



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
E MEIO AMBIENTE**



**RISCOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS EM ARACAJU**

**ALIZETE DOS SANTOS**

Cidade Universitária, Prof. José Aloísio de Campos  
São Cristovão – SE, fevereiro de 2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
E MEIO AMBIENTE**



## **RISCOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS EM ARACAJU**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Sergipe, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Mário de Araújo.

Cidade Universitária, Prof. José Aloísio de Campos  
São Cristovão – SE, fevereiro de 2012

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Santos, Alizete dos  
Riscos geomorfológicos e hidrológicos em Aracaju /  
S237r Alizete dos Santos ; orientador Hélio Mário de Araújo. – São  
Cristóvão, 2012.  
xii, 117 f. : il.  
Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2012.

1. Gestão ambiental – Aracaju (SE). 2. Avaliação de riscos  
ambientais. 3. Hidrogeologia – Aracaju (SE). I. Araújo, Hélio  
Mário, orient. II. Título.

CDU 502.13:556.3(813.7)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
E MEIO AMBIENTE**

## **RISCOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS EM ARACAJU**

Dissertação de mestrado submetida à apreciação da banca examinadora em fevereiro de 2012,  
constituída pelos doutores:

---

Prof. Dr. Hélio Mário Araújo  
UFS/PRODEMA/Orientador

---

Prof. Dr. José Wellington Carvalho Villar  
IFS/ Avaliador Externo

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Gicélia Mendes da Silva  
UFS/PRODEMA/Avaliadora Interna

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me concedido a graça de realizar mais uma meta na minha vida.

Agradeço, de forma especial, ao meu orientador Prof<sup>o</sup> Dr. Hélio Mário de Araújo por ter acreditado na possibilidade da realização desse trabalho, e se comprometer de forma ética e responsável na concretização da pesquisa com as suas valiosas e enriquecedoras orientações.

Aos meus pais Ariosvaldo e Maria José, aos meus irmãos Alexsandra, Alexandre e Adelmo, e os meus sobrinhos João Vitor, Vitória, Bianca e Allana por compreenderem a minha ausência durante esse período e pelos incentivos.

Agradeço aos professores que me apoiaram ao ingresso do mestrado e ao longo da pesquisa em especial Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cláudia, Prof<sup>o</sup> Dr. Paulo José e Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Genésio.

Aos professores Doutores Wellington Villar e Gicélia Mendes pelas valiosas contribuições nesse processo.

Aos meus amigos em especial Maria José, João Antônio, Thaynara, Cátia Matias, Junior, Neto, Lourdes, Anderson, Allan Kardec e Cristiane, pelas diversas contribuições na minha formação acadêmica e pessoal.

Aos professores do PRODEMA, em especial ao Prof<sup>o</sup> Antônio Vital pelo aprendizado e inquietações acadêmica.

Aos funcionários do PRODEMA e do Departamento de Geografia que tanto me receberam com atenção e carinho.

Aos meus colegas de mestrado pelas diversas reflexões filosóficas que alimentaram a inquietude na busca de se fazer ciência.

Aos colegas do laboratório dos Estudos Ambientais, Heleno, Nathaly e Max pelos aprendizados compartilhados.

Ao meu amigo Wesley pelo companheirismo e compartilhamento de saberes e angustias.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta, o meu muito obrigada!

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Localização da área de Estudo	03
Figura 02	Procedimentos técnicos e operacionais	07
Figura 03	Problemas ambientais urbanos e suas conectividades	18
Figura 04	Sistematização dos tipos de riscos segundo o processo causador	21
Figura 05	Relação entre níveis de ameaça de vulnerabilidade na determinação Da intensidade dos riscos	22
Figura 06	Classificação dos movimentos de massa	24
Figura 07	Histograma hipotético comparando a vazão do rio urbanizado e não Urbanizado	29
Figura 08	Inundação de áreas ribeirinhas	30
Figura 09	Ação a partir do diagnóstico de risco	34
Figura 10	Aracaju – precipitação pluviométrica mensal–1990, 1997, 2004 e 2010	37
Figura 11	Aracaju – síntese do balanço hídrico mensal, 2000	41
Figura 12	Aracaju – deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano	42
Figura 13	Aracaju -temperatura média mensal, 2008/2010	43
Figura 14	Dunas móveis presentes no litoral sul do município de Aracaju	46
Figura 15	Mangue na margem direita do rio do Sal bordejando o bairro Porto Dantas	47
Figura 16	Município de Aracaju – Geomorfologia	48
Figura 17	Ocupação urbana em ambiente de paleolagunas	50
Figura 18	Município de Aracaju - Declividade	51
Figura 19	Encosta artificial na Av. Desembargador Maynard , 2011	52
Figura 20	Dinâmica erosiva em vertentes dos tabuleiros costeiros no bairro Santa Maria	53
Figura 21	Desembocadura do Rio Sergipe	54
Figura 22	Vista aérea da Zona de Expansão de Aracaju Aracaju	55

Figura 23	Município de Aracaju - Hidrografia	57
Figura 24	Av. Canal 3 no bairro Farolândia	58
Figura 25	Canal retificado com evidência de assoreamento, bairro Porto Dantas	58
Figura 26	Canal na Av. Anísio de Azevedo, bairro Treze de Julho	58
Figura 27	Canal na Av. Gonçalo Prado, bairro São José, 2012.	58
Figura 28	Av. Canal 3, Conj. Augusto Franco, bairro Farolândia, 2012	58
Figura 29	Canal na Av. Pedro Paes Azevedo, bairro Salgado Filho, 2012	58
Figura 30	Ocupação precária em área de mangue no Conj. Bugio/Anchietão nas Margens do rio do Sal	64
Figura 31	Município de Aracaju – Uso e ocupação do solo	65
Figura 32	Aracaju -comparativo de danos causados pelos eventos das chuvas de 2009 e 2010	71
Figura 33	Aracaju – bairros com maiores danos causados pelas chuvas/2009	72
Figura 34	Transbordamento da lagoa em área de ocupação urbana bairro Porto Dantas, 2009.	75
Figura 35	Aterramento do mangue para ocupação humana no Conj. Bugio, 2010	75
Figura 36	Alagamento no bairro Salgado Filho, resultantes das chuvas do mês de maio de 2011	76
Figura 37	Transbordamento do Canal na Av. Airton Teles, 2011	77
Figura 38	Inundação da Av. Canal 5, bairro Farolândia, 2011	77
Figura 39	Ocupação irregular nas margens do rio Poxim (Inácio Barbosa)	78
Figura 40	Ocupação irregular na margem direita do rio poxim, nas proximidades do bairro São Conrado	78
Figura 41	Recorte aéreo dos bairros São Conrado (A) e Inácio Barbosa (B) em Aracaju	79
Figura 42	Perfil longitudinal de ocupação do rio poxim entre os bairros Inácio Barbosa e São Conrado	79
Figura 43	Ruas alagadas na Zona de Expansão, região sul do município de Aracaju por ocasião dos impactos pluviais intensos no mês de maio de 2009.	80

Figura 44	Fotografia aérea evidenciando a erosão acelerada em área de expansão urbana no bairro Santa Maria	86
Figura 45	Ocupação irregular no Morro do Avião (Bairro Santa Maria) em áreas de grandes focos erosivos	87
Figura 46	Ocupação irregular em níveis diferenciados da encosta sujeita à ocorrência de deslizamento de massa no bairro Porto Dantas	88
Figura 47	Deslizamento de terra no Alto da Jaqueira, Bairro Cidade Nova	90
Figura 48	Município de Aracaju – Vulnerabilidade aos Riscos geomorfológicos e hidrológicos	94
Figura 49	Sequência cíclica das fases de gerenciamento de desastres	97
Figura 50	Principais medidas estruturais e não estruturais de controle e intervenção de risco hidrológico/geomorfológico	99
Figura 51	Esquema do canal retificado	102
Figura 52	a) Esquema de Diques    b) Esquema de Polders	103
Figura 53	Blocos vazados, bairro Inácio Barbosa	103
Figura 54	Calçada de Blocos de Concreto na Av. Gonçalo Prado Rolemberg	104
Figura 55	Ilustrativo das camadas permeáveis	105
Figura 56	Presença da bacia de contenção na superfície tabular do Morro do Avião no Bairro Santa Maria.	106
Figura 57	Estrutura das Bocas de Lobos	107
Figura 58	Sentido das bocas de lobo	108
Figura 59	Esquema dos degraus de patamares dos taludes para controle erosivo	112
Figura 60	Tipos de muros para contenção da instabilidade das encostas	113
Figura 61	Perfil Longitudinal de uma voçoroca indicando as várias estruturas permanentes de controle	114

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b>	Aracaju – distribuição mensal e pluviosidade 1990/2010.	36
<b>Tabela 02</b>	Aracaju – Totais Pluviométricos diários de Aracaju 2009/2010	39
<b>Tabela 03</b>	Aracaju – umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos	44
<b>Tabela 04</b>	Avaliação de danos com as chuvas de 2009	73

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b>	Classe de declividade e a recomendação de uso	10
<b>Quadro 02</b>	Cores e classes no mapa de risco ambiental	10
<b>Quadro 03</b>	Atribuição de pesos de vulnerabilidade do solo de Aracaju	11
<b>Quadro 04</b>	Atribuição de pesos das áreas de declividades vulneráveis aos riscos.	11
<b>Quadro 05</b>	Atribuição de pesos ao uso e ocupação do solo	12
<b>Quadro 06</b>	Tipos de movimentos gravitacionais e suas respectivas características	26
<b>Quadro 07</b>	Aracaju – solos e seu potencial de vulnerabilidade aos processos morfogenéticos	62
<b>Quadro 08</b>	Impactos e riscos ambientais conforme o grau de urbanização	66
<b>Quadro 09</b>	Sinopse dos sistemas Geoambientais de Aracaju e seu nível de vulnerabilidade	69
<b>Quadro 10</b>	Distribuição e Tipologia dos riscos hidrológicos de Aracaju	82
<b>Quadro 11</b>	Distribuição e Tipologia dos riscos geomorfológicos de Aracaju	91

## RESUMO

O processo de urbanização brasileira se caracteriza pela sua forma rápida e desordenada impulsionando a ocupação de moradias em ambientes físicos caracterizados como frágeis ao uso e ocupação. Essa dinâmica coloca a população, principalmente de poder aquisitivo baixo, em situação de riscos ambientais sejam eles hidrológicos e/ou geomorfológicos. O risco se constitui na probabilidade de perda e/ou danos do ponto de vista socioambiental a qual a população esteja exposta. Nesse contexto, o presente estudo buscou analisar os riscos ambientais físicos geomorfológicos e hidrológicos na malha urbana consolidada e zona de expansão de Aracaju, visando à prevenção de ocorrência de acidentes. Para o alcance desse e outros objetivos propostos fez-se o uso de procedimentos distintos, priorizando inicialmente o levantamento bibliográfico e cartográfico para sistematização do conhecimento produzido sobre o assunto em diversas fontes e instituições públicas, além do trabalho de campo para evidenciar e registrar os riscos geomorfológicos e hidrológicos. A metodologia utilizada permitiu o cruzamento das variáveis ambientais consideradas básicas para identificação do nível de vulnerabilidade em Aracaju. A análise investigativa evidencia que nos lugares de ocorrência dos eventos/acidentes predominam o padrão urbano periférico, exceto na área de expansão do município. As enchentes e os alagamentos são frequentes em diversas localidades principalmente na área de expansão e na área mais consolidada, bem como nas proximidades dos canais de drenagem, sejam eles naturais ou retificados. Já as áreas com maiores evidências de riscos geomorfológicos (erosão e movimentos de massas) estão atreladas a precarização ou inexistência de infraestrutura básica, presentes principalmente nos bairros Santa Maria, Jabotiana, América, Cidade Nova, Porto Dantas/Coqueiral e Soledade. A ausência de estudos detalhados e de um plano de gestão dos riscos ambientais dificulta na tomada de decisão coerente para a garantia do combate e/ou mitigação dos riscos ambientais em Aracaju. Sendo assim, é necessário que o Poder Público estabeleça ações preventivas afim de evitar o crescimento desordenado do município, a partir da realização das obras de saneamento básico, que garantam segurança a população residente, além da elaboração e execução de medidas estruturais (técnicas de controle) e não estruturais (planos de prevenção e alerta, zoneamento do risco, seguro enchentes) para combate ao risco.

**Palavras – chave:** Riscos Geomorfológicos, Riscos Hidrológicos, Gestão do Risco Ambiental.

## ABSTRACT

The urbanization process in Brazil is characterized by its fast and disorderly driving the occupation of houses in fragile physical environments characterized as the use and occupation. This dynamic puts the population, especially low purchasing power in a situation of environmental risks they are hydrological and / or geomorphological features. The risk is that the probability of loss and / or damage to the social and environmental point of view which the population is exposed. In this context, the present study was to examine the environmental risks physical geomorphological and hydrological and consolidated in the urban expansion area of Aracaju in the prevention of accidents. To achieve this and other proposed objectives was made using different procedures, focusing initially the literature survey and mapping for the systematization of the knowledge produced on the subject in various sources and public institutions, in addition to field work to show and record the risks geomorphological and hydrological. The methodology used allowed the crossing of the environmental variables considered basic to identify the level of vulnerability in Aracaju. The investigative analysis shows that in the places of occurrence of the events / accidents dominate the standard urban periphery, except in the expansion area of the municipality. Floods and flooding are common in many locations mainly in expansion and in the more consolidated, as well as near the drainage channels, whether natural or rectified. The areas with the greatest evidence of geomorphological hazards (erosion and mass movements) are tied to insecurity or lack of basic infrastructure, mainly present in the Santa Maria neighborhoods, Jabotiana, America, Cidade Nova, Port Dantas / Coqueiral and Soledade. The absence of detailed studies and a plan to manage environmental risks in difficult decision making framework for ensuring the combat and / or mitigation of environmental risks in Aracaju. Therefore, it is necessary that the Government undertake preventive actions to avoid the uncontrolled growth of the city, as of works of sanitation, to ensure the safety population, and the development and implementation of structural measures (technical control) and non-structural (prevention plans and alerts, risk zoning, flood insurance) to combat the risk

**Keywords:** Risk geomorphic, hydrological risk, environmental risk management

# SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	ix
Índice de Quadros	ix
<b>RESUMO</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	01
<b>1.1 OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA</b>	04
1.1.1 Objetivo Geral	04
1.1.2 Objetivos Específicos	05
1.2 Questões de Pesquisa	05
<b>1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	06
1.2.1 Levantamento bibliográfico e documental	06
1.2.2 Trabalho de Campo	08
1.2.3 Trabalho de Gabinete	09
<b>2 TRANSFORMAÇÕES NO AMBIENTE URBANO E AS CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS</b>	13
2.1 O espaço urbano e a dinâmica da paisagem	13
2.2 Impactos e riscos ambientais no espaço urbano	16
2.3 Vulnerabilidade e riscos ambientais como metodologia de análise urbana	22
2.4 Os processos morfogênicos associados aos riscos geomorfológicos	23
2.5 Riscos hidrológicos (enchentes, alagamentos e inundação)	27
2.6 Mapeamento de áreas de risco	30
2.7 Planejamento e ordenamento ambiental do espaço urbano	31

<b>3 CONDICIONANTES DO SISTEMA AMBIENTAL FÍSICO</b>	35
3.1 Clima e condições meteorológicas	35
3.2 Geologia de superfície e aspectos geomorfológicos	44
3.3 Hidrografia urbana	53
3.4 Cobertura vegetal	59
3.5 Aspectos pedológicos	60
<b>4 VULNERABILIDADE E RISCOS AMBIENTAIS</b>	63
4.1 Riscos Hidrológicos: enchentes e alagamentos	74
4.2 Riscos geomorfológicos: erosão e movimentos de massas	85
<b>5 GERENCIAMENTO E INDICATIVO DE TÉCNICAS DE MITIGAÇÃO DOS RISCOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS</b>	94
5.1 Gestão dos riscos ambientais	94
5.2 Indicação de técnicas de controle dos riscos hidrológicos	101
5.3 Indicações de técnicas de controle de contenção geomorfológica	109
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	115
<b>REFERÊNCIAS</b>	117

# 1 INTRODUÇÃO

---

O processo de urbanização nos países subdesenvolvidos de caráter acelerado e desordenado resultou em drásticas transformações socioambientais nos aglomerados populacionais. Tais mudanças podem ser observadas na falta de infra – estrutura, seja nas boas condições de moradia, saneamento básico, transportes, entre outros, e nos impactos ambientais com o uso inadequado do solo, destruição de áreas verdes, soterramento de rios e manguezais e ocupação em áreas íngremes (COPQUE et al., 2007).

Os problemas gerados a partir das ações humanas no espaço físico, pelo modelo de produção e reprodução sócio – espacial, têm impulsionado o surgimento de áreas que comprometem a qualidade de vida e a própria existência humana, condicionando a população, principalmente de baixa renda, a ocuparem áreas de risco.

Neste sentido, o desordenamento das áreas urbanas é fruto da apropriação desigual entre a população. A valorização do espaço nas cidades aumenta a exclusão e impulsiona a camada mais carente a ocuparem áreas de alto risco ambiental. Sobre a produção do espaço urbano e a formação das áreas vulneráveis a riscos Cunha & Guerra (1996) observam que a atuação desordenada das construtoras do espaço urbano (Estado, imobiliárias, população menos favorecida) resultam na proliferação de áreas de riscos, e conseqüentemente, em danos socioambientais.

Ao considerar a importância do ordenamento do solo urbano, Nucci (2009) afirma ser necessário trazer à luz da análise e diagnose da paisagem, compreendendo seu nível de vulnerabilidade, para que se tenha mais ou menos claro qual deveria ser a proporção ideal de espaços construídos e livres de construção que suporta o ecossistema.

Em Aracaju, como nas medias e grandes cidades brasileiras, as transformações sócioespaciais se configuram em alterações ambientais em nível de formação de riscos para a população habitada. Assim, entende-se por áreas de risco a possibilidade de perigo, perda ou dano, do ponto de vista social e econômico, a que a população esteja submetida caso ocorram

escorregamentos e processos correlatos, em razão de processos geológicos induzidos ou não (CUNHA (1991)).

Apesar das inundações serem os processos que produzem as maiores perdas econômicas e os impactos significativos na saúde pública, são os deslizamentos que geram o maior número de vítimas fatais. Este fato justifica a concepção e implementação de políticas públicas municipais específicas para a gestão de riscos de deslizamentos em encostas.

