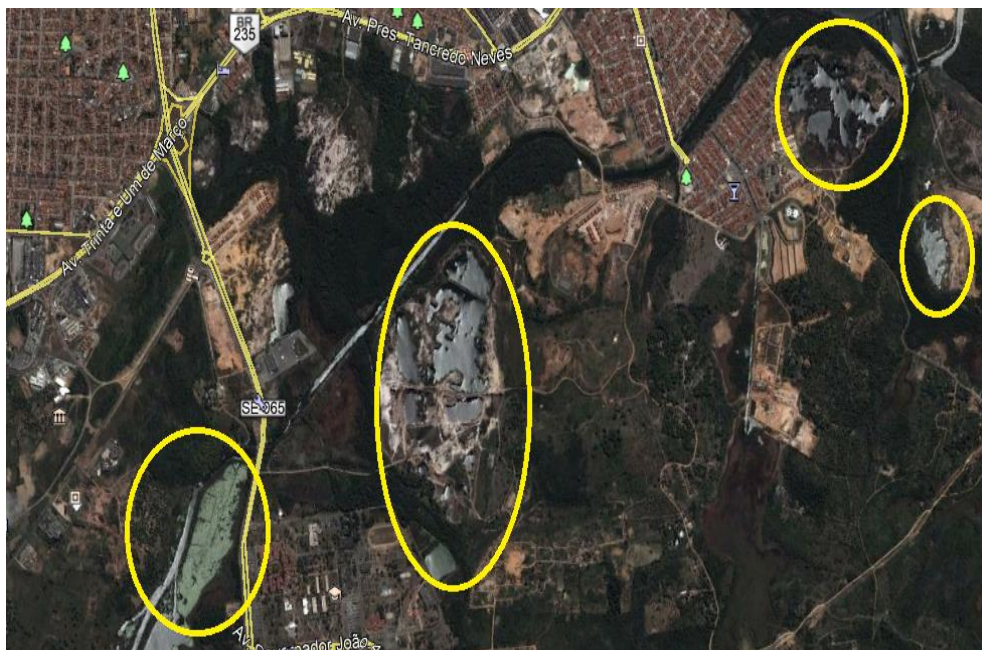
Figura 25: Proximidade de empreendimentos as áreas de várzeas de Rio Poxim, Jabotiana.



Fonte: www.recursonaturais-se.blogspot.com.br (2017).

Espacialmente, a imagem de satélite (Figura 26 e Figura 27), obtida através do Programa *Google Earth*, demonstra o avanço da urbanização, a destruição de recursos hídricos e vegetação entre os anos de 2003 e 2017 do Bairro Jabotiana.

Figura 26: Ilustração do Rio Poxim e suas lagoas em 2003.



Fonte: Base Cartográfica Google Earth, modificada pelo autor (2019).

Figura 27: Ilustração do Rio Poxim e suas lagoas em 2017.



Fonte: Base Cartográfica Google Earth, modificada pelo autor (2019).

5.1.3 MATERIAL DE ATERRO EM ÉPOCAS DE CHUVAS

A displicência com material de aterro das obras do bairro, leva com que o mesmo em épocas de chuva seja carregado pela água e tenha como destino final o

Canal do Rio Poxim. As Figuras 28, 29 e 30, apresentam o quão a Rua Luiz Antonio Silveira Teixeira e seus entornos são afetados por uma jazida de aterro existente lá, impactando tanto o sistema de drenagem da rua, como toda a área de vegetação existente ao redor.

Figura 28: Jazida de aterro sem controle do material.



Fonte: Autor (2020).

Figura 29: Obstruindo da vala de passagem de água para terrenos de detenção.



Fonte: Autor (2020).

Figura 30: Material de aterro que foi carregado pela chuva da jazida de aterro para o terreno da vegetação nativa próximo.



Fonte: Autor (2020).

5.2 CONSEQUÊNCIAS DO ASSOREAMENTO

5.2.1 AFOGAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE LANÇAMENTO DAS ÁGUAS EM CANAIS E RIOS

Outro fator a ser considerado na localidade é a ineficiência do sistema de drenagem observado através de galerias “afogadas” devido a quantidade de material assoreado (Figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36 e 37), que favorece a ocorrência de alagamentos em várias localidades do bairro, já que a água não consegue infiltrar, devido à impermeabilização do solo urbano. Vale lembrar que as imagens abaixo foram tiradas em setembro de 2020, ou seja, em época que não há chuvas.

Figura 31: Galeria de rede de drenagem afogada devido a grande quantidade de material assoreado.



Fonte: Autor (2020).

Figura 32: Tubulação de drenagem pluvial com o nível alto de água do canal em época de estiagem.



Fonte: Autor (2020).

Figura 33: Tubulação de drenagem trabalhando ao nível do canal devido a grande quantidade de material assoreado do presente canal.



Fonte: Autor (2020).

A causa mais importante dos problemas do sistema de drenagem pluvial e consequência do assoreamento, responsáveis pelos diversos alagamentos, vistos nos últimos anos, é a pequena diferença entre os níveis das tubulações de lançamentos da água pluvial da microdrenagem para o Rio Poxim (macrodrenagem), devido ao mesmo estar em um estado avançado de assoreamento.

Figura 34: Enorme quantidade de sedimentos na passagem do Rio Poxim sobre a ponte do Santa Lúcia.



Fonte: Autor (2020).

Figura 35: Tubulação de desague das águas do bairro afogada devido a quantidade de material assoreado no Rio Poxim.



Fonte: Autor (2020).

Figura 36: Água pluvial despejada pelo sistema de macrodrenagem no leito do Rio Poxim.



Fonte: Portal Infonet (2017).

Figura 37: Tubulação de lançamento final de água de um prédio da Rua Jasiel de Brito Côrtes.



Fonte: Autor (2020).

5.2.2 ENCHENTES NO BAIRRO

A maior e mais alarmante consequência do assoreamento do Rio Poxim reflete em suas constantes enchentes nos períodos chuvosos, que afetam drasticamente a vida da população moradora em vários aspectos. As Figuras 38, 39, 40 e 41, retratam a realidade de alguns pontos do Bairro Jabotiana em épocas de chuva.

Figura 38: Rio Poxim transbordou e atingiu área residencial em Aracaju (julho,2019).



Fonte: HENRIQUE VIDAL (2019).

Figura 39: Rio Poxim transbordou e atingiu área residencial em Aracaju (julho,2015).



Fonte: Autor Desconhecido, (2015),

Figura 40: Rio Poxim transbordou e atingiu área residencial em Aracaju (julho,2019).



Fonte: Jornal Da Cidade (2019).

Figura 41: Alagamentos próximos a empreendimentos localizados na Rua Jasiel de Brito Côrtes.