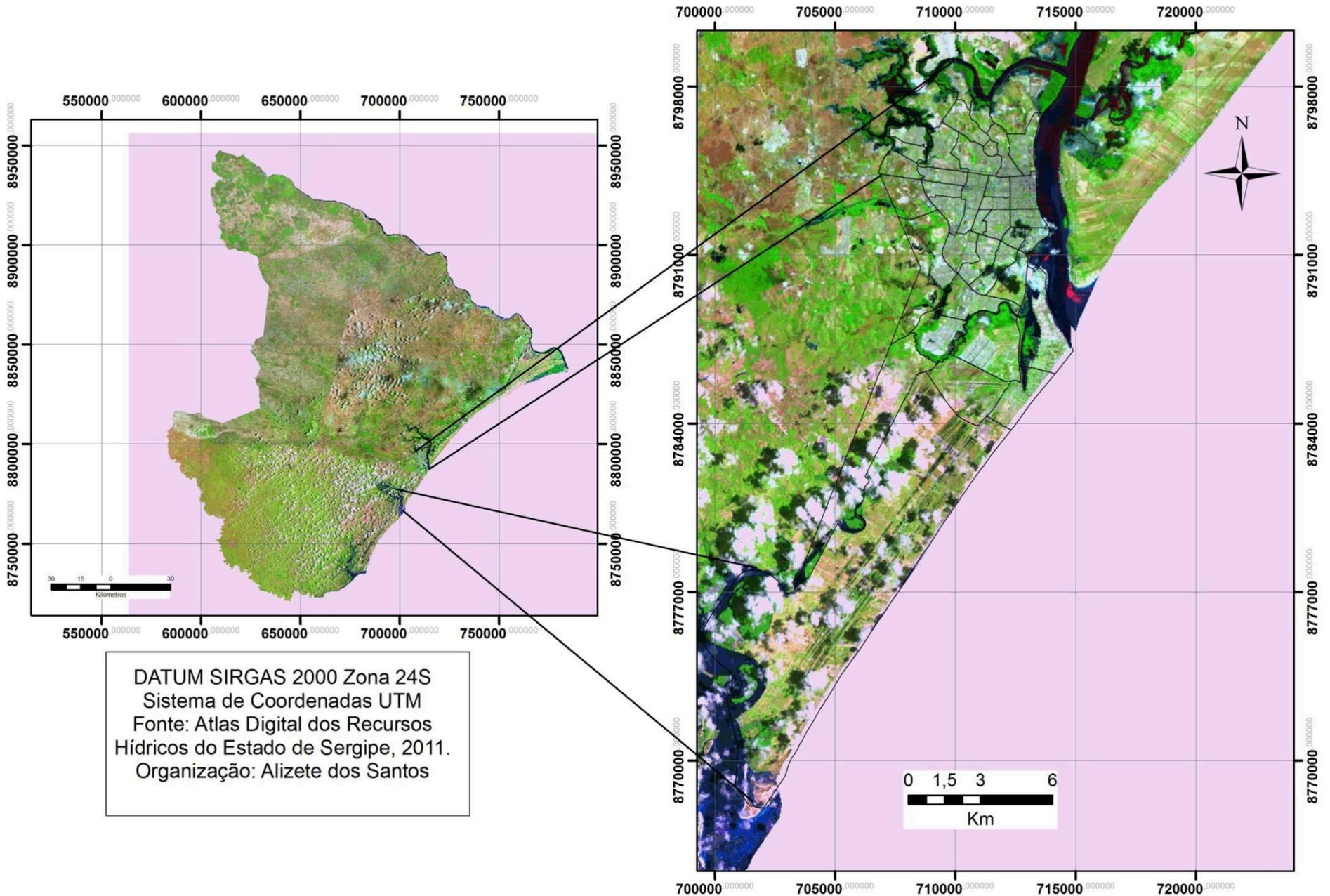
Assim, como em várias cidades de médio porte, Aracaju tem visto nas últimas décadas o crescimento de sua área urbana (Figura 01). Essa expansão do sítio urbano tem se dado de forma desordenada em áreas ambientalmente frágeis como as regiões flúvio –lagunares e as de vertentes de instabilidades acentuadas. O desrespeito às leis ambientais acabaram interferindo sobre o equilíbrio entre pedogênese e morfogênese em escala local, criando situações de riscos nas encostas além das áreas de baixa altimetria estarem sujeitas aos riscos de inundações.

Os espaços no município de Aracaju com potencial a riscos geotécnicos estão localizados em morros na parte oeste e norte da cidade nos bairros: Santa Maria, Jabotiana, América, Cidade Nova, Porto Dantas e Soledade, enquanto os ambientes sujeitos a alagamentos e enchentes localizam-se principalmente nas margens dos rios Poxim, abrangendo os bairros Jabotiana, São Conrado, Inácio Barbosa, Coroa do Meio e Treze de Julho, trechos da sub-bacia do rio do Sal (Soledade, Bugio, Porto Dantas) e do Rio e Canal Santa Maria.

Nesse contexto, a carência de estudos sobre a identificação e caracterização dos riscos ambientais em Aracaju e a ausência de políticas eficazes para o controle das áreas que colocam a população em risco impulsionaram a necessidade de se investigar as causas e dinâmica de produção dos riscos para subsidiar o planejamento e ordenamento desses espaços.

Além da deficiência no monitoramento e medidas de mitigação das áreas de risco por parte do poder público, as ações da população com ocupação desordenada, o descarte de lixo nas áreas de vertentes e nos leitos dos rios, favorecem a aceleração da perda de solo (pelos processos erosivos e movimentos de massa), e diminui a capacidade de escoamento dos canais de drenagem.

# Localização da área de Estudo



O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos. No **Capítulo 1** de caráter introdutório, além do panorama geral sobre a temática, abordou-se os objetivos e questões de pesquisa e os procedimentos técnicos e operacionais.

O **Capítulo 2** apresenta o referencial teórico abordando os seguintes tópicos: o espaço urbano e a dinâmica da paisagem; impactos e riscos ambientais no espaço urbano; vulnerabilidade e riscos ambientais como metodologia de análise urbana; os processos morfogenéticos associados aos riscos geomorfológicos; riscos hidrológicos: enchentes e alagamentos; mapeamento de áreas de riscos e planejamento e ordenamento do espaço urbano.

O **Capítulo 3**, trata dos condicionantes do sistema ambiental físico de Aracaju, (clima e condições meteorológicas; a Geologia de superfície e os aspectos geomorfológicos; a drenagem urbana; a cobertura vegetal e os aspectos pedológicos) de extrema importância para o embasamento das análises dos riscos ambientais.

No **Capítulo 4** aborda-se de modo específico sobre a vulnerabilidade e riscos ambientais de Aracaju, compreendendo os riscos geomorfológicos: erosivos e movimentos de massas e os riscos hidrológicos: enchentes e alagamentos.

Já no **Capítulo 5** priorizou-se tratar do gerenciamento e indicativo de técnicas de mitigação aos riscos geomorfológicos e hidrológicos da área de estudo, compreendendo as principais ações para a gestão dos riscos ambientais e os principais indicativos de técnicas de controle.

E finalmente, o último tópico apresenta as considerações finais da pesquisa.

## **1.1 OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Analisar áreas de riscos ambientais físicos geomorfológicos e hidrológicos na malha urbana consolidada e zona de expansão de Aracaju visando à prevenção e ocorrência de acidentes.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar os condicionantes naturais do sistema ambiental físico do município de Aracaju, enfatizando suas interferências nas áreas de riscos ambientais;
- Identificar os indicadores que impulsionam a frequência de eventos de riscos ambientais nas ruas de Aracaju;
- Inventariar as ocorrências de movimentos de massa e inundações no espaço urbano de Aracaju a partir de 1990;
- Confeccionar o mapa de Riscos Geomorfológicos e Hidrológicos da área de estudo;
- Propor alternativas que minimizem os impactos ambientais nas áreas de riscos densamente ocupadas pela população, bem como seu gerenciamento.

### **1.1.3 Questões de pesquisa**

A partir da problemática apresentada elaboraram-se os seguintes questionamentos:

- Quais são os condicionantes naturais desencadeadores de riscos no ambiente urbano de Aracaju?
- Como se apresentam as áreas de riscos ambientais físicos geomorfológicos e hidrológicos em Aracaju?
- Quais as alternativas de contenção para os ambientes de riscos?
- Existem ações do poder público estadual e/ou municipal para prevenir e mitigar os riscos ambientais em Aracaju?

## 1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada neste estudo visou reconhecer os locais de perigo ou as áreas de risco por meio da caracterização ambiental de Aracaju e da pesquisa dirigida junto aos órgãos competentes, buscando registro e frequência de ocorrência de riscos ambientais de natureza geomorfológica e os de natureza hidrológica (Figura 02).

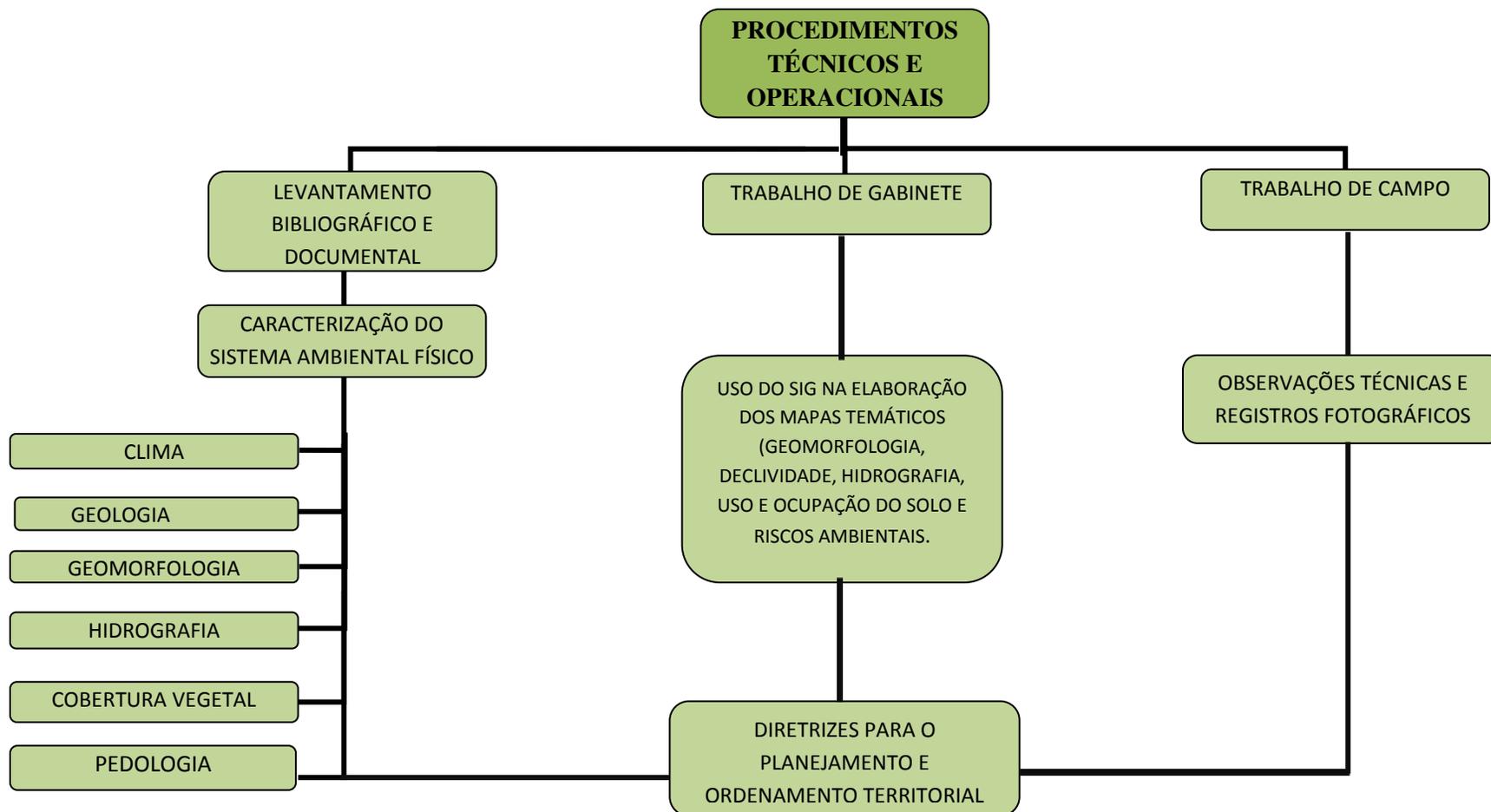
### 1.2.1 Levantamento bibliográfico e documental

Para atingir os objetivos propostos, e visando aprofundar o conhecimento sobre a problemática ambiental do espaço urbano de Aracaju fez-se inicialmente o levantamento da literatura existente sobre a temática, e da documentação cartográfica produzida (mapas e cartas), além das imagens de satélite e fotografias aéreas.

As informações sobre a propriedade dos componentes físicos e bióticos foram obtidas em formato analógico e digital, envolvendo os aspectos climáticos, geológicos, geomorfológicos, hidrográficos, cobertura vegetal e tipo de solo.

Para o entendimento do **clima** local priorizou-se analisar os seus principais elementos (precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos) nas duas últimas décadas (1990/2010), na perspectiva de verificar a relação existente entre esses elementos e os eventos de ordem geomorfológica e hidrológica. Tais informações foram adquiridas na INFRAERO e nos postos pluviométricos de Aracaju através da Empresa de Desenvolvimento Agropecuário do Estado de Sergipe (EMDAGRO/SE) e do Centro de Meteorologia do Estado de Sergipe (CEMESE/SE).

Os estudos **geológicos** forneceram elementos para o conhecimento da natureza e composição da geologia de superfície, cujos dados foram extraídos da carta geológica da bacia sedimentar Sergipe/Alagoas (1975) na escala de 1:50.000; do mapa geológico do estado de Sergipe (1998) na escala de 1:250.000, ambos publicados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e do Mapa Geoambiental de Aracaju (2004) na escala de 1:20.000, elaborado pela Secretaria de Planejamento de Aracaju (SEPLAN).



**Figura 02:** Procedimentos técnicos e operacionais  
**Elaboração:** Alizete dos Santos, 2012.

Os aspectos **geomorfológicos** basearam-se nas investigações de campo, em leituras sobre as unidades geomorfológicas e domínios ambientais locais, além da interpretação de mapas existentes de hipsometria e declividade do terreno em escala de detalhe que permitiram melhor caracterizar o relevo.

A **dinâmica hidrográfica** foi verificada a partir das características dos recursos hídricos superficiais quanto ao aspecto físico e distribuição das bacias urbanas, bem como, com as informações obtidas sobre a dinâmica superficial a partir das interferências antropogênicas. Fez-se o mapeamento dos corpos hídricos (lagoas, lagoas, canais de drenagem retificados e dos canais fluviais) na escala de 1:4.000 utilizando-se da imagem de satélite QUICKBIRD (2003) cedida pela Secretaria de Planejamento do Município.

A caracterização da **vegetação** foi realizada em função das variações fisionômicas e dos efeitos antrópicos presentes na área de estudo. Identificou-se as espécies predominantes no município e a sua função na estabilização e controle dos riscos ambientais.

No que se refere às informações **pedológicas**, utilizou-se da classificação de Solos do Estado de Sergipe na escala de 1:200.000, executada pela Companhia de Desenvolvimento do Estado de Sergipe (CONDESE) e do levantamento e reconhecimento do solo de Sergipe na escala de 1:400.000, executadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 1975, com adequação da Classificação de solos oficialmente usada no Brasil a partir de 1999.

A elaboração do inventário sobre a distribuição tempôro/espacial das ocorrências de movimentos de massa e de inundações permitiu a geração de informações para o diagnóstico e prognóstico das áreas de riscos, bem como os prejuízos socioambientais causados por esses eventos em uma ordem cronológica. Esses dados foram coletados junto a Defesa Civil, os quais abordam a tipologia, prejuízo e frequência dos escorregamentos e das inundações e alagamentos em Aracaju.

## **1.2.2 Trabalho de Campo**

A pesquisa de campo, auxiliada através da caderneta de anotações, possibilitou descrever sobre a interferência dos processos morfogenéticos na produção das áreas de risco e verificou-se as moradias em situações de risco geomorfológico e hidrológico no espaço do município de

Aracaju. Para a definição das moradias em risco observou-se os parâmetros: proximidade delas com o corte da vertente, cicatrizes de movimentos de massa, raízes de árvores expostas, incidência de erosão no entorno das raízes da vegetação de médio e grande portes muito próxima das casas, inclinação da vertente.

Embasados nos levantamentos prévios sobre as ruas com incidências de alagamentos e inundações, as observações técnicas em campo permitiram o registro fotográfico e anotações a respeito das condições dos canais de drenagem e das estruturas artificiais de escoamento (canais retificados, sarjetas, boca-de-lobo).

### **1.2.3 Trabalho de Gabinete**

Os recursos tecnológicos são ferramentas indispensáveis para estudos ambientais, bem como na sistematização de dados e confecções de mapas. Para Vieira (2005) o uso de mapas de vários tipos consistem numa base muito útil para combinação de informações geomorfológica com outros dados ambientais, permitindo-se obter uma avaliação integrada da capacidade do terreno frente à diversos tipos de atividades.

Os mapas temáticos foram elaborados numa mesma base cartográfica através do sistema de projeção UTM e SIRGAS 2000 Zona 24S. Utilizou-se ainda como auxiliar a imagem do satélite QUIKBIRD para o mapeamento das ocupações nos canais de drenagem.

A elaboração de um mapa-síntese, zoneando as áreas de riscos, permitiu a identificação do grau de fragilidade ambiental proposta por Tricart (1977) e Ross (2005). Assim, foram indispensáveis o emprego das técnicas de Geoprocessamento no cruzamento das informações coletadas sobre o ambiente físico e o uso e ocupação do solo. Para isso, utilizou-se o softwares ArcGis e Arcwie 9.3 disponibilizados no Laboratório de Estudos Ambientais do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Sergipe, com o uso do SIG.

Dispondo da base planimétrica e do arruamento de Aracaju e das informações de frequências dos riscos locais, elaborou-se o mapa de espacialização e tipologia dos Riscos em Aracaju, na escala de 1:4000.

No cruzamento das variáveis para elaboração dos mapas temáticos de declividade, geomorfologia, e uso e ocupação do solo atribuiu-se valores/pesos aos elementos da paisagem,

com definição das classes hierárquicas (nula, baixa, moderada, alta, muito alta) do mapa de vulnerabilidade e deslizamentos e o de baixa e alta susceptibilidade à enchente, como segue:

Quadro 01: Classe de declividade e a recomendação de uso.

CLASSES	DECLIVIDADE (%)	DECLIVIDADE (GRAUS)	USO RECOMENDADO
1	0-7,99%	<4°34'	Áreas consideradas ideais para uso em geral, com exceção das APP como terraços fluviais e faixa praial.
2	8 – 15,99%	4º 35' – 9º 05'	Áreas que apresentam algumas restrições de uso, principalmente quando exigem cortes e aterros para construções.
3	16 – 29,99%	9º 06' - 16º 41'	Áreas que devem ser evitadas, pela necessidade de execução de obras especiais para sua utilização.
4	30 – 100%	16º 42' - 45º	Áreas consideradas como terrenos inadequados para construção
5	> 100%	> 45º	Áreas consideradas como terrenos inadequados para construções, onde também se inclui a APP.

Fonte: Adaptado de Dias (2000)

Quadro 02: Cores e classes no mapa de risco ambiental

CORES	CLASSES	INDICATIVO
Verde	Nula	Perigo de deslizamento inexistente sem restrições a ocupação
Laranja	Moderada	Poderá haver problemas caso a ocupação seja de forma inadequada
Vermelho	Alta	Alto grau de perigo e restrições à ocupação
	Muito alta	Alto grau de perigo e restrições à ocupação
	Crítica	Local de alto risco inapropriado a ocupações

Fonte: Adaptado de Dias (2000).

As cores do mapa de susceptibilidade foram definidas de acordo com a indicação do trabalho de Dias (2000, p. 45) e Crepani (2001), para identificar os diferentes graus de ameaças e de risco.

Quadro 03: Atribuição de pesos de vulnerabilidade do solo de Aracaju

TIPOS DOS SOLOS	PESOS
Espodossolo	2
Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico	
Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico	
Neossolo Quartzarênico	3
Neossolo flúvico	
Gleissolo Sáfico	

Adaptado de Crepani et al 2001.

Quadro04: Atribuição de pesos das áreas de declividades vulneráveis aos riscos.

CONSIDERAÇÕES	PESOS	CLASSES
Áreas de planície com baixa declividade (0 – 7,99%, sem ocupação urbana e com vegetação preservada (Mangue).	3	NULA
Áreas com baixa declividade, sem ocupação urbana e com presença de cobertura vegetal	1	BAIXA
Áreas definidas em função das características geomorfológicas, das formas das vertentes, côncavas convexas, classe de 16-30% e com cobertura vegetal.	1,5	MODERADA
Áreas definidas em função das características geomorfológicas, das formas das vertentes, côncavas convexas, classe de 16-30% e sem cobertura vegetal.	2	ALTA
Áreas com ocupação, desprovida de vegetação, com alta declividade, alta dissecação do relevo e encostas retilíneas são as áreas de maior susceptibilidade aos deslizamentos.	3	MUITO ALTA
Áreas de encostas retilíneas e escarpadas com declividades superiores a 100%.		

**Fonte:** Adaptado de DIAS (2000)

Quadro 05: Atribuição de pesos ao uso e ocupação do solo

<b>USO E OCUPAÇÃO DO SOLO</b>	<b>PESOS</b>	<b>CASSE</b>
Presença de vegetação conservada arbórea, arbustiva, herbácea, herbácea-arbórea.	0	BAIXA
Restinga e Cultura temporária	1,5	MODERADA
Área urbana	2	ALTA
Ocupação desordenada e precária	3	MUITO ALTA
Ocupação em áreas entre os cordões litorâneos		
Ocupação as margens de canais		

Fonte: Adaptado de Crepani et al 2001.

Para propor o manejo adequado das áreas degradadas tornou-se necessário após o conhecimento físico e do uso e ocupação da malha urbana de Aracaju, averiguar sua coerência com Leis direcionadas a degradação ambiental apontadas segundo o Código Florestal Brasileiro, que define as APPs. (DA SILVA & SOUZA, 2008).

Assim, após a identificação das áreas críticas ao risco ambiental, fez-se a elaboração de propostas de gestão dos riscos, incluindo a indicação de ações de mitigação dos riscos presentes nas áreas tanto de vertentes, quanto flúvio-lagunar, com embasamento nas técnicas de bioengenharias, que venham controlar ou minimizar o processo de degradação de acordo com o seu grau de instabilidade.

## 2 TRANSFORMAÇÕES NO AMBIENTE URBANO E AS CONSEQUÊNCIAS SÓCIOAMBIENTAIS

---

### 2.1 - O espaço urbano e a dinâmica da paisagem

A urbanização brasileira se caracteriza pelo espaço fragmentado e articulado, fruto dos modos de uso diferenciados dos agentes sociais<sup>1</sup>. Para Milton Santos (1985) essa condição da produção do espaço urbano constitui num movimento da própria sociedade e expressa às desigualdades da apropriação do solo urbano na sua paisagem.

A paisagem urbana, assim, nada mais é que a produção do espaço que obteve sua paisagem natural alterada, pois segundo Bertrand (1972),

[...] a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND 1972, p. 141).

Assim, se aplica no entendimento da paisagem urbana a interligação dos componentes do seu espaço, que não se resume nos agentes sociais e nem nas estruturas do espaço físico, mas sim como, dialeticamente, estes estão se relacionando. É nesse contexto que Nucci (2009) defende a ideia que para o entendimento da dinâmica da paisagem é necessária aplicação sistêmica da realidade. Nesse sentido ele defende a superação da visão cartesiano-newtoniana desenvolvida a partir do século XVI que se baseia em questões isoladas, eliminando a desordem e as contradições existentes a partir da simplificação da complexidade do ambiente.

---

<sup>1</sup> Para Corrêa (1999) os agentes sociais desempenham o papel de construtores do espaço urbano através das suas ações e estratégias concretas. Os agentes são os proprietários dos meios de produção, os proprietários fundiários, os promotores imobiliários, o Estado e os grupos sociais excluídos.

A despeito deste trajeto do método dos estudos da paisagem, a dinâmica ambiental possui um papel integrador na busca da compreensão dos processos de evolução do relevo e dos impactos causados pelo homem, como também, tem dado uma contribuição importante na identificação e remediação de problemas ambientais (OLIVEIRA, FONTES & PINTO, 2003).

A análise da dinâmica ambiental teve seu auge na proposta da teoria Geossistêmica, a qual compreende a paisagem como fruto da interligação ou intensidade de fluxo de energia existente. Autores como Sotchava (1963) na Rússia, Bertrand (1971 e Tricart (1971) na França, Monteiro (2000) e Christofolleti (1986) no Brasil teorizaram sobre o geossistema e apresentaram os procedimentos teóricos metodológicos básicos a respeito dos estudos ambientais.

A proposta de Sotchava (1977) inicialmente partia do princípio de que a principal unidade espacial de análise do meio ambiente é o geossistema e, em nível de análise, divide-se o espaço em escala local ou topológica, regional e planetária. Em termos de hierarquia de funcionamento, as categorias definidas, em ordem decrescente, são: os geossistemas (correspondendo às paisagens ou ao ambiente natural), os geócoros (classe de geossistemas de estrutura heterogênea), os geômeros (porção mais homogênea) e os geótopos (unidades morfológicas ou setores fisionômicos homogêneos).

Sotchava (1977) compreende os geossistemas como fenômenos naturais, mas seu estudo leva em consideração fatores econômicos e sociais e seus modelos refletem as paisagens modificadas pelo homem.

Os estudos de Bertrand (1971) em relação ao meio ambiente destacam as ações humanas como elemento da dinâmica das paisagens e dos geossistemas, bem como valoriza os estágios de alteração das paisagens segundo a dinâmica natural e os impactos das atividades humanas. Sendo assim, a análise da paisagem seria a partir do potencial ecológico, da exploração biológica e da ação antrópica. Nessa perspectiva, o autor propõe a classificação de seis níveis têmporo-espaciais de acordo com a hierarquia do uso de escalas: a zona, o domínio e a região (unidades superiores) e geossistema, geofácies e geótopo (unidades inferiores).

No entendimento de Tricart (1977) a análise morfodinâmica baseia-se no estudo dos sistemas morfogenéticos (que é função das condições climáticas), nos processos atuais (tipo, densidade e distribuição) e nas influências antrópicas com o grau de degradação decorrente.

As Unidades Ecodinâmicas por ele preconizadas propõem analisar o sistema ambiental físico levando em consideração a dinâmica do fluxo de matéria e energia. Essa visão da paisagem apresenta uma base significativa na avaliação do impacto causado pelas ações humanas dentro do ecossistema, na medida em que,

[...] uma unidade Ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses. (...) Geralmente a morfodinâmica é o elemento determinante, [sendo que] a morfodinâmica depende do clima, da topografia, do material rochoso. Ela permite a integração desses vários parâmetros (TRICART, p.31, 1977).

Com essa leitura, verifica-se que para estudar a organização espacial é fundamental determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, devendo guiar a classificação dos meios taxonômicos. A partir dessa leitura o autor propõe distinguir os tipos de meios morfodinâmicos em função da intensidade dos processos morfogênese/pedogênese, com intensidade e velocidade diferenciada: meios estáveis, meios integrantes e meios instáveis. (TICART, 1976 & 1977)

Esses meios morfodinâmicos são delimitados a partir das análises integradas do conjunto de dados e conhecimento científicos sobre a dinâmica do meio natural. Ocorre então, a possibilidade de destacar as zonas ou fatores que podem limitar determinados usos do território.

As novas perspectivas de análise propostas através do Geossistema influenciam os estudos brasileiros. Monteiro (2000) desenvolveu diversos trabalhos baseados no conceito de geossistema, os quais colocam o homem e suas atividades como parte integrante e influente na dinâmica ambiental. Suas contribuições teóricas defendem ainda que as ordens de grandeza nos estudos ambientais não têm sentido quando não estão presentes as homogeneidades e as heterogeneidades das unidades de paisagem que só ocorrem em função da hierarquia organizacional. Sendo assim, para se obter a dimensão das unidades da paisagem é necessário levar em consideração o grau de integração das múltiplas propriedades, sejam elas: naturais, sociais ou econômicas.

Assim afirma Monteiro (2000, p. 58) que,

[...] o Geossistema é uma integração de vários elementos, não existindo limites conduzidos por uma curva de nível (relevo), por uma isoietas (clima), pelo limite (borda) de uma dada formação vegetal, etc. embora considerando que estas variações ou atributos possam indicar ou sugerir, com maior peso, uma configuração espacial dos elementos do Geossistema, desde que esse emane de uma integração, não é de esperar-se que isto seja regra.

Para os estudos integrados dos ambientes, Ross (1996) esclarece que na avaliação das potencialidades dos recursos naturais e da fragilidade dos sistemas naturais devem ser tomados como referencial básico aos estudos das geociências. Assim é que os estudos da geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, hidrologia, flora e fauna devem estar focados sob os aspectos da potencialidade e da fragilidade. Para avaliação do grau de fragilidade/potencialidade da paisagem faz-se necessário que os conhecimentos setorializados sejam tratados de forma integrada.

A paisagem no contexto urbano apresenta relação dinâmica entre os vários componentes que se relacionam de modo sistêmico e permite a sua estruturação de modo complexo e individual no espaço. Em suma, o geossistema como elemento da análise da paisagem, “constitui em sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem” (COSTA, 2010, p.277).

## **2.2 Impactos e riscos ambientais no espaço urbano**

As alterações ambientais produzidas no espaço urbano se apresentam de diversas formas. A ocupação urbana nas encostas, nas planícies fluviais, nas áreas costeiras, entre outras, tem dado muitas respostas negativas às condições de vida urbana. Guerra & Marçal (2006) alertam para necessidade do diagnóstico e prognóstico geomofológico para se evitar enchentes, deslizamentos e erosão de áreas costeiras, que sempre causam prejuízos e algumas vezes perda de vidas humanas.

A expansão da fronteira urbana sem critérios técnicos adequados, associada à segregação sócio-espacial na sociedade capitalista, impulsionou a ocupação desordenada de áreas

geomorfologicamente frágeis ao uso urbano. A Figura 03 apresenta sistematicamente os principais problemas urbanos e suas conseqüências à população.

Dagnino & Júnior Carpi (2007) conceituam os impactos ambientais como sendo mudanças e/ou alterações que ocorrem no ambiente. Porém, essas transformações desenvolvem-se muitas vezes de forma brusca ou repentina e traz conseqüências diversas envolvendo vidas humanas.

A exclusão territorial e degradação ambiental das cidades brasileiras submetem à maioria da população a uma inserção precária e vulnerável na cidade, e gera graves situações de riscos de vida por ocasião dos períodos chuvosos mais intensos, atingindo principalmente os habitantes das comunidades subnormais e loteamentos irregulares instalados nas áreas de encostas e em baixadas junto às margens de cursos d'água (NASCIMENTO, 2009).

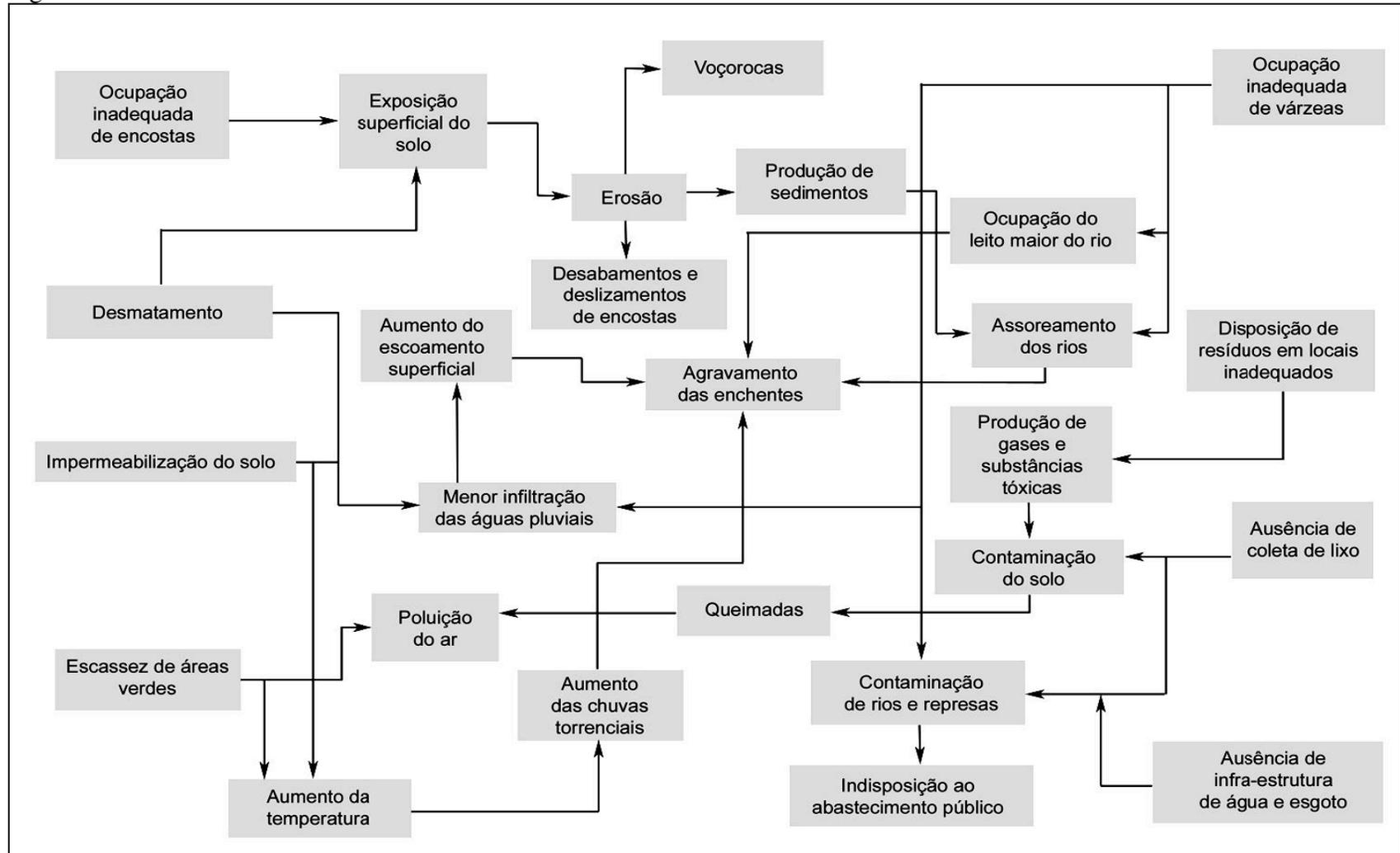
Nessa mesma linha de raciocínio Tucci (1997) afirma que em algumas cidades onde a freqüência de inundação é alta, as áreas de riscos são ocupadas por subhabitações, porque representam espaço urbano pertencente ao poder público ou desprezado economicamente pelo poder privado.

A concepção de riscos está associada à susceptibilidade, vulnerabilidade, sensibilidade ou danos potenciais em que a população esteja exposta. A diferença básica entre os riscos ambientais e os impactos ambientais é posta como:

Risco ambiental remete à possibilidade de ocorrência de eventos danosos ao ambiente, enquanto que, para a legislação que trata de Licenciamento, a noção de impacto está ligada à repetição de algo que já aconteceu e que poderá significar um evento positivo ou negativo, podendo comprometer a licença para instalar um empreendimento em determinado local. Impacto ambiental tem haver com a localização exata do fato ou a investigação da responsabilidade, que é necessária em qualquer perícia ambiental, e sua qualificação que determinará a magnitude que se dão desse impacto (DAGNINO; JÚNIOR CARPI, 2007, p.16).

Na afirmação do conceito de risco para Amaro (2005) este se configura em função da natureza do perigo, acessibilidade ou via de contato (potencial de exposição), características da população exposta (receptores), probabilidade de ocorrência e magnitude das conseqüências.

Figura 03: Problemas ambientais urbanos e suas conectividades



Fonte: Silva & Travassos, 2008.

Já a existência do risco para Monteiro (1996) ocorre em função do ajustamento humano aos eventos naturais extremos. As enchentes não trariam riscos se as planícies inundáveis não fossem ocupadas, da mesma forma, os movimentos de massa não seriam perigosos se as encostas não fossem intensamente ocupadas de forma desordenada, precária e em sítios perigosos.

Vale ressaltar que categoria de risco permeia diversos campos de pesquisa seja na Engenharia, Geografia, Geologia, Saúde, Sociologia, entre outras. No entanto, a ausência de uma conceituação consolidada aspirou à possibilidade da formação de uma “ciência nascente” chamada de Cindínica ou Cindinicologia a qual teria por objetivo “estudar e limitar os riscos aos quais estão expostas as populações” (FAUGÈRES, 1991 apud REBELO, 2005, p. 66).

A ausência da homogeneização conceitual relativo a termos utilizados em estudos, pesquisas e trabalhos relacionados a riscos, têm causado preocupação entre os pesquisadores, pois dificulta a identificação e o entendimento dos processos físicos que estão envolvidos em diversas situações investigadas pela falta de uma linguagem única e consensual. Entretanto, segundo Amaro (2005, p.7) “as definições e interpretações são numerosas e variadas, todos reconhecem no risco a incerteza ligada ao futuro, tempo em que o risco se revelará”.