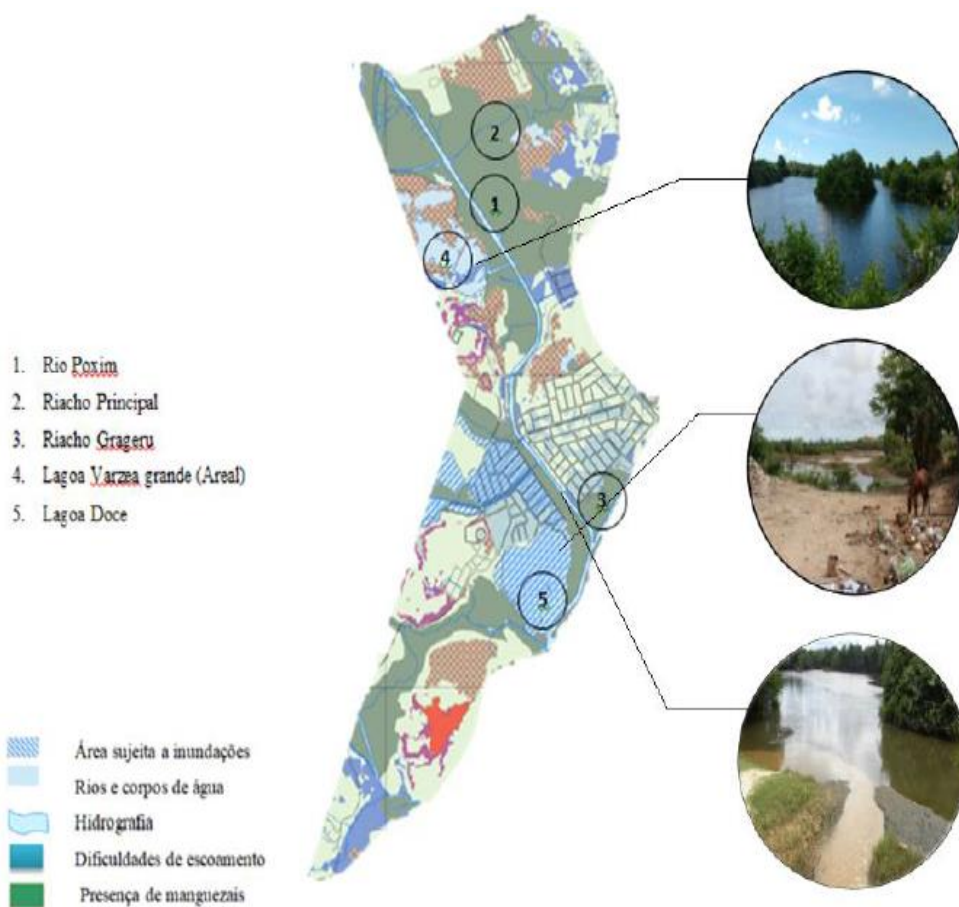


Fonte: www.recursonaturais-se.blogspot.com.br (2019).

5.3. CONFRONTAR A APLICABILIDADE DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL VIGENTE NA ÁREA DE ESTUDO

A extensão territorial que caracteriza o bairro Jabotiana traz consigo a presença marcante de elementos ambientais. A partir de imagens de satélite, é possível perceber a presença de corpos hídricos e maciços de vegetação em torno da região urbanizada (Figura 42). Sob esta ótica, a coexistência entre áreas verdes e áreas urbanas é palco de conflitos no bairro, uma vez que muitas das áreas verdes ainda não são protegidas por legislação e, ao mesmo tempo, têm grande importância ambiental para o bairro e para a cidade de Aracaju.

Figura 42: Mapa de corpos hídricos de destaque no bairro Jabotiana.



Fonte: PMA (2015).

Entre os corpos hídricos, o elemento ambiental de maior destaque no Bairro Jabotiana é o Rio Poxim – demarcado na Figura 42 acima com o número 1 - considerado “um dos principais cursos d’água da bacia hidrográfica do Rio Sergipe” (DALTRO FILHO, 2014) e que corta o território do bairro, percorrendo 3.325 metros dentro do bairro aracajuano. Segundo a legislação do Código Florestal, qualquer curso hídrico é considerado Área de Preservação Permanente (APP) e sua faixa circundante tem largura definida de acordo com a largura do seu leito. No caso do Rio Poxim, a largura varia entre 10 e 30 metros, (WANDERLEY, MENDOÇA FILHO E MAGALHÃES, 2011), o que faz com que o limite da APP seja de 50 metros. E da mesma forma, o Rio Pitanga, que atravessa um pequeno trecho ao sul do bairro Jabotiana tem sua área de preservação delimitada a 50 metros. As Figuras 43, 44 e 45 a seguir demonstram claramente que o Código Florestal não é obedecido em algumas situações do bairro.

Figura 43: Construções a menos de dois metros do Rio Poxim, na Ponte da “Estrada da Jabotiana”.



Fonte: Autor (2020).

Figura 44: Proximidade de empreendimentos as áreas de várzeas de Rio Poxim, Jabotiana, Rua Jasiel de Brito Côrtes.