A apropriação do conceito de risco por diversas ciências permite compreender as variações dos riscos de acordo com o tempo e o espaço, e ocorre a partir dos condicionantes de sua formação na dinâmica das cidades. Dagnino & Júnior Carpi (2007) apresentam os tipos de riscos mais comuns na literatura: riscos naturais, riscos tecnológicos, riscos sociais e riscos ambientais.

O **risco natural** está diretamente associado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais considerando seu grau de estabilidade/instabilidade expressos nos processos de dinâmica superficial ou interna da terra e eventos de origem natural ou induzidos por atividades humanas. Os eventos críticos podem ser de curta ou longa duração, tais como inundações, desabamento e aceleração de processos erosivos. Na perspectiva de Peixoto & Rios (2005) a natureza desses riscos é diferenciada de acordo com a escala espacial e pode se apresentar com diferentes graus de perdas, em função da magnitude, da abrangência espacial e do tempo de atividade dos processos considerados.

O **Risco Tecnológico** desenvolve-se a partir da hegemonia do modelo de produção industrial. Essa modalidade de risco segundo Egler (1996) corresponde ao potencial de

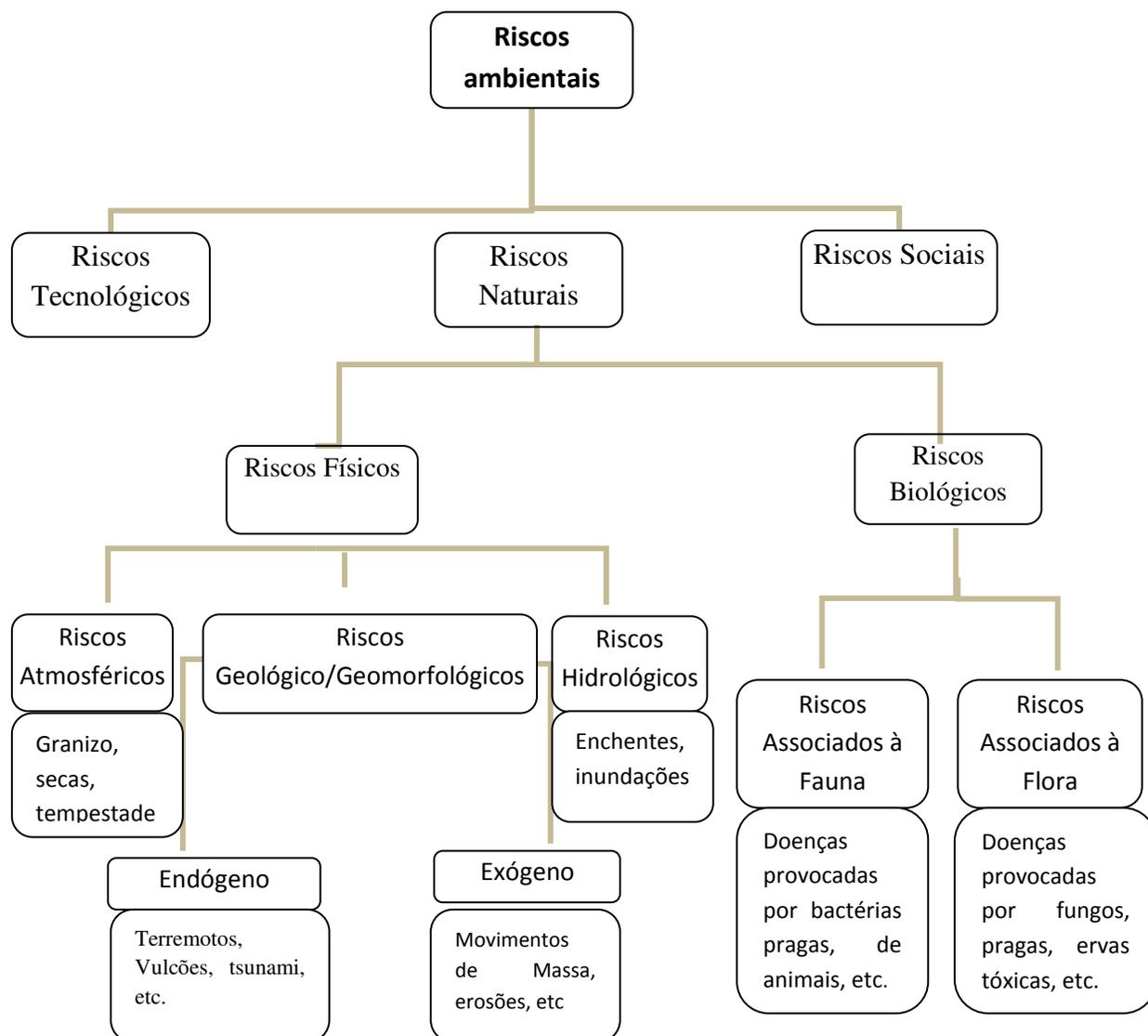
ocorrência de eventos danosos a curto, médio e longo prazo, em consequência das decisões de investimento na estrutura produtiva. Tal condição envolve uma avaliação tanto da probabilidade de eventos críticos de curta duração com amplas consequências, como explosões, vazamentos ou derramamentos de produtos tóxicos, quanto a contaminação a longo prazo dos sistemas naturais por lançamento e deposição de resíduos do processo produtivo.

Sevá Filho (1997) aborda três fatores indissociáveis desse tipo de Risco Tecnológico: o processo de produção (recursos, técnicas, equipamentos e maquinário); o processo de trabalho (relações entre direções empresariais, estatais e assalariados); e a condição humana (ambiente e a existência individual e coletiva).

Sobre o **Risco Social** é considerado, na ótica de Hewitt (1999 apud Peixoto & Rio, 2005), como o dano que uma cidade, ou parte dela, pode causar (conflitos armados, guerras, ações militares, entre outros). Egler (1996) atribui à existência de riscos sociais as carências das condições humanas dignas, que contribui para a degradação das condições de vida. Sua manifestação mais aparente está nas condições do habitat humano, expressa no acesso aos serviços básicos, tais como água tratada, esgotamento de resíduos e coleta de lixo. Em longo prazo os riscos podem atingir às condições de emprego, renda e capacitação técnica da população local, condições fundamentais ao pleno desenvolvimento humano sustentável.

Ainda sobre a classificação dos riscos ambientais uma das propostas mais utilizadas nesse tipo de estudo é apresentada por Cerri (1993) que divide em risco tecnológico (ligados diretamente a ação do homem: uso de pesticidas, vazamento tóxico, colisões de veículos, etc.) sociais (assaltos, guerras, sequestros, etc.) e naturais (subdivide-se de acordo com o processo desencadeador: físicos e biológicos).

**Figura 04:** Sistematização dos tipos de riscos segundo o processo causador



Fonte: adaptado de CERRI, 1993.

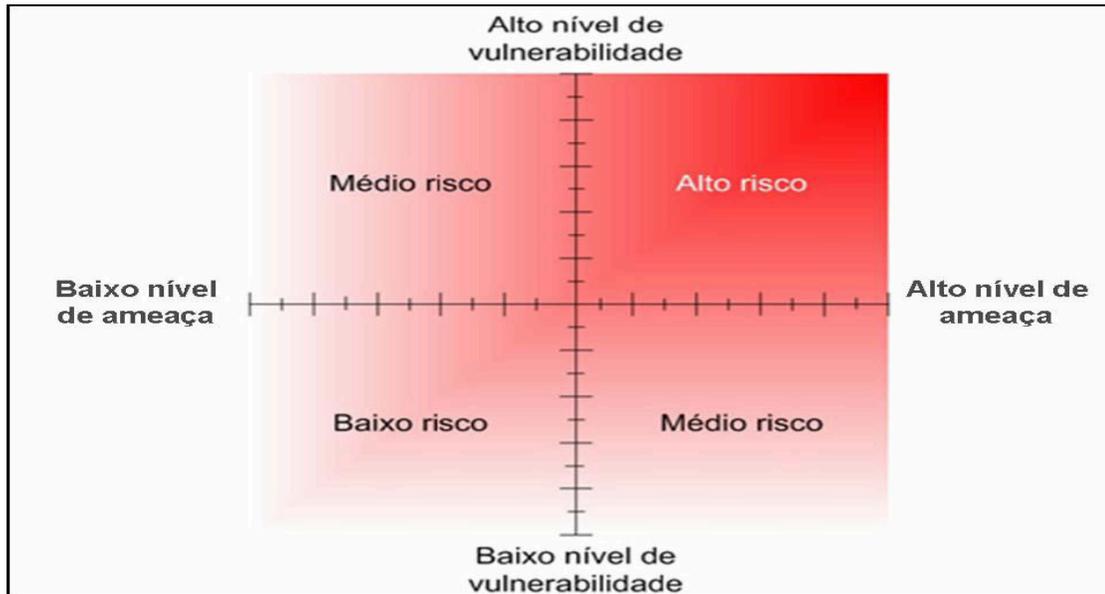
### 2.3 Vulnerabilidade e riscos ambientais como metodologia de análise urbana

A concepção de vulnerabilidade está associada à pobreza estrutural e a desorganização da população, o que leva uma parcela da mesma a se instalar em zonas geograficamente marginais expostas aos riscos naturais. A identificação da vulnerabilidade está associada aos efeitos dos riscos e não as suas causas.

Rebelo (2003 apud Dagnino & Carpi Junior, 2007) considera a vulnerabilidade como o somatório de algo que independe da vontade do homem (aleatório, acaso, casualidade ou perigosidade), com algo que resulta da presença direta ou indireta do homem. Assim, o autor desenvolveu a “formula do risco”:  $R=A+V$  que apresenta a soma da ameaça (A) com a vulnerabilidade (V), em que basta haver a ameaça (A), pois, se a Vulnerabilidade for igual a zero ( $V=0$ ), o risco resultará em um ( $R=1+0=1$ ).

A intensidade do risco depende fundamentalmente da combinação entre o nível de ameaça e o de vulnerabilidade. Dagnino & Carpi Junior (2007) mostram na figura 05 como se pode representar essa relação da ameaça e vulnerabilidade com a existência do risco.

Figura 05: Relação entre níveis de ameaça e de vulnerabilidade na determinação de intensidade de riscos.



**Fonte:** Extraído de Dagnino & Carpi Júnior (2007)

Como pode ser observado na figura referida, o risco encontra-se presente em todos os quadrantes, apenas varia de intensidade (alto, médio e baixo), pois mesmo que os níveis de vulnerabilidade e de ameaças sejam baixos o risco ainda está presente, visto que opinião dos autores essa metodologia se constitui numa ferramenta que pode ser aplicada em diversos estudos, adequando à realidade geográfica e de escala para se identificar os níveis de riscos.

Já Cerri (1993) considera o risco como a probabilidade da ocorrência de um evento e as consequências sociais e econômicas potenciais, em que a probabilidade de ocorrência de um evento é igual à suscetibilidade, no qual se tem:

$$S=P$$

Onde: S= suscetibilidade

P= Probabilidade de ocorrências de um evento

e

$R=P \times C$  onde:

R= Risco

P=Probabilidade da ocorrência de um evento

C=Consequência sociais e/ou econômicas potenciais

A avaliação do risco é sempre o resultado decorrente da probabilidade de ocorrer um evento com determinada intensidade e da vulnerabilidade dos elementos do meio ambiente do evento (ZUQUETTE,1995).

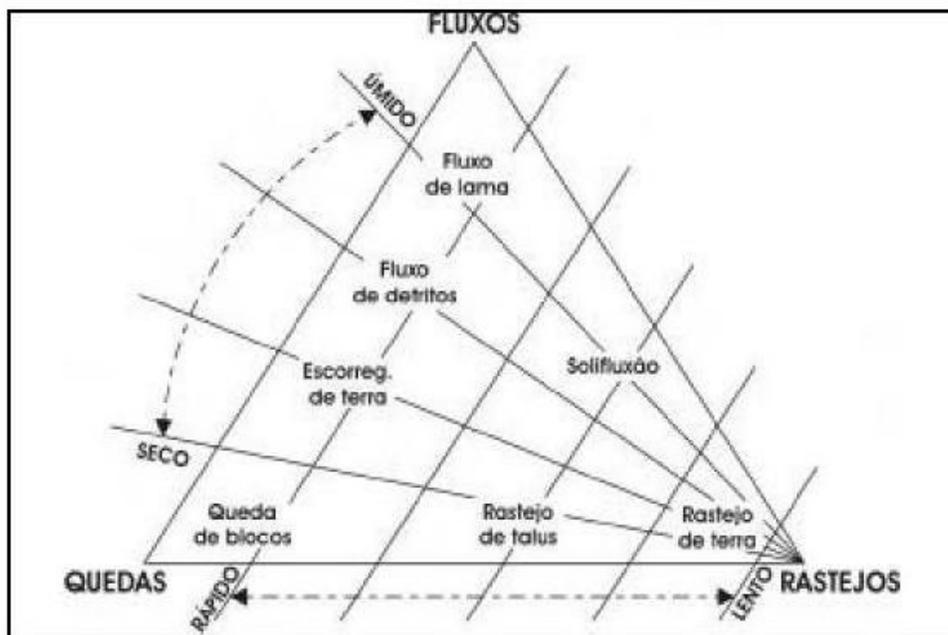
## **2.4 Os processos morfogenéticos associados aos riscos geomorfológicos**

Os processos morfogenéticos são os responsáveis pela produção da forma do relevo. Nos estudos desses processos é possível obter informações de ordem teórica e prática na concepção do relevo. “No âmbito teórico, explica a evolução das vertentes e a esculturação do relevo, e no campo prático fornece informações a propósito da melhor aplicabilidade de técnicas de conservação do solo” (CRISTOFOLETTI, 1980, p.27).

Christofolletti estabeleceu quatro categorias para os processos morfogenéticos: meteorização ou intemperismo, movimento do regolito, processo pluvial e a ação biológica. Em se tratando do risco geológico/geomofológico e hidrológico destaca-se aqui a relação com os movimentos do regolito ou de massa e o processo pluvial morfogenético.

O **movimento do regolito ou de massa** está relacionado aos movimentos gravitacionais. Carson & Kirkby (1972 apud CASSETI 1991) classificam os processos relacionados aos movimentos de massas quanto à velocidade do movimento e condições de umidade do material.

**Figura 06:** Classificação dos movimentos de massa



**Fonte:** Carson & Kirkby (1972 apud CASSETI 1991)

O esquema visualizado na **figura 06** apresenta os deslizamentos de solos e rochas caracterizados pelos movimentos rápidos associados a ambientes secos, enquanto as formas de fluxos de terra, de lama e fluvial são mais rápidas e encontram-se associadas a ambiente úmido. Já a solifluxão corresponde a um clima mais úmido. Por último, as formas de expansão individualizadas pelo creep de solo sazonal, referem-se a movimentos lentos em condição ambientais indistintas.

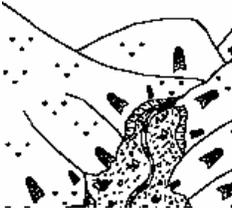
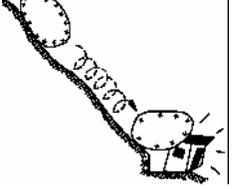
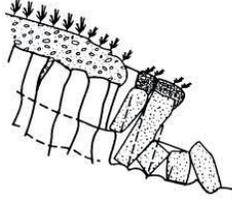
A depender do gradiente da declividade, do tipo do material existente nas encostas, dos índices pluviométricos e do uso e ocupação do solo há uma variação no fluxo de massa. A ação antrópica nas encostas como a produção do espaço urbano em áreas íngremes, cortes das vertentes para estradas, entre outras ações, aceleram o desequilíbrio das encostas e a produção de riscos.

O balanço morfogenético de uma vertente na ótica de Tricart (1977) é comandado principalmente pelo grau de declividade, pela natureza da rocha e pelo clima. Quanto maior o declive da vertente mais intenso será o escoamento superficial e o acréscimo do transporte dos detritos intemperizados. Além do fator declive inclui-se ainda o comprimento e a forma geométrica da vertente como elementos que favorecem a ação dos processos morfogenéticos.

Esse material intemperizado resulta nos movimentos gravitacionais de massa. De acordo com Cunha (1991) esses movimentos são classificados de diferentes formas, em função da sua geometria e/ou cinemática e/ou tipo de material, que genericamente podem ser classificados em quatro categorias principais: rastejos, escorregamentos, quedas/tombamentos/rolamentos e corridas de massa.

Os movimentos de massa e os escorregamentos são utilizados como sinônimos por Fernandes e Amaral (1997). Apresentam-se como denominação comum, que abrange todo e qualquer movimento coletivo de materiais terrosos e/ou rochosos, independente da declividade de processos, causas, velocidades, formas e demais características (QUADRO 06).

Quadro 06: Tipos de movimentos gravitacionais e suas respectivas características.

Terminologia	Características do movimento	Ilustrações
Rastejamento (crep ou reptação)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- velocidade do deslocamento das partículas muito baixas (cm/ano)</li> <li>- quanto maior o declive e maior a plasticidade do material (presença de argila), maior a propensão ao deslocamento.</li> <li>- movimentos constantes, sazonais ou intermitentes.</li> <li>- causas do rastejamento: pisoteio do gado, crescimento de raízes e o escavamento de buracos por animais.</li> <li>- erosão continuada</li> <li>- exposição de raízes e/ou deslocamento de árvores e postes;</li> <li>- rupturas de muros ou muretas de proteção</li> <li>- afloramento de cascalho e matacões</li> </ul>	
Solifluxão ou corridas de lama (Flows)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- saturação do solo e movimentos coletivos de partículas;</li> <li>- mobilização de solo, rocha, detritos e água;</li> <li>- velocidade do movimento média à alta (cm/dia);</li> <li>- muitas vezes é favorecido pela presença de argila no contato com a camada rochosa do embasamento;</li> <li>- muitas superfícies de deslocamento com grande volume de material;</li> <li>• movimento semelhante ao de um líquido viscoso</li> <li>• desenvolvimento ao longo das drenagens</li> <li>• extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas</li> </ul>	
Queda de Blocos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimentos rápidos, predominantemente em queda livre</li> <li>- Mobiliza volume de rocha relativamente pequeno associado às encostas rochosas abruptas ou taludes de escavação, como cortes em rochas, frentes de pedreiras, entre outros.</li> <li>- velocidades muito altas (vários m/s)</li> <li>- geometria variável: lascas, placas, blocos, etc.</li> <li>- Rolamento e tombamento de matacoes</li> </ul>	
Deslizamento ou Escorregamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- são movimentos de massa rápidos e de curta duração;</li> <li>- possui plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e o material não movimentado;</li> <li>- velocidades médias (m/h) a altas (m/s);</li> <li>- pequenos a grandes volumes de material;</li> <li>- geometria e materiais variáveis:</li> <li><b>Planares</b> – solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza;</li> <li><b>Circulares</b> – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas</li> <li><b>Em cunha</b> – solos e rochas com dois planos de fraqueza</li> </ul>	<p>planar </p> <p>circular </p> <p>cunha </p>
Tombamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- também conhecidos como basculamento, acontecem em encostas/taludes íngremes de rochas com descontinuidades (fraturas, diáclases) verticais;</li> <li>- Em geral são mais lentos do que as quedas;</li> <li>- Ocorrem em taludes de corte, onde a mudança da geometria acaba desconfinando as descontinuidades e proporcionando o tombamento das paredes do talude;</li> </ul>	

Esses processos desenvolvidos e atuantes nas vertentes causam riscos ambientais quando associados aos núcleos urbanos. Segundo Feijó & Amaral (2007) existe um volume considerável de informações e procedimentos de prevenção de acidentes, no entanto a dificuldade consiste em reunir conhecimentos profundos sobre a fenomenologia dos escorregamentos em áreas urbanas, e a aplicação coerente de técnicas de acordo com as características dos movimentos. Sobre o desafio posto aos estudiosos, os autores apontam a elaboração de Inventário de Escorregamentos como uma etapa fundamental dos estudos da geociência, pois:

Raramente os profissionais têm a oportunidade de inspecionar e diagnosticar, na velocidade desejável, ou seja, mais rápido do que o processo de ocupação das encostas, a intensa recorrência de escorregamentos urbanos, na sua maioria induzidos, e porque raramente esses profissionais têm à sua disposição um Banco de Dados sobre Acidentes em Encostas que permita análises históricas de problemas e intervenções que afetam as áreas de riscos geológicos (FEIJÓ & AMARAL, 2007, p. 194).

O inventário apresenta-se como uma ferramenta de formulação de bancos de dados acerca dos eventos de riscos. Essa metodologia de monitoramento, aconselha o autor, deve ser contínua, seja durante a execução das obras, ou durante a implementação de ações administrativas para a redução de acidentes.

O escoamento superficial no espaço urbano também contribui para a dinâmica da esculturação geomorfológica e a formação de áreas potenciais a riscos. Os processos de erosão são determinados pelo uso e cobertura do solo (influência na taxa de infiltração e escoamento); estrutura das rochas (armazenamento e facilidade do fluxo subsuperficial); propriedade do solo (característica hidrodinâmica e erodibilidade do solo); clima (erosividade da chuva); e o perfil das encostas (forma, comprimento e declividade).

## **2.5 Riscos hidrológicos (enchentes, alagamentos e inundações)**

As enchentes urbanas constituem-se num importante e agravante impacto sobre a sociedade, pois a maioria das cidades desenvolveu sua malha urbana ao longo dos leitos dos rios,

onde no período de cheias a população sofre com o transbordamento das águas nessas áreas. Sobre esse assunto, opina Tucci (1997) esclarecendo que:

Devido à grande dificuldade de meios de transporte no passado, utilizava-se o rio como via principal. As cidades se desenvolveram às margens dos rios ou no litoral. Pela própria experiência dos antigos moradores, a população procurou habitar as zonas mais altas onde o rio dificilmente chegaria. Com o crescimento desordenado e acelerado das cidades, principalmente na segunda metade do século passado, as áreas de risco considerável, como as várzeas inundáveis, foram ocupadas, trazendo como consequência prejuízos humanos e matérias de grande monta (TUCCI 1997, p.667).

O aumento da impermeabilização do solo, bem como, diversas ações relativas à dinâmica do espaço urbano – carência de saneamento básico, ocupação nos leitos dos rios - contribuem na formação de áreas inundáveis. Nesse contexto é que Vieira & Cunha (2005) compreendem esse impacto ser provocado por uma série de fatores como: aumento da precipitação, vazão de picos de cheia, estrangulamento das seções transversais do rio, assoreamento, aterro e lixo.

As enchentes caracterizam-se pela sua irregularidade de ocorrências, e se constituem em “grandes cheias que ocorrem nos rios e geralmente causam verdadeiros desastres resultando em perdas na agricultura, pecuária e nas cidades próximas aos rios” (GUERRA, 1989, p.148).

Para Tucci (1997) as enchentes acontecem quando a precipitação é intensa e a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio pode ser superior à sua capacidade de drenagem resultando na inundação de suas áreas ribeirinhas. Os problemas da inundação causada pelas enchentes dependem do grau de ocupação das várzeas pela população e da frequência com a qual ocorrem as inundações. Quanto maior a intensidade da ocupação, maior é a possibilidade de ocorrerem pessoas atingidas pelas águas.

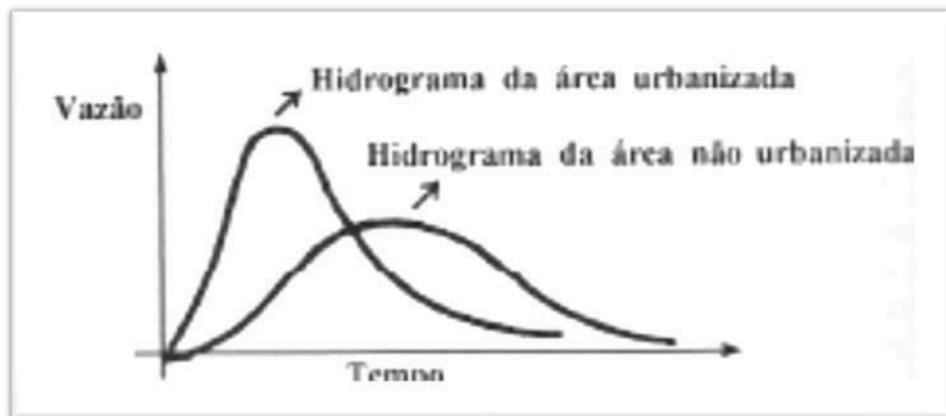
Delgado (2000 apud Cristo 2002) trata a enchente como cheia, sendo um evento que resulta da incapacidade temporária de um canal de drenagem conter, em sua calha normal, o volume de água por este recebido, ocasionando o extravasamento da água excedente.

Em condições naturais, as planícies e fundos de vales estreitos apresentam lento escoamento superficial das águas das chuvas, e nas áreas urbanas estes fenômenos têm sido intensificados por alterações antrópicas, como a impermeabilização do solo, retificação e assoreamento de cursos d'água. Tucci (2006, p.401) apresenta dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada, causando as enchentes urbanas:

**Enchentes devido à urbanização** – aumento da frequência e magnitude das enchentes devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos insuficientes.

A impermeabilização do solo condiciona o volume de água precipitada a serem escoados por canais que não suportam o fluxo superficial, havendo assim o aumento do volume do escoamento exigindo maior capacidade de fluxo nessas seções (figura 07).

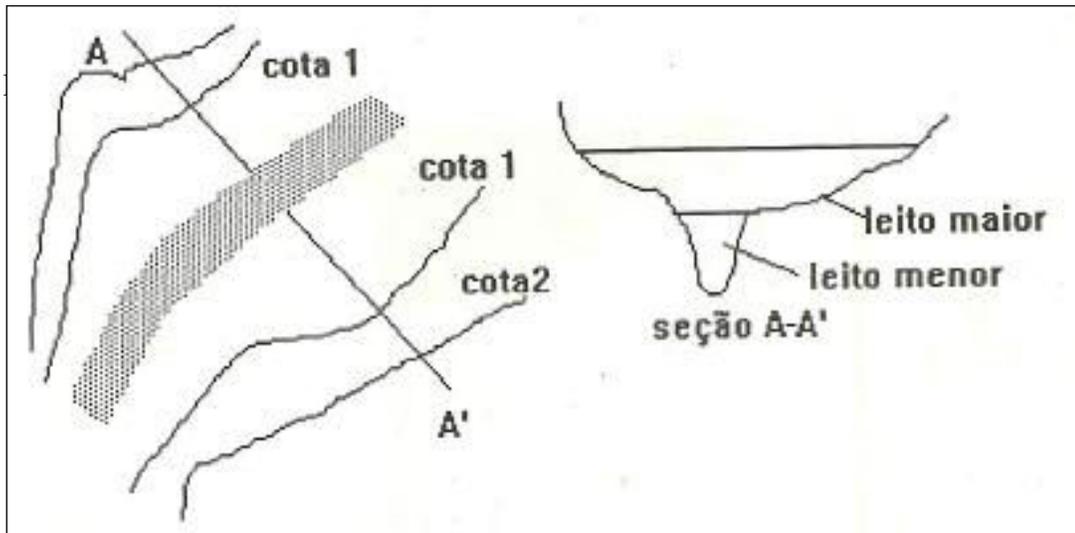
Figura 07: Histograma hipotético comparando a vazão do rio em área urbanizada e não urbanizada



Fonte: Tucci, 1995.

**Enchentes em áreas ribeirinhas** – são enchentes naturais que atingem a população que ocupa o leito maior dos rios em períodos chuvosos extremos (figura 08). Ocorrem principalmente, quando planos diretores não restringem às áreas de riscos a inundação, pois, a sequência de anos sem enchentes é o suficiente para serem ocupadas tanto pela população de baixa renda em estruturas precárias, quanto loteada pelas construtoras.

Figura 08: Inundação de áreas ribeirinhas



## 2.6 Mapeamento de áreas de risco

O mapeamento de áreas de riscos é um instrumento de fundamental importância principalmente na realização de planejamentos urbanos, pois fornecem subsídios na execução de Planos Diretores, Planos de Ações Preventivas a desastres, bem como na tomada de decisão para aplicar medidas almejando o controle das situações de riscos.

No Brasil os métodos, técnicas de identificação, análise e cartografia dos riscos naturais possuem um amplo desenvolvimento, sendo que na maioria tratam dos movimentos de massa. Existem atualmente inúmeras propostas para elaboração de cartas de risco no Brasil, destacando-se os trabalhos desenvolvidos pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo).

Sobre a definição e mapeamento das áreas de riscos Castro (1996) expõe o seguinte entendimento:

A definição e mapeamento de áreas de risco e o conseqüente zoneamento urbano, periurbano e rural facilitam o correto aproveitamento do espaço geográfico e permitem uma definição precisa de áreas, non aedificandi, aedificandi com restrições, e aedificandi sem outras restrições, que não as impostas pelo código de obras local. Dá-se ênfase para as áreas aedificandi com restrições, aos quais correspondem aos locais atingidos por alagamentos, mas onde as águas fluem sem impetuosidade, podem ser construídas habitações sobre pilotis, ou com sótãos habitáveis, mediante adaptações pré-planejadas (CASTRO, 1996, p. 37).

A partir da representação e interpretação cartográfica é possível zonar as áreas de restrições ao uso. O mapeamento permite, por exemplo, a identificação de áreas de riscos, principalmente de inundações e cheias através da visualização de cotas máximas de vazão o que facilita o zoneamento urbano.

Para a visualização das situações de riscos as possibilidades são amplas e variadas. Carpi Júnior (2001) sugere a elaboração de mapas temáticos, mostrando riscos específicos (enchentes, erosão, assoreamento, mortandade de peixes, etc.), como também os de mapas sínteses que visem uma ideia geral dos fatos detectados.

Para a confecção do mapa de riscos é necessário a análise integrada dos dados obtidos sobre o meio físico, o uso do solo e o mapeamento de campo, este último tem a função de mapear os eventos e as áreas potenciais ao risco para ser representado cartograficamente.

O mapeamento do risco para Cerri e Amaral (1998) é iniciado com um levantamento geológico-geotécnico da área de estudo, visando ambientar a equipe técnica com as condições geológicas presentes na área. A partir dessa etapa, orienta-se avaliar a qualidade das informações obtidas com a interpretação das fotografias aéreas e cartas topográficas.

O nível de escala favorece a interpretação com os níveis de detalhes diferenciados. Quando se trata de estudos urbanos, aconselha-se o uso de escala de 1:10.000; 1: 5.000; 1:1.000

## **2.7 Planejamento e ordenamento ambiental do espaço urbano**

As intervenções humanas e os consequentes graus de transformações do meio natural têm alterado os fluxos de energia e matéria, bem como a intensidade e funcionalidade da própria natureza. A natureza antes vista como ilimitada e a serviço das necessidades humanas, torna-se motivo de preocupação quanto a sua forma de uso, inferindo na necessidade de planejamento adequado dos meios naturais. Ao comungar do conceito de planejamento com Silva (2007), entende-se por planos de ordem territorial criado a partir da década de 1920 para atender o crescimento econômico na natureza limitada.

Apesar do planejamento não ser algo novo na história da humanidade, é com a agregação de novas tecnologias e da busca de garantir o ritmo produtivo, após Primeira Guerra Mundial, que se ancora a visão de planejamento. O marco das preocupações do homem moderno com o meio ambiente expressa-se no clube de Roma<sup>2</sup>. No entanto, foi a partir da década de 1970 que a compreensão de planejamento acrescentou a questão ecológica e os problemas ambientais em suas vertentes de instrumentos e análise ambiental.

O planejamento ambiental apresenta-se como uma ferramenta de trabalho para tomada de decisões e organização das ações de forma lógica e racional. Entretanto, as diferenças conceituais do planejamento podem levar a abordagens metodológicas totalmente distintas. Assim, os objetivos, a estrutura e os procedimentos em um planejamento serão definidos a partir de um ideário norteador de todo o seu processo, que levará a conceitos e premissas de desenvolvimento, para um certo espaço, num determinado tempo (SANTOS, 2004).

Para Christofolletti (2005) o planejamento sempre envolve a questão da espacialidade, pois incide na implementação de atividades em determinado território. Constitui num processo que repercute nas características, funcionamento e dinâmica das organizações espaciais. Assim, deve - se levar em consideração tanto os aspectos dos sistemas ambientais físicos (geossistemas), quanto os dos sistemas sócio-econômicos nas etapas de planejamento e ordenamento territorial.

As estratégias do planejamento ambiental devem prevê ações num contexto de análise espacial de forma não individualizada ou isolada das outras ações no território. Santos (2004) afirma que o planejamento e ordenamento ambiental devem estabelecer informações técnicas (diagnóstico, relatórios, mapeamentos), social (com a participação social nas etapas da gestão) e político (uso da ética e eficiência na gestão ambiental).

O processo de planejamento e gestão ambiental deve está pautado na base teórica – metodológica e tecnologia da informação. A base teórica – metodológica precisa ser fundada na visão holística e sistêmica do meio ambiente e as tecnologias deve permitir a produção de dados para subsidiar os estudos e as tomadas de decisão (ROSS (2006).

---

<sup>2</sup> Reunião idealizada por empresários e executivos em 1968 que contou com estudiosos de diversas áreas do conhecimento para discutirem o limite dos recursos naturais e o futuro da humanidade.

Quando se trata de planejamento do sítio urbano, a topografia surge como um dos principais elementos a orientar o processo de ocupação. Os conhecimentos geomorfológicos sobre a dinâmica do relevo propiciam a compreensão dos níveis de potencialidade e fragilidade para o seu uso. Christofolletti (2009), ao tratar da aplicabilidade dos conhecimentos da Geomorfologia no planejamento urbano, afirma que:

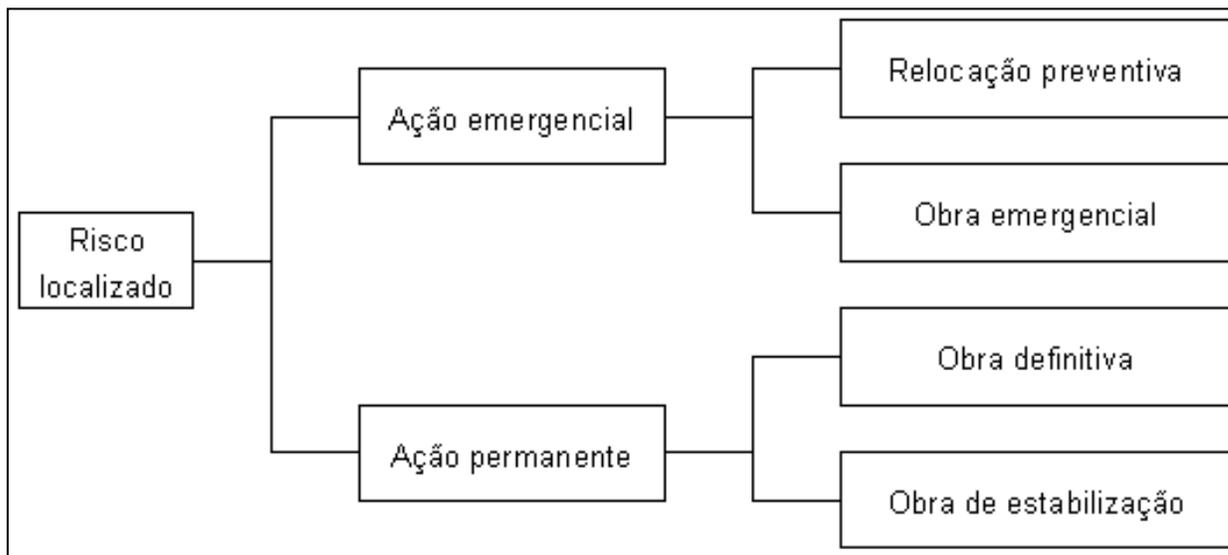
Ao lado do reconhecimento das unidades morfotopográficas, relacionadas com a planície de inundação, terraços, patamares, áreas colinosas e amorreadas, e outros níveis morfológicos, houve o desenvolvimento das análises a respeito dos processos geomorfológicos e do delineamento avaliativo das áreas de riscos. (...) os trabalhos a propósito de voçorocas em áreas urbanas surgem como contribuições significativas ao planejamento do uso do solo (CHRISTOFOLETTI, 2009, p. 421).

Além do planejamento, o ordenamento territorial apresenta-se como instrumento fundamental no gerenciamento ambiental e consiste em compatibilizar as necessidades do homem relativas à ocupação e ao uso do solo com a capacidade de suporte do território que se pretende ocupar (ALMEIDA, 2007).

Sobre a aplicabilidade e a metodologia básica do ordenamento “são muito diversificadas as metodologias aplicadas ao ordenamento territorial para fins de gestão ambiental, tendo todas elas em comum a representação do território por meio de mapas temáticos, que serve de base para avaliações e tomadas de decisões” (ALMEIDA, 2007, p.333). A elaboração dos mapas temáticos, para fim de gestão ambiental, tende a abordar informações do espaço físico, das condições sociais e econômicas que dinamizam o território. O aperfeiçoamento dos conhecimentos cartográficos na elaboração dos mapas geotécnicos se adequou as necessidades emergentes de planejamento e ordenamento territorial e urbano.

Com as informações sobre a realidade dos riscos e seu nível de ameaça, torna-se possível guiar as ações de intervenção nelas. A figura 09 mostra o esquema de ação a partir do diagnóstico do risco elaborado por Casseti (1991).

Figura 09: Ação a partir do diagnóstico do risco.