Fonte: Autor (2020).

Figura 45: Proximidade de empreendimentos as áreas de várzeas de Rio Poxim, Jabotiana, Rua Jasiel de Brito Côrtes.



Fonte: Autor (2020).

Seus mangues são vegetações nativas (pertencente ao bioma da mata Atlântica) presentes nas margens do rio Poxim e estão sendo aterrados e destruídos para ocupação do solo com a expansão urbana do bairro ou obras de grandes empresas. Como apresentado na Figura 46 abaixo com a obra da Companhia de Saneamento de Sergipe (Deso). As atividades de aterro foram, inclusive, iniciadas sem a licença ambiental, resultando na geração de multa à Companhia.

Figura 46: Desmatamento e aterramento da vegetação da Lagoa Doce.



Fonte: Autor (2020).

As lagoas são corpos hídricos presentes no bairro Jabotiana, que, no decorrer dos anos, sofreram múltiplas interferências antrópicas. A exemplo da Lagoa Doce – apresentada na Figura 47 – a segunda maior lagoa do bairro teve parte aterrada para uma obra da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), afetando a capacidade hídrica de retenção da lagoa, assim como, sua fauna e flora, como mostra a Figura 48 a seguir.

Figura 47: Aterramento hídrico da Lagoa Doce.



Fonte: Autor (2020).

Figura 48: Imagens comparativas dos anos 2020 e 2019 da ação antrópica na Lagoa Doce.



Fonte: Autor (2020).

5.4 POSSÍVEIS MEDIDAS DE CONTROLE QUE PODEM SER APLICADAS E A MELHOR SOLUÇÃO PARA O BAIRRO JABOTIANA

Devido as características do Bairro Jabotiana vistas durante as visitas em campo e levando em consideração também a eficiência das medidas apresentadas para casos de controle de cheias e eficiência de remoção de sedimentos suspensos as melhores soluções são:

a) Microrreservatórios.

Devido as vias do Bairro Jabotiana serem em sua maioria impermeáveis e ao afogamento das tubulações de lançamento final das águas, estas estruturas, que compreendem pequenos reservatórios cuja função principal é o armazenamento de volumes de chuva, contribuindo para o amortecimento do pico de cheia, estadeve ser empregada estrategicamente ao longo do sistema viário do Bairro Jabotiana.

Figura 49: Microrreservatório.



Fonte: Associação Brasileira De Cimento Portland (2013).

b) Bacias de Detenção e Retenção.

Devido a enorme quantidade de canteiros centrais, praças e quadras de esporte existentes no bairro, essa alternativa poderia minimizar bastante a carga de água que chega até o Rio Poxim. Contudo, para a utilização dessa opção é necessário fazer um estudo de altura do lençol freático nos lugares de implantação do bairro.

Figura 50: Bacia de retenção integrada à paisagem urbana.



Fonte: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br> (2017).

c) Trincheiras de Infiltração e Detenção.

São estruturas que apresentam enorme versatilidade, podendo ser implantadas em canteiros centrais e passeios, ao longo do sistema viário, ou ainda junto a estacionamentos, jardins, terrenos esportivos e áreas verdes em geral. Permitem que o escoamento recupere as suas condições de infiltração.

Figura 51: Trincheira de infiltração em área residencial.



Fonte: NUNES (2017).

d) Pavimentos Permeáveis.

Devido a limitação quanto a carga que pode suportar esse tipo de estrutura ela não é recomendada para as vias do bairro, mas pode sim ser usada por construções residenciais e multifamiliares do bairro. É também utilizado em passeios, permitindo maior infiltração da precipitação.

Figura 52: Pavimento permeável em estacionamento.



Fonte: <http://www.araguaiapedras.com.br> (2017).

e) Dragagem.