Fonte: Caseti (1991)

As ações aplicadas para o controle dos riscos, sejam elas de ordem emergencial ou permanente, são determinadas tanto pelo caráter de urgência identificado no processo investigativo, quanto pela disponibilidade de investimento por parte do poder público. As obras desenvolvidas pelas ações públicas apresentam-se tanto de ordem preventiva quanto definitiva, variante a partir das necessidades e interesses presentes.

## 3 CONDICIONANTES DO SISTEMA AMBIENTAL FÍSICO DE ARACAJU

---

### 3.1 Clima e condições meteorológicas

O clima é um componente ambiental controlador dos processos e da dinâmica do sistema ambiental físico, pois fornece calor e umidade. Resulta de um processo complexo, que envolve os componentes terrestres em uma expressiva variabilidade têmporo-espaical sendo um elemento definidor e fator configurador de um lugar.

O Nordeste brasileiro é fortemente influenciado pela presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as condições ambientais são determinadas pela baixa pressão atmosférica, com chuvas e trovoadas originadas pela convergência dos ventos alísios dos dois hemisférios e a decorrente formação de massa de nuvens que resultam em precipitações. Esta zona migra sazonalmente de sua posição mais ao norte até posições mais ao sul, durante o verão austral, com uma diferença temporal de cerca de 50 dias.

Quando a ZCIT está mais ao norte, situação comumente verificada nos meses de agosto a outubro, os ventos alísios de sudeste são intensos, ocorrendo uma progressiva diminuição da intensidade desses ventos à medida que a ZCIT migra em direção ao Equador, alcançando os valores mínimos anuais durante os meses de março e abril. Essa dinâmica migratória é importante quando se refere na predominância do vento que afeta a cidade de Aracaju, pois influencia no padrão de circulação oceânica e das correntes costeiras consequentes à circulação de vento (PIRES & PINTO, 2011).

No contexto regional, Aracaju localiza-se na porção oriental do Estado de Sergipe e está controlada durante o ano pelo anticiclone semifixo do Atlântico Sul que dá origem as massas de ar Tropical Atlântica (mTa) e Equatorial Atlântica (mEa). A primeira, proveniente da região oriental do anticiclone, atinge o Nordeste brasileiro provocando os alísios de SE e a segunda, oriunda da parte setentrional do anticiclone, originando os ventos de NE, chamados alísios de retorno (FONTES & CORREIA, 2009).

As condições geográficas definem o clima local do tipo Megatérmico Subúmido Úmido (C2 A' a') segundo a classificação de Thornthwaite (1948). Caracteriza-se como o clima mais úmido, segundo a escala de classificação, decorrentes da influência da dinâmica marinha e da sua posição geográfica, bem como, das interações entre o sistema meteorológico durante o ano.

A faixa litorânea de Aracaju apresenta um a três meses secos, entre dezembro e fevereiro, corresponde à área na qual a precipitação é bem distribuída durante o ano e onde se registram os maiores totais. A precipitação concentra-se nos meses de abril/maio, especialmente outono-inverno resultante da propagação da Frente Polar Atlântica e das Correntes Perturbadas de Leste, que asseguram boa distribuição durante o ano. O registro das precipitações dos anos mais chuvosos em Aracaju nas últimas décadas chega ao seu pico com 2226,2 mm em 2006 e 1931,4 em 2005.

Tabela 01: Aracaju - Distribuição mensal da pluviosidade, 1990/ 2010.

ANOS	MESES												TOTAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JULH	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1990	60,1	12,7	76,0	205,2	160,4	193,1	231,7	225,4	106,8	139,5	37,7	56,5	1505,0
1991	26,7	6,9	73,7	145,2	523,4	259,4	108,0	198,7	34,1	11,7	131,9	26,2	1579,4
1992	156,1	141,1	251,8	126,3	226,6	228,8	250,9	67,1	110,9	23,5	96,8	46,0	1630,0
1993	5,3	0,5	11,2	97,2	118,4	217,6	118,5	109,7	36,4	160,8	46,1	29,5	1006,0
1994	32,0	106,0	13,6	150,7	139,0	342,1	343,8	126,9	49,9	47,4	4,8	23,5	1407,7
1995	6,8	53,6	44,3	212,5	115,9	260,2	192,4	65,7	52,7	1,2	134,9	0,0	1193,5
1996	20,5	17,6	60,3	486,2	130,3	252,5	87,4	247,4	64,2	61,2	85,3	58,0	1610,5
1997	95,6	147,2	105,1	273,1	352,3	216,1	115,0	64,0	12,2	5,4	15,0	7,8	1373,3
1998	40,5	19,3	78,2	54,5	223,2	380,3	171,5	142,9	42,4	6,2	0,6	23,9	1203,1
1999	10,2	40,6	15,6	101,5	337,4	103,2	124,8	154,2	68,2	191,8	165,0	17,0	1379,4
2000	43,9	289	90,9	327,4	70,7	169,0	51,5	106,3	75,7	2,0	73,1	38,5	1354,2
2001	13,0	48,8	87,7	80,4	107,4	311,6	230,1	156,4	104,0	125,5	72,8	93,7	1478,5
2002	155,7	50,1	55,8	54	316,7	280,9	111	64,3	40,6	9,1	16,0	10,2	1068,8
2003	15,5	103,4	60,8	81,9	267,6	157,1	195,4	122,3	62	166,4	130,0	37,6	1444,6
2004	284,1	55,7	38,5	91,7	204,4	154,2	180,7	173,9	67,0	5,1	30,2	0,0	1061,5
2005	70,8	85,9	141,0	235,2	331,0	317,8	371,4	225,0	39,6	27,5	6,4	89,2	1930,1
2006	44,3	44,6	91,9	362,6	545,2	348,0	246,2	120,1	118,0	260,8	38,0	6,5	2226,2
2007	35,3	191,2	153,8	213,3	222,9	155,1	230,7	179,8	63,1	45,8	12,3	21,6	1549,7
2008	35,0	112,9	340,7	169,2	461,9	142,2	105,5	124,5	47,2	35,4	1,1	21,9	1622,6
2009	25,4	44,6	55,8	168,6	622,0	112,0	121,8	146,7	65,4	10,6	8,0	17,2	1432,8
2010	26,9	74,7	37,6	444,8	170,4	322,0	178,8	124,8	101,0	11,5	10,5	11,3	1547,5

Fonte: INFRAERO, 2011

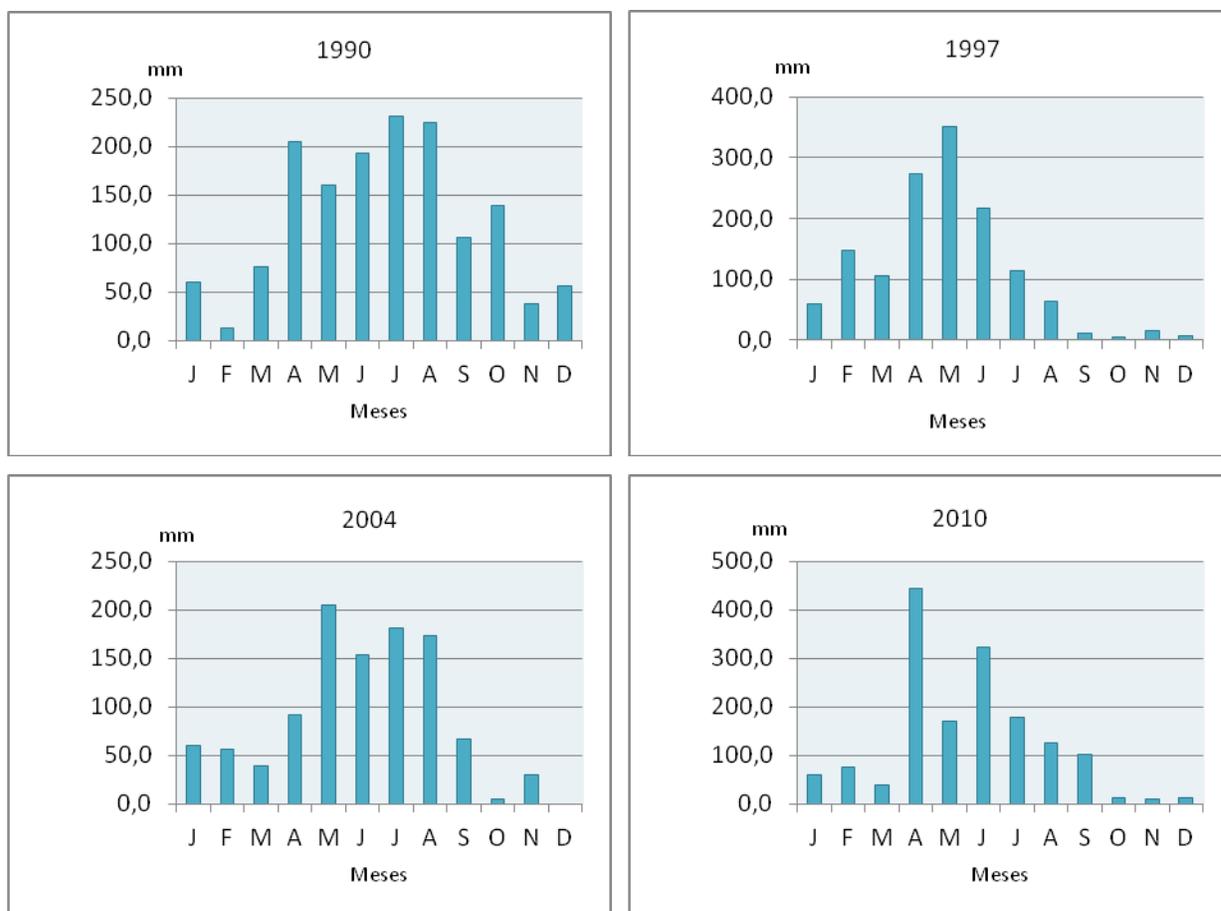
Organização: Alizete dos Santos, 2011.

A precipitações dos meses mais chuvosos nessa série temporal apresentam os seguintes valores: 523,4mm (maio/1991); 486,2mm (abril/1996); 352,3mm (maio/1997); 380,3mm (abril/1998); 362,6mm (abril/2006); 545,2mm (maio/2006); 461,9mm (maio de 2008) e

444,8mm (abril/2010). Os meses mais chuvosos foram abril e maio, enquanto os menores índices registrados oscilam entre outubro e janeiro, sendo os registros mais agravantes concentrados nos meses de dezembro como segue: 0,0mm (dezembro/1994 e 2004); 1,2 (outubro/1995); 5,3 mm (1993) e 0,6mm (novembro/1998).

No período entre 1990 e 2010, Aracaju apresentou um registro de menor índice pluviométrico anual em 1993 com totais de 1006,0mm; 1995 com 1193,5mm; 2002 registrando 1068,8mm e em 2004 com 1061,5mm.

Figura 10: Aracaju – Precipitação Pluviométrica Mensal – 1990, 1997, 2004 e 2010



Organização: Alizete dos Santos, 2011.

O excedente hídrico gerado a partir das precipitações pluviométricas de grande magnitude tem ao longo do tempo causando transtornos de diversas ordens para a população aracajuana, a exemplo dos 118 mm de chuvas registradas em apenas 01(um) dia em 2010 que gerou 63 pontos

de alagamentos e 11 áreas sujeitas a desabamentos, nos bairros Cidade Nova, Jitimana, Olaria, Porto Dantas e Soledade.

Nos registros da pluviosidade diária, o mês de maio apresenta a pluviosidade mais concentrada no período de 24 horas, destacam-se 157,6mm em 5/05/2011; 118,4mm em 10/04/2010; 110 mm em 21/06/2007; 98,8mm em 01/06/1994; 80mm em 21/06/2007. Para o INMET (2011), em maio de 2011 registrou-se 157,6 mm em 24horas, o maior dado desde 1964 (171,6 mm), as consequências foi o fechamento do aeroporto por algumas horas, e o desencadeamento dos eventos de ordem hidrológica e geomorfológica que colocaram a população em risco.

Nos meses de maiores índices pluviométricos freqüentemente encontra-se maiores totais de chuvas em 24 horas que chegam a superar o volume de precipitação total dos meses mais secos (Tabela 02).

A distribuição estacional da precipitação é um fator decisivo no volume de recarga da água subterrânea. O alto índice de pluviosidade favorece a elevação do nível do lençol freático, interceptando a superfície do terreno e gerando áreas embrejadas, lagoas temporárias, entre outros (FONTES, 2003).

A concentração dos altos volumes de chuva em Aracaju em 24 horas resulta na problematização dos riscos a partir da deficiência de escoamento das águas, ou mesmo, no que diz respeito ao aumento da vazão dos rios do município ocasionando pontos de inundação.

Tabela 02: Aracaju – Totais Pluviométricos diários 2009/2010.

Dias	ANO DE 2009												ANO DE 2010											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Julh	Agos	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Julh	Agos	Set	Out	Nov	Dez
1	0,5	0	4,6	0	20,3	6,4	0	0,8	0,6	0	0	0	0	20,5	0	0,2	0	0	10	7,8	4	0	0	0
2	0	0	18,4	0	12,1	0,6	0	3,7	1,3	0,4	0	0	0	2,8	0	6	0	13,2	0,3	0,3	0	0	0	0
3	0	0	4,3	0	0	0	3,7	1,2	7,5	6,2	0	0	4	0,7	0	34	30,2	36	13,5	6	5,3	0	0	0
4	0	2,9	25	0	5,4	0	0	3,8	0	1	6,2	0	4	6,2	0	12,6	<b>52,8</b>	0,6	1,5	24,8	0	0	0	0
5	0	0,8	0	0	0,6	0	0,6	11,6	0	0	0	0	1,3	0,9	0	0	12,2	1,4	18,5	4,3	0	0	0	0
6	0	0	0	0	14,4	8,4	1	0	0	0	0	0	0,4	0	1,4	0	1,4	1,2	3,5	4,3	1,8	0	0	0
7	0	0	0	0	11,8	0	5,3	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	4,4	0,3	0	2,3	0	0	0
8	0	0	0	3,2	1,8	2,5	0	4	0	0	0	0	0,2	7,2	0	10	1	31,2	1,3	0	6,5	0	0	0
9	0	0	0	0	8,4	45,5	0	3	0	0	0	0	0	1,2	0	<b>66,6</b>	15,8	8,2	18,3	0	0	0	0,8	0
10	0	0	0	0	<b>62,1</b>	13,8	6,6	0	0,8	0	0	0	0	0	0	<b>118,4</b>	0	<b>81,2</b>	1,3	0	0	0	2,3	6,3
11	1,8	0	1,1	0	<b>70,5</b>	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0,6	0	<b>66,4</b>	0	11,8	0	0	29	0	1,3	0
12	10,8	0	0,8	2,4	42,8	0	0	0	22,2	0	0	5,4	0	3,8	0	42,4	4,8	4	9	11	11	0	0	0
13	3,4	0	0,3	3,4	67,2	0	0	1	1,6	0	0	0	0	12,2	0	23	2,4	17	37	19,5	18,5	0	0	0
14	0	0	0	2,2	3,8	0	4,2	4,2	15	0	0	0	0	3,2	0	23	5	1,2	0,3	9	1	0	0	0
15	0,3	0	0	0	5,7	0	0	5,6	8,8	0	0	0	0,6	2,4	5,8	3,2	0	0	0	9,3	0	0,3	0	0,3
16	1,6	0	0	26	2,5	0,6	19,2	3,4	4,8	0	0	0	0	2	0	25	11,6	1,2	10,8	0,3	1	0	0	0
17	1,8	2,3	0	0	8,6	10,2	7,2	4,5	1,2	0	0	0	3,2	0,6	1,2	0	9,8	8,8	0	3	1,5	0	0	0
18	0	8,2	0	4,2	32,8	9,9	0	3,9	1	0	0	2,1	0	0	2,2	2,2	0,6	0,8	5	0	9,8	0	0	0,5
19	0	0,8	0	1,6	76	0,5	0	<b>37,2</b>	0,4	0	0	0	0	0	0	2	0	4,8	4	0	0	0	0	2,3
20	0	3,8	0,8	0,3	32,8	3,6	0	31,8	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0,2	2,4	12,5	0	0,8	1,8	0	0
21	0	4,1	0	28,7	<b>58,2</b>	5,4	0	0	0,2	0	0	0	0	0	16,6	0	5,8	2,2	2	0	1,5	4,5	0	0
22	0	0,2	0	47	<b>39,4</b>	3	18	0,3	0	0	0	2,6	0	0	0,4	0	4,4	8,2	6,8	2	1,3	1,5	6,3	0
23	0	4,6	0	28,2	1,2	1,6	11,2	0,3	0	0	0	0	0,8	0	2,2	0	1,6	24	2,5	0,8	0,3	3,3	0	0
24	0	2,4	0	1,8	0	0	0,6	1	0	0	0	1,5	0	0	5,2	0	0	1	2,8	1,5	0,5	0	0	0
25	0	1,4	0	0	0	-	0	15	0	0	1,8	0	7,4	0	0	6	2,6	27	1,3	0	1,5	0	0	0

<b>26</b>	0	0,8	0	0	0,4	-	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	1,8	21	5,5	6,8	3,8	0	0	0
<b>27</b>	0	9	0	0	5,8	-	5,4	14	0	0	0	5,6	0	0	0,2	0,8	0	0,2	1,8	0	0	0	0	0	0
<b>28</b>	0	3,3	0	0	0,5	-	3	6,4	0	0	0	0	1,4	8	1	0	0,6	0	1	0,5	0	0	0	0	1,8
<b>29</b>	1,6		0	0	10,1	-	9,8	5,2	0	2,8	0	0	3	1	0	0	0	1,4	5,5	0,5	0	0	0	0	0
<b>30</b>	3,6		0	19,6	15,8	-	1,2	9	0	0,2	0	0	0	0,8	0	0,2	5,8	6,8	0,3	1	0	0	0	0	0
<b>31</b>	0		0		8,8	-	21,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0		2,8	9,3	0	0	0	0	0,3
Total	25,4	44,6	55,8	168,6	622	112	121,8	170,9	65,4	10,6	8	17,2	26,9	74,7	37,6	444,8	170,4	322	178,8	124,8	101	11,5	10,5	11,3	

Fonte: CEMESE/SEMARH, 2011.