Assim como ocorreu no Rio Tietê apresentado na revisão do presente trabalho, a alternativa mais corretiva a ser implantada para o problema do assoreamento do Rio Poxim em sua passagem no Jabotiana é a dragagem. Isso se justifica pela grande quantidade de sedimentos depositados no rio ao longo dos anos e que foi observado nas fotografias do presente trabalho durante as visitas “in loco”. Somente essa alternativa irá desafogar a rede de drenagem e permitir que normalize o fluxo das águas.

Figura 53: Dragagem do Rio Tietê.



Fonte: Portal Do Governo do Estado de São Paulo (2019).

Independente da finalidade da dragagem, ela será executada com os diferentes tipos de dragas, que deverão ser escolhidas conforme as características físicas, químicas e biológicas do sedimento, o local a receber a dragagem. Portanto, antes de tudo a área do Bairro Jabotiana tem que passar por estudos prévios para determinar qual tipo de draga e dragagem que melhor se enquadra às características dos trechos do rio onde será feito o trabalho.

6 CONCLUSÃO

As atuais políticas públicas voltadas à drenagem de águas pluviais em áreas urbanas não conseguem acompanhar o crescimento demográfico da população brasileira, resultando em impactos que são transferidos de montante para jusante sem nenhum controle de suas fontes. A presente pesquisa, portanto, teve por finalidade analisar o problema do assoreamento no Bairro Jabotiana e como ele interfere no sistema de drenagem do bairro, para em seguida apresentar medidas de solução de drenagem urbana.

Como causas do assoreamento destacam-se as principais - o uso e ocupação da terra e urbanização; a degradação da cobertura vegetal do solo da bacia; e a displicência com material de aterro em épocas de chuvas. Estas trazem como consequência o afogamento das tubulações de lançamento das águas no canal ou rio (daquelas que estão com sua funcionalidade bastante comprometidas já em períodos que não há chuvas) e principalmente as enchentes de boa parte da área de estudo mostradas sempre pela mídia local em épocas de chuvas, que provoca transtorno contundente aos moradores locais.

Outra questão levantada foi o confronto da aplicabilidade da legislação ambiental vigente na área de estudo, onde foi percebido a parcialidade das leis do Código Florestal e da Resolução CONAMA em algumas áreas consideradas Áreas de Interesse Ambiental ou Áreas de Preservação Permanente, segundo o Plano Diretor de Aracaju. Apesar da importância das APP's, AIA's e manejo de águas pluviais no contexto atual dos desafios impostos pela crescente urbanização do Bairro Jabotiana, percebe-se, pela análise feita, que o assunto continua tendo uma abordagem alarmantemente superficial perante os governantes de Aracaju.

Para finalizar, foram apresentadas as possíveis soluções que podem ser aplicadas. Como a construção de microrreservatórios, bacias de retenção e retenção, trincheiras de infiltração e retenção, pavimentos permeáveis e a principal que é dragagem do Rio Poxim em sua passagem pelo Bairro Jabotiana. Soluções estas que serão apenas paliativas caso não haja iniciativa por parte dos governantes em acompanhar todo o processo de crescimento do bairro e garantir a aplicabilidade rígida das leis ambientais vigentes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABRELPE, **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2011.

ABREU, M.A. **Evolução Urbana do Rio de Janeiro**, IPLANRIO, Rio de Janeiro, 1987.

ALFREDINI, P. **Obras e Gestão de Portos e Costas**. Ed. Edgard Blücher. SP, 2005.

BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana**, 2005.

BASSI, L. **Estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Lageado São José, Chapecó, SC**. 1990. 135 p. Dissertação (mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1990.

BATISTA, L.S. **Ocupação Atual Da Terra Na Bacia Hidrográfica Do Rio Poxim No Estado De Sergipe Usando Imagens Do Google Earth**. 2019. Dissertação (Mestrando em recursos hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

BEICHLER, S.; HAASE, D.; HEILAND, S.; KABISCH, N.; MÜLLER, F. **Does the Ecosystem Service Concept Reach its Limits in Urban Environments? Landscape Online**, v. 51, p. 1 - 21, 2017.