(Continuação)

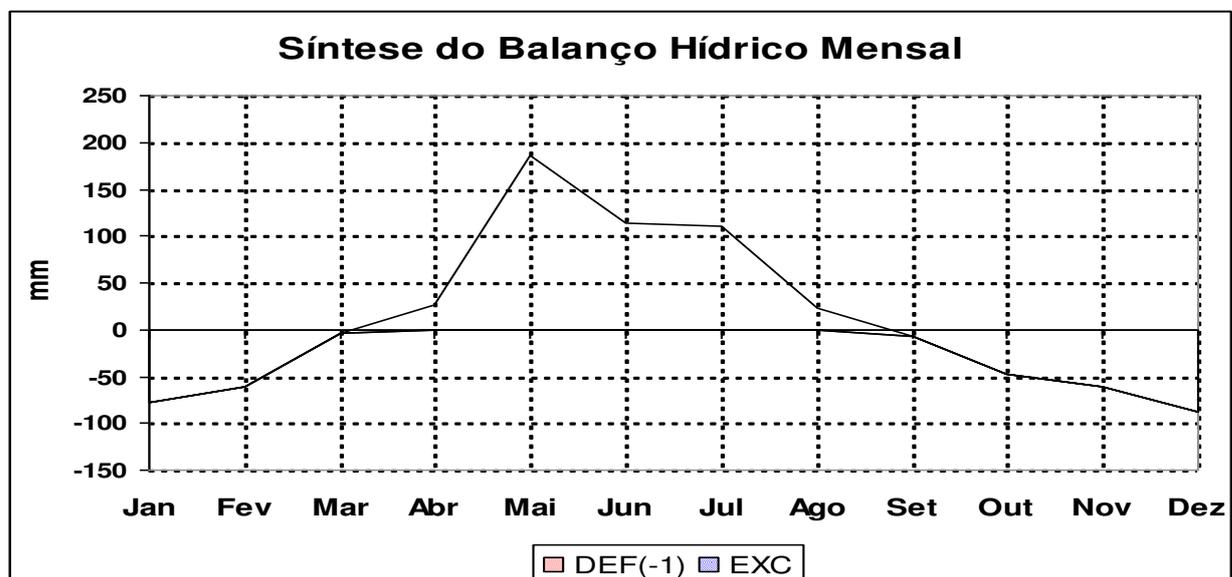
Organização: Alizete dos Santos, 2011.

A distribuição irregular dos totais de chuva durante o ano influencia na drenagem urbana a partir da recarga do lençol freático e da dinâmica de escoamento superficial, como também na variável taxa de evapotranspiração potencial. No período chuvoso as águas podem ser infiltradas e escoadas pela cobertura da superfície permitindo a esculptura do relevo com os processos morfogenéticos. Outra condição é a evapotranspiração das águas presentes nos corpos hídricos, vegetais e animais.

A impermeabilidade do solo urbano tem prejudicado o escoamento areolar, não tendo a rede de captação capacidade suficiente para escoar de modo rápido, o grande volume de água que se acumula nas baixadas desenvolvendo pontos de alagamentos de ruas (ARAÚJO, 2007).

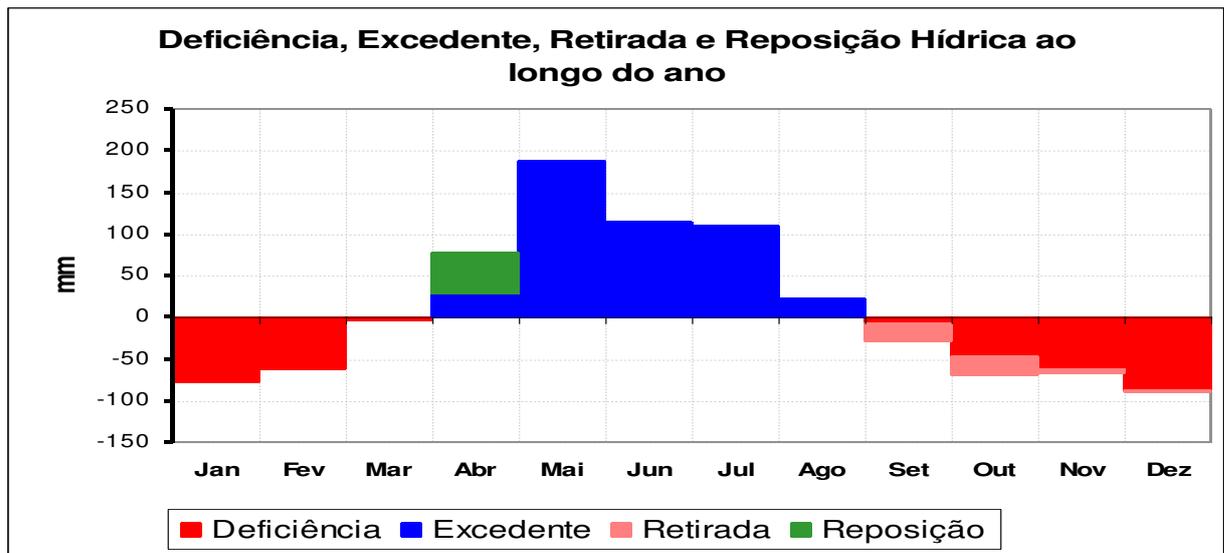
O excedente hídrico está associado à retenção de água que se infiltra influenciando nas características hidrológicas dos cursos de água, e no lençol freático. A saturação e impermeabilidade do solo em pontos diferenciados favorecem a formação de picos de cheias e de lagoas. A leitura das figuras 11 e 12 permite compreender a síntese do balanço hídrico do ano 2000.

Figura 11 – Aracaju - Síntese do balanço hídrico mensal, 2000.



Fonte: Banco de dados hidroclimatológicos da Sudene, 2001.

Figura 12 – Aracaju - Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica, 2001.



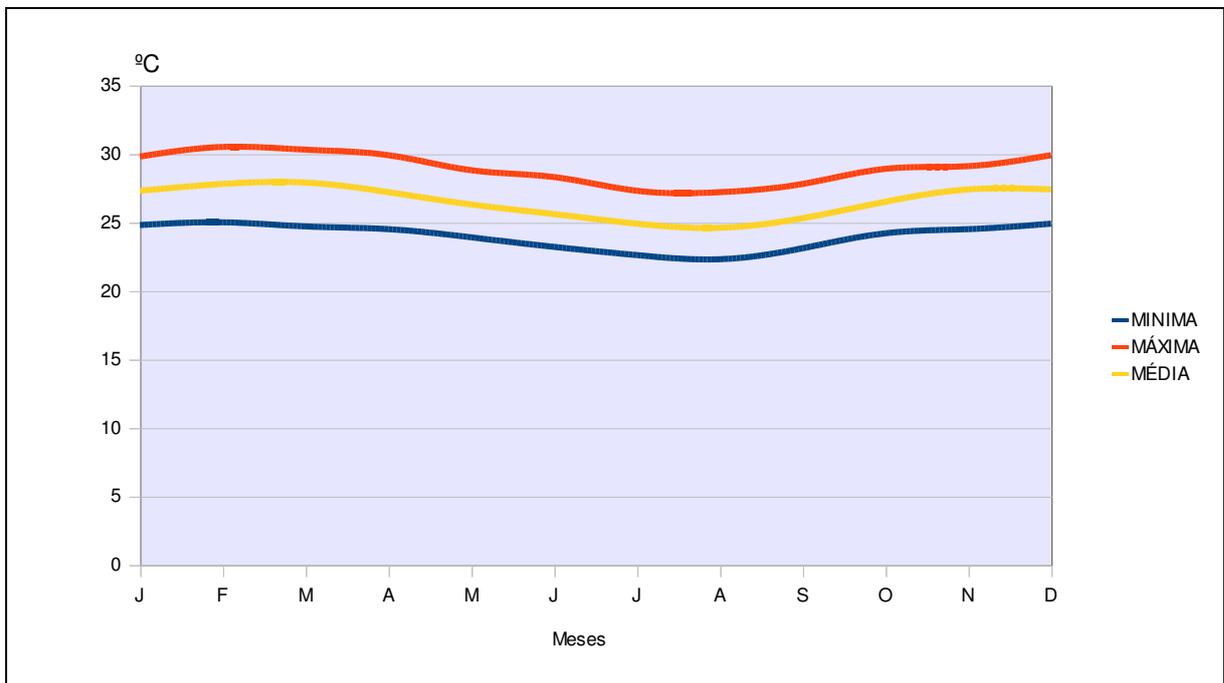
Fonte: Banco de dados hidroclimatológicos da Sudene, 2001.

De modo representativo, é possível identificar a distribuição mensal dos valores relativos ao excedente e déficits hídricos. Entre o período de março a agosto ocorre excedente hídrico, sendo que o período de deficiência hídrica ocorre entre setembro a março, particularmente durante os meses de temperaturas mais elevadas que favorece a taxa de evapotranspiração.

Por ser um ambiente de característica climática tropical litorânea a influência das correntes de ar marinha e continental com a liberação do calor latente da precipitação pluviométrica favorecem o registro de temperatura média do mês mais quente entre 26° e 27°C, e do mês mais frio oscilando entre 24° e 25°C (Figura 13).

As condições térmicas quase homogêneas, típicas de Aracaju, estão associadas à umidade relativa do ar que, no período de 1994 a 2010 não ultrapassaram a média anual de 86% e não baixaram a menos de 71,5%.

Figura 13: Aracaju – Temperatura Média Mensal, 2008/2010.



Fonte: INFRAERO, 2011

Organização: Alizete dos Santos, 2012.

A umidade relativa do ar e a direção dos ventos favorecem a dinâmica climática do litoral sergipano, com o aumento da erosividade da chuva a partir da energia cinética das gotas que causa a erosão por splash, e maior capacidade de abrasão eólica com a dinâmica dos ventos.

A sazonalidade da direção dos ventos está relacionada com a posição do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Durante os meses de março a julho há o predomínio dos ventos sudeste, enquanto no verão encontra-se o leste-nordeste. Entre setembro e fevereiro há predomínio dos ventos de leste com registro de velocidades mais intensas podendo chegar a 3,9 m/s (Tabela 03).

A velocidade média dos ventos em 2011 teve sua maior elevação nas chuvas de trovoadas entre os meses de novembro e dezembro, registrando ventos com velocidades que não ultrapassaram os 23,9km/h, fato justificado pelo baixo gradiente de pressão nesses meses. Em contra partida, os baixos registros da média da velocidade ocorreram nos meses de março (18,9km/h) e abril (19,9 km/h).

Tabela 03 – Aracaju – Umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, 2011.

Mês	Umidade relativa do ar	Direção dominante do vento	Velocidade (km/h)
Jan	80,6	E	21,4
Fev	71,5	E	23,9
Mar	72,5	SE	18,9
Abr	74,9	SE	19,1
Mai	74,3	SE	19,3
Jun	79,1	SE	18,9
Jul	70,8	SE	21,5
Ago	80,0	E	19,5
Set	68,9	E	22,3
Out	72,9	E	21,7
Nov	72,4	E	23
Dez	72	-	23

Fonte: INFRAERO, 2012.

Em análise sobre o clima urbano de Aracaju Pires & Pinto (2011) Apresentam as barreiras artificiais das direções dos ventos, ou da circulação térmica, que têm favorecido para uma possível mudança no microclima local da cidade. A circulação térmica forçada corresponde aos efeitos produzidos por contrastes térmicos da superfície. Este contraste térmico pode ser atribuído a vários fatores, entre eles as diferenças no tipo de ocupação do solo (urbanização). Assim este tipo de circulação pode gerar tanto as brisas marítimas, quanto a formação de ilha de calor, decorrentes das consequências prováveis da circulação térmica forçada com a utilização do solo e formações de paredões (a verticalização da cidade).

### 3.2 Geologia de superfície e aspectos geomorfológicos

Sob o ponto de vista geológico, o município de Aracaju insere-se na Província Costeira e Margem Continental, que inclui a Bacia Sedimentar de Sergipe (posicionada a leste do Estado, avançando sobre a plataforma continental), além de formações superficiais terciárias e quaternárias continentais, e os sedimentos quaternário da Plataforma Continental (ARAÚJO, 2006).

As formações superficiais cenozoicas existentes em Aracaju abrangem o Grupo Barreiras e as coberturas quaternárias, com predomínio da holocênica (SANTOS et al., 1998).

O Grupo Barreiras é constituído por sedimentos terrígenos (Cascalhos, conglomerados, areias finas e grossas e níveis de argilas), pouco ou não consolidados, de cores variegadas e estratificação irregular, normalmente indistinta e de natureza afossilífera (SCHALLER, 1969; VILAS BOAS et al, 1996). Estão separados da linha de costa pelas coberturas continentais holocênicas e correspondem a depósitos correlativos que ocorreram ao longo da costa brasileira durante o Cenozóico (BIGARELLA & ANDRADE, 1964).

As coberturas quaternárias datadas do holoceno, que por sua vez abrangem a faixa litorânea de Aracaju, englobam os depósitos diferenciados em flúvio marinhos, terraços marinhos, depósitos eólicos litorâneos e depósitos de mangue e pântanos (ARAÚJO, 2006)

Dois níveis de terraços arenosos com características marinhas são predominantes na planície costeira. O primeiro nível de idade pleistocênica, é representado por terraços topograficamente mais altos, em torno de 8m. Estão bem localizados no sopé das vertentes do Grupo Barreiras, sendo delimitados por um rebordo de terraços ligeiramente inclinados para o rio Santa Maria e Canal homônimo. Em certas partes, são cortados pelos canais de drenagem que sulcam os flancos do planalto dissecado, esculpido no Grupo Barreiras.

O segundo nível, que constitui os terraços marinhos holocênicos, encontra-se na parte externa dos terraços pleistocênicos; são de poucas elevações com o topo, variando de poucos centímetros a basicamente 4m acima do nível da atual preamar, apresenta na sua superfície continuas cristas de cordões litorâneos paralelos entre si (BITTENCOURT, et al., 1983).

Os terraços marinhos se caracterizam pela sua pouca espessura que favorece a elevação dos corpos líquidos, como se verifica principalmente entre os cordões litorâneos que apresentam as paleolagunas, presentes nas áreas inundáveis formando lagoas permanentes ou temporárias.

Os depósitos eólicos litorâneos são constituídos pelas dunas do tipo barcana e coalescentes, de pequenas elevações de areia construídas pela ação dos ventos na baixa-mar. Atualmente, são de pouca expressividade espacial e, em vários pontos, mostram-se ativas; em outros estão semifixadas por uma vegetação rasteira que dificultam os efeitos da deflação eólica (ARAÚJO, 2006).

Encontram-se sobrepostas aos terraços marinhos holocênicos, principalmente ao sul do município nas proximidades da linha de costa. De modo geral, as dunas são compostas por sedimentos bem selecionados pela dinâmica eólica ao exercer o transporte e deposição, uma

vez que o vento é o agente mais seletivo da dinâmica externa. Desempenha a função de proteção da costa contra ventos, regularização da linha de alimentação de praias, retenção da água nos aquíferos costeiros pelo aumento da superfície de captação de água pluvial, entre outros (Figura 14).

Figura 14: Dunas móveis presentes no litoral sul do município de Aracaju.



**Créditos:** Alizete dos Santos, 2011.

Os depósitos de mangue e de pântanos ocupam os estuários dos rios Sergipe, Poxim, do Sal e Santa Maria, os canais de maré e as regiões baixas entre os depósitos marinhos pleistocênicos e holocênicos. São formados predominantemente por sedimentos argilo-siltosos ricos em matéria orgânica e apresentam uma vegetação típica desse tipo de solo, que são os mangues.

Figura 15: Mangue na margem direita do Rio do Sal bordejando o bairro o Bairro Porto Dantas (Aracaju).

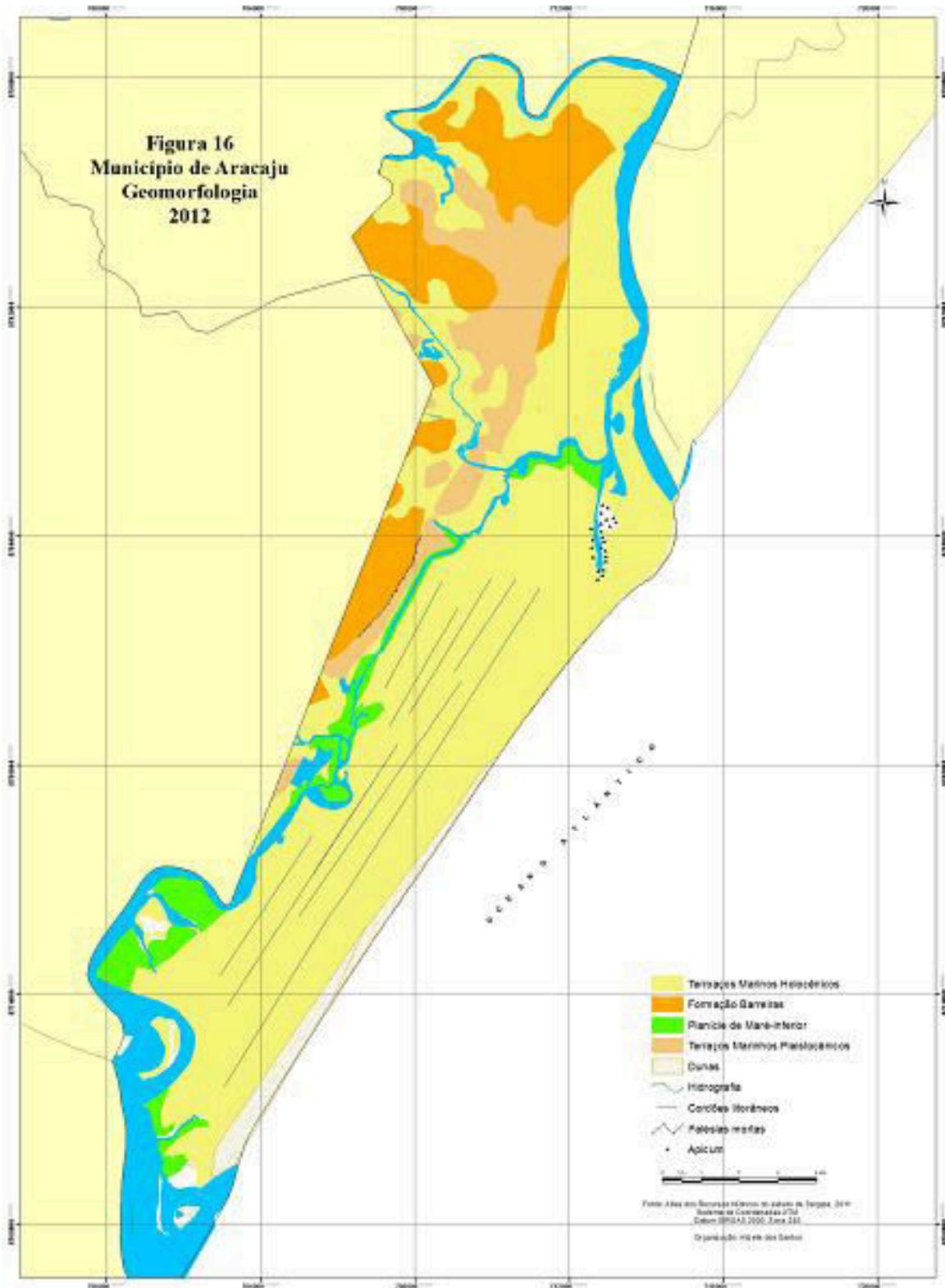


Créditos: Givaldo dos Santos Bezerra, 2011.