BELTRAME. A. V. **Uma aplicação do sensoriamento remoto no planejamento físico de bacias**. Agropecuária catarinense. Florianópolis, 1991.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. São Paulo: Ícone, 1999.

BICALHO, C. C.. **Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos

Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 123p, 2006.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 28/04/15

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>, 2015.

BROWNER. C. M. **Watershed approach framework**. United States: U.S. Environmental Protection Agency (EPA 12p), 1996.

BURCH, G. J. et al. **Comparative Hidrological behaviour of forested and cleared catchments in southern Australia**. In: *Jornal of hidrology*. 1987.

CADORIN, D. A.; MELLO, N. A. **Efeitos da impermeabilização dos solos sobre a arborização no município de Pato Branco – PR**. *Synergismus scyentifica*, v. 6, nº 1, 2011.

CAMPAGNOLI, F. **A aplicação do assoreamento na definição de geoindicadores ambientais em áreas urbanas: exemplo na bacia do Alto Tietê, SP**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 195 p, 2002.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 302 p, 2005.

CARDOSO, J.; AQUINO, C. M. S. **Mapeamento atual do uso e cobertura das terras da sub-bacia do Riacho do Roncador em Timon (MA) utilizando imagens do Google Earth**. *OKARA: Geografia em debate*, 8, (2), pp. 328-343, 2014.

Carvalho, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro - RJ: Interciência, 2008.

COSTA, C. C.; GOMES, L. J.; ALMEIDA, J. A. P. de; ROCHA, S. L.. **Ações impactantes nas matas ciliares da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE**. In: *Anais do IV Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe*, Aracaju-SE, 4 p, 2011.

DALTRO FILHO, José. **Aspectos Gerais sobre a qualidade ambiental e sanitária**
DAVIDE, A. C.; REBOUÇAS, A. C. **Águas doces no Brasil- capital Ecológico, uso e conservação**, Ed. Escrituras, 2000.

de um rio urbano: o caso do trecho urbano do Rio Poxim, situado no bairro Jabotiana, Aracaju-SE. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. V. Belo Horizonte, 2014.

ECLAC. ***Sustainable Development: Changing Production Patterns, Social Equity and the Environment***. Santiago, ECLAC, 1991.

EMMERICH, W. & Marcondes, M.A.P. **Algumas características do manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1975.

Encontro de Recursos Hídricos de Sergipe. IV. Aracaju. 2011.

Environmental Protection Agency. Why watersheds. Washington: EPA, 1996.

FASTINO, A. B.; RAMOS, F. F.; SILVA, S. M. P. **Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Doce (RN) com base em sensoriamento remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais**". *Sociedade e Território*, Natal, 26, (2), pp. 18 – 30, 2014.

FERREIRA, A.; AGUIAR NETTO, A.O.; SANTOS, T.I.S.; SANTOS, B. L.; MATOS, E.L. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: da degradação à restauração. **Revista Árvore**, 35, (2), pp. 265-277, 2011.

GOES FILHO, H. A. **Dragagem e Gestão dos Sedimentos**. Tese M.Sc., COPPE, Rio de Janeiro, 2004.

GOVERNO FEDERAL. **Código Florestal**. Lei n.º 4.771 de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.hometechno.com.br/vidagua/leis/4771.htm> Acesso em: 02 de fevereiro de 2001.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

GUY, H. P. **Research needs regarding sediment and urbanization**. *Journal of the hydraulics division ASCE* V 93 No. HY 6 p. 247-254, 1967.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Comitê de Estatísticas Sociais. Censo Demográfico**, 2010.

INFANTI, J.N. & Fornasari, F.N. **Processos de dinâmica superficial**. In: Geologia de engenharia. São Paulo: ABGE, 1998.

JUSTINO, E. A.; PAULA, H. M.; PAIVA, E. C. R. **Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Urbelândia-MG**. Espaço em Revista, v. 3, nº 2, p. 16 - 38, 2011.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHUARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 12, 16 a 21 de abril 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2203-2210.

LEOPOLD, L. T. **Hydrology for urban planning - A guide book on the Hydrologic effects of urban land use**. USGS circ. 554 18 p, 1968.

MAEDA, E. E., **Influência das mudanças do uso e cobertura da terra no escoamento superficial e produção de sedimentos na Região da Bacia do Alto Rio Xingu**. São José dos Campos: INPE, 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 3ª ed. – Brasília. Fundação Nacional de Saúde, 1999.

MOUTINHO, V. M. **Avaliação e reabilitação de Microdrenagem**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ. 2011.

NAKAE, T.; Brighetti, G. **Dragagem a longa distância aplicada ao desassoreamento da calha do rio Tietê**. *Anais. X Simpósio brasileiro de recursos hídricos*. Gramado, 1993.

PORTO. R.P. **A conservação do solo em bacias hidrográficas**, lavoura arrozeira, Porto Alegre. V.7 n° 352, 1984.

PRADO, R. B; NOVO, E. M. L. M; PEREIRA, M. N. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, 1, (20), pp.127-135, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACAJU. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Aracaju**. Aracaju, 2000.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), Brasília (DF), 1997.

ROSOLEM, C. A.; VALE, L. S. R.; GRASSI FILHO, H.; MORAES, M. H. **Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, pp. 491-497, 1994.

SEMARH (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos). **Atlas de Recursos Hídricos SRH**, 2011.

SERGIPE – **Companhia de Saneamento de Sergipe**. Disponível em: <http://www.deso-se.com.br/v2/>. Acesso em: 23/04/2015.

SILVA, Z. F. B. **Cenária atual da secção urbana do Rio Poxim. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso**. (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2001.

SOUZA, G.S. de; LIMA, J.S. de S.; SILVA, S. de A.; OLIVEIRA, R.B. de. **Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, pp.589-596, 2008.

TUCCI, C. E. M.; Genz, F. **Controle do impacto da urbanização** In: Drenagem urbana. Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. ABRH 428 p,1995.

TUCCI, C.; COLLISCHONN, W. 1998. **Drenagem urbana e Controle de Erosão. VI Simpósio nacional de controle da erosão**. Presidente Prudente, São Paulo, 1998.

TUCCI, C.E.M, PORTO, R.L, BARROS, M.T,. **Drenagem Urbana**. ABRH, Porto Alegre, 1995.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, Porto Alegre: UFRGS/ABRH/EDUSP, 1993.

VILELA, S. M e MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

WANDERLEY, Lilian de Lins; MENDONÇA FILHO, Cláudio J. M; MAGALHÃES, Mário Jorge M. **Levantamento batimétrico e ambiental do Rio Poxim: uma contribuição ao solucionamento de problemas ambientais e de assoreamento**, (2017).

8. ANEXOS

Questionário aplicado aos engenheiros da EMURB:

1. Quais são os problemas existentes na macrodrenagem em geral no Bairro Jabotiana?
2. Quanto ao assoreamento do rio, existe um estudo para saber o que está causando esse problema no Rio Poxim?
3. O que pode ser feito? Vocês já tem alguma solução? É a dragagem a solução?
4. Na sua opinião, existe algumas outras soluções que podem ser dadas para esse problema?
5. Existe algum estudo com dados reais daquela área do Bairro Jabotiana para chegar a essa solução?
6. O que ocasionou esse assoreamento?
7. Existe o projeto da atual drenagem dali?
8. Existe o projeto da solução criada para o local?
9. Existe algum outro projeto para combater esse assoreamento?
10. Existem estudos nos trechos do rio para saber os lugares onde está em pior ou melhor situação?
11. Se a água fosse usada para um possível aproveitamento da população não diminuiria a demanda de água para o rio e assim combateria as enchentes?
12. Com a solução dada por vocês para o melhoramento você acha que resolverá o problema das enchentes ali?
13. Você acha que poderia ser melhorado alguma coisa nesse projeto de solução do problema?