A dinâmica das marés presentes nas proximidades dos estuários das bacias dos rios Sergipe e Vaza Barris, permite a formação sedimentológica definidas pelos movimentos de avanços e recuo do mar (VARGAS, 2002).

O depósito de mangue na confluência do rio do Sal com o rio Sergipe apresenta extensa superfície em ambas as margens, bem como nas proximidades dos estuários dos rios Sergipe e Vaza Barris. Com a expansão urbana de Aracaju, grande parte do mangue desapareceu junto com os Terraços Marinhos, de modo que após o bairro Porto Dantas ele se estreita na direção do bairro Industrial, desaparecendo no Centro da Cidade para retornar mais adiante associado ao rio Poxim (ARAÚJO, 2007)

No que refere a **Geomorfologia**, duas unidades do relevo dominam a paisagem de Aracaju: a Planície Costeira e os Tabuleiros Costeiros (Figura 16).



A planície costeira, unidade geomorfológica de maior expressão areal no município, abrange os níveis continentais mais baixos e ocupa uma faixa alongada e assimétrica no sentido NE-SW acompanhando a orla marítima. Sua formação resultou, principalmente, da deposição de sedimentos marinhos e fluviais.

O ambiente das formas deposicionais litorâneas é um dos mais dinâmicos devido à intensidade dos processos morfogenéticos atuantes e à complexidade dos fatores que os provocam, levando a modificações constantes da morfologia costeira, que podem ser observadas em ritmos diários, sazonais ou episódicos (MUEHE, 1994).

Araújo (2006) ao analisar as características do ambiente costeiro em Aracaju destacou quatro formas de acumulações resultantes de processos diferenciados, como segue:

- a) As **acumulações marinhas** – caracterizam-se por ocupar uma área plana, sob a forma de justaposição contínua de restingas e outros cordões marinhos, eventualmente, comportando canais sujeitos à dinâmica das marés (Figura 17).
- b) As **acumulações flúvio-marinhas** – são superfícies aplainadas resultantes da associação de processos fluviais e marinhos sujeita à ação das marés. Esse ambiente caracteriza-se por apresentar ocorrência de manguezal sobre os depósitos argilo-siltosos das margens e sobre os bancos do leito dos rios Poxim, Pitanga, Sal, Sergipe e do Vaza Barris. Sua presença aumenta na direção de W/E após os bairros Jabotiana, São Conrado, Farolândia e Inácio Barbosa até a Av. Beira Mar na chamada maré de Apicum.
- c) **Acumulações fluviais** – representam antigas planícies de inundação que foram abandonadas, associados às fases de afogamento por transgressão e regressão marinhas e que podem sofrer inundações.
- d) **Acumulações eólicas** – encontram-se mais presentes nas proximidades do oceano através da dinâmica dunar. A construção de rodovias que liga a zona sul do município à malha urbana consolidada, bem como a especulação imobiliária favoreceu a degradação de dunas e planícies arenosas em que apresentam alto grau de alteração. A vulnerabilidade natural deste ambiente ainda é alterada pelo

aterro para fins de construção civil principalmente na chamada área de expansão do município localizada ao sul.

Figura 17: Ocupação urbana em ambiente de paleolagunas.

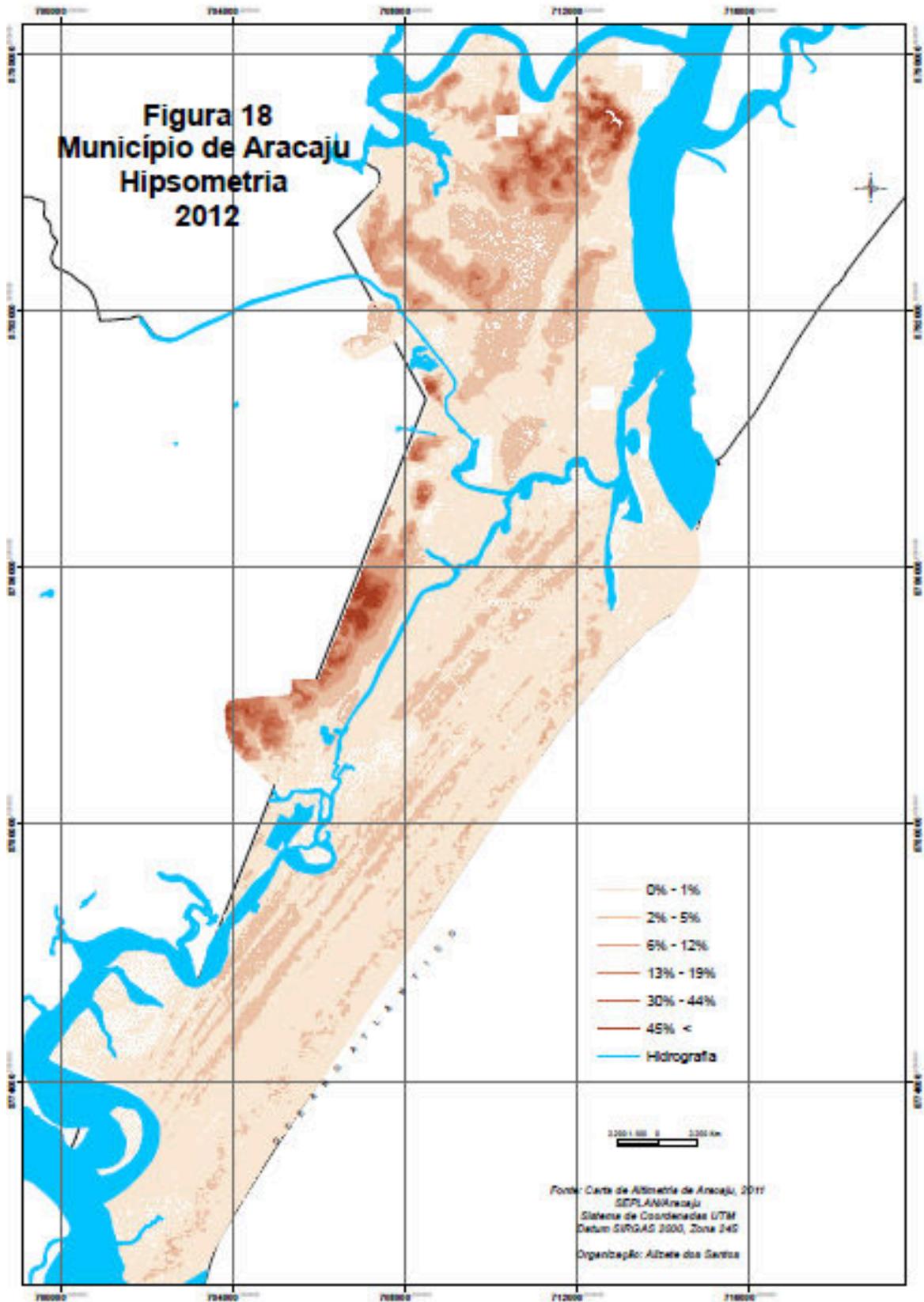


Créditos: Alizete dos Santos, 2011.

Os Tabuleiros Costeiros ocupam a parte mais interna do município principalmente na zona oeste (bairros Jabotiana, Santa Maria, América), norte (Porto Dantas, Cidade Nova e Santos Dumont) e em alguns locais da parte central (Bairro Cirurgia, Getúlio Vargas e Suíssa). Desenvolveu-se em colinas e morros dissecados apresentando formas arredondadas e de considerável cota altimétrica.

Para analisar o fator declividade como condição de risco em Aracaju, adotou-se a classificação proposta por Dias (2000), conforme apresentado no Capítulo 1.

Em se tratando do índice de declividade, as áreas de remanescentes da superfície tabular apresentam altitudes variáveis entre 50 e 100m, e declividade das vertentes entre 6% a 12%. Em gradientes mais altos, encontra-se declividade superior a 45%, a exemplo do Morro do Urubu. As menores altitudes e declividades do terreno situam-se nos terraços fluviais do Rio Sergipe e vaza Barris com os seus respectivos afluentes e flúvio- marinhos mais próximos a foz, bem como nas regiões de terraços marinhos (Figura 18).



Considerando o perfil das encostas, em Aracaju podem ser encontradas vertentes côncavas e convexas. As formas côncavas facilitam a convergência de águas, induzindo a formação de cicatrizes no solo. Constituem-se áreas, de erosão e aporte de sedimentos e sua maior instabilidade decorre da ausência de cobertura vegetal nas áreas de concentração de fluxo (RIBEIRO, 2004).

Os perfis convexos apresentam pouca concavidade na parte basal, sendo em sua maioria de origem natural, e com seguimento quase retilíneo, em raríssimas exceções para as vertentes artificializadas como a da Av. Desembargador Maynard (bairro América – Figura 19) (ARAÚJO, 2006).

Figura 19: Encosta artificial na Av. Desembargador Maynard, 2011.



Créditos: Givaldo dos Santos Bezerra, 2011.

As vertentes convexas funcionam como área dispersora de água e em geral estão associadas à ocorrência de erosão mais uniforme e laminar. Este tipo de feição tende a sofrer maior instabilidade na ocorrência de fluxo concentrados (AZAMBUJA, 2007). Esse tipo de feição encontra-se nos Bairros Cidade Nova, Santa Maria, Porto Dantas/Coqueiral.

A ocupação intensa dessas áreas têm acelerado a dinâmica erosiva e feições morfogenéticas contribuindo para a formação de sulcos, ravinas e voçorocas que além de alterar as formas das vertentes expõem em situação de riscos à população instalada nesses ambientes (Figura 20).

Figura 20: Dinâmica erosiva em vertente dos Tabuleiros Costeiros no Bairro Santa Maria



Créditos: Alizete dos Santos, 2010.

### 3.3 Hidrografia urbana

Historicamente o desenvolvimento e crescimento das cidades eram determinadas pela proximidade dos rios que garantia o fluxo de produção e pessoas através do transporte fluvial. A formação da cidade de Aracaju também teve influência dessas ações. Bem servido de canais de drenagem, a ocupação populacional se expandiu nas proximidades dos canais fluviais, linha de costa e sob os aterros de lagoas e lagoas.

Sobre a ocupação dos terraços fluviais no processo urbano, Tucci (1995, p.20) afirma que “a parcela do leito maior ocupada pela população sempre dependeu da memória dos habitantes e da frequência com que as enchentes ocorriam. Uma sequência de anos sem inundação é motivo para a sociedade pressionar a ocupação do leito maior do rio”.

Em se tratando de Aracaju, há uma distribuição espacial significativa da drenagem fluvial, pois suas terras inserem-se no curso inferior de duas bacias hidrográficas: a bacia do rio Sergipe e do Vaza Barris. Araújo (2006) baseado na classificação da tipologia fluvial apresentada por Christofolletti (1981), classifica o perfil dos canais de drenagem como sendo

do tipo meandantes, com baixo índice de sinuosidade no curso superior, variando gradativamente em direção a jusante, exceção apenas para os rios principais: Sergipe e Vaza Barris.

Dentre os principais afluentes da margem direita do rio Sergipe destaca-se o Rio Poxim que atravessa a cidade no sentido Oeste/Leste abrangendo os bairros Capucho, Jabotiana, São Conrado, Farolândia, Inácio Barbosa, Coroa do Meio e Jardins onde despeja suas águas ao confluir com o rio Sergipe (ARAÚJO, 2006). Apesar do seu curso apresentar nível elevado de poluição hídrica, suas águas são utilizadas no abastecimento de boa parte da população de Aracaju.

Além desse, tem-se o rio do Sal que segundo Araújo (2006) atualmente apresenta suas descargas naturais fortemente influenciadas pela ocupação desordenada de sua microbacia ao longo dos anos, com parcela de urbanização na ordem de 38% de sua área total, traduzindo-se numa elevação significativa no escoamento das águas superficiais, e como consequência uma elevação no pico das cheias.

**Figura 21:** Desembocadura do Rio Sergipe



**Fonte:** SEPLAN, 2004.

A bacia do rio Vaza Barris, abrange parte da zona sul inserida na zona de expansão urbana onde faz limite geográfico entre Aracaju e Itaporanga D`Ajuda. Ainda na Zona de Expansão, na área entre os cordões litorâneos marinhos encontra-se antigas lagoas e lagunas, evidencia da formação do berma com as oscilações do mar e a consequente progradação da

Planície Costeira no período Cenozóico. As áreas alagadiças geralmente são temporárias ou permanentes a depender da carga de abastecimento hídrico, e da profundidade do lençol freático que os alimentam (Figura 23).

Figura 22: Vista Aérea da Zona de Expansão Urbana de Aracaju – 1 Sucessão de Cordões Litorâneos; 2 - paleolagunas e lagoas; 3 Aterramentos e ocupação urbana.



Créditos: SEPLAN, 2007.

As condições artificiais das bacias hidrográficas urbanas em análise provocadas pela ação do homem com obras hidráulicas e urbanização, apresentam as superfícies impermeáveis (telhados, ruas, pisos e estacionamentos), e produz aceleração no escoamento, através da canalização e da drenagem superficial. Os resultados da urbanização sobre o escoamento refletem no aumento máximo da vazão e do escoamento superficial, redução do tempo de pico e diminuição do tempo de base, além da urbanização e o desmatamento produzirem um aumento da frequência da inundação nas cheias naturais (CORDERO et al., 2005)

Em um contexto geral, a drenagem urbana de Aracaju encontra-se em estágio de grandes alterações tanto nas suas características morfológicas, quanto a sua capacidade hidrodinâmica, principalmente nos trechos dos cursos de água que estão inseridos dentro da

área mais consolidada (Figura 24) . As intervenções humanas modifica o fluxo da drenagem, seja com a criação dos canais retificados, ou mesmo com o assoreamento, o aterramento de pequenos braços de rio e do mangue.

A retificação<sup>3</sup> dos vários canais fluviais localizados no Centro da Cidade, na região dos bairros Pereira Lobo e Farolândia intensificou-se com a expansão urbana a partir da década de 1970. O nível de canalização dos diversos cursos d'água do município de Aracaju foi importante para garantir o aumento de via de transporte e de loteamento mas, no entanto, a largura do canal não suporta a demanda do fluxo superficial da área urbanizada, possibilitando o transbordamento em diversos trechos da cidade.

O Canal aberto do rio Poxim que corta a cidade no sentido W/E não apresenta tanta modificação em nível de retificação, mas é possível observar que há substituição da mata ciliar pela ocupação desordenada da população de baixo poder aquisitivo. A qualidade da água acha-se comprometida pelos inúmeros resíduos urbanos e industriais despejados em seu leito. Encontra-se canais mistos no bairro Farolândia (afluente do rio Poxim), e o Canal Santa Maria com o rio da mesma denominação.

Nas áreas de urbanização não consolidada os canais apresentam-se com alto grau de assoreamento em seu leito, causado tanto pela ausência de pavimentação das ruas, quanto da fragilidade de estrutura e integração destes canais a outros níveis de fluxos.

Os Barramentos foram fundamentais para a construção de ruas e avenidas, bem como para a interligação de outros canais em um de porte maior, a exemplo dos canais situados no Grageru, Treze de Julho e Salgado Filho especificamente na Praça Eronildes de Carvalho, Av. Pedro Paes Azevedo, Av. Anízio Azevedo, Av. Hermes Fontes, Av. Gonçalo Prado Rollemberg e Av. Beira Mar, Av. Hermes Fontes (Figuras 25, 26, 27, 28, 29, 30).

---

<sup>3</sup> Intervenção no sentido de modificar morfológicamente o percurso do canal de drenagem.



Figura 24: Av. Canal 3, Bairro Farolândia, 2012



Figura 26: Canal na Av. Anísio de Azevedo, bairro Treze de Julho, 2012



Figura 28: Av. Canal 3, Conj. Augusto Franco, bairro Farolândia, 2012



Créditos: Alizete dos Santos, 2011.

Figura 25: Canal retificado com evidência de assoreamento, bairro Porto Dantas.



Figura 27: Canal na Av. Gonçalo Prado, bairro São José, 2012.



Figura 29: Canal na Av. Pedro Paes Azevedo, bairro Salgado Filho, 2012



### 3.4 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, seus efeitos são de ordem: proteção contra impacto direto da chuva; dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial; aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes; aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica (XIMENES & SALOMÃO, 2010).

A maioria dos estudos que abordam os efeitos da vegetação no ambiente urbano trata dos aspectos climáticos, conforto térmico e capacidade de permeabilidade do solo. Mas para sua compreensão no espaço urbano é necessário entender que há coleção de plantas genética e morfofisiologicamente adaptadas aos sistemas urbanos, em que a vegetação original praticamente desaparece com o processo de urbanização, com substituição de plantas nativas ou ornamentais (CAVALHEIRO & ALBRECHT, 2004).

No caso de Aracaju, a cobertura vegetal em sua maioria encontra-se degradada, principalmente para dá espaço ao adensamento populacional. Somente nas áreas de ocupação parcelada mista se encontram espécies que compõem o ambiente natural, a exemplo das herbáceas e salsa-fluviais, campos de gramíneas e restinga arborea, floresta perenifolia e subperenifolia de duna.

No ambiente com influência marinha (Restinga) constituem os cordões litorâneos e dunas que ocorrem ao longo de todo o litoral, formados pela constante deposição de areia através da influência direta da ação do vento e do mar, onde são encontradas as fisionomias desde herbácea até a arborea. As áreas com influência fluviomarinha (Manguezal) constituem os ambientes salobros da desembocadura dos cursos de água no mar, onde se desenvolve uma vegetação que pode apresentar fisionomia arborea ou herbácea (CREPANI et al (2001)).

A vegetação herbácea apresenta-se em Campos de gramíneas, ervas e subarbustos, com arbustos baixos a medianos bem espalhados. São caracterizados, principalmente, pela presença de gramíneas, cuja altura, geralmente, varia de 10 a 15 cm aproximadamente, constituindo uma cobertura que pode ser quase contínua, ou apresentar-se sob a forma de tufos deixando, nesse caso, alguns trechos de solo descoberto (SEPLAN, 2005).

Sobre a vegetação arbustiva encontra-se vegetação secundária que sucede a derrubada da mata atlântica, e caracteriza-se pela presença de espécie lenhosa e por espécies espontâneas que invadem as áreas devastadas, apresentando porte desde arbustivo até arboreo, porém, com

árvores finas e compactamente dispostas. A vegetação arbórea encontra-se mais na zona norte do município, especificamente na APA do Morro do Urubu. É constituída por árvores de grande porte, podendo ser superior a 5 metros de altura.

A vegetação da faixa praial é incipiente e ocorre somente em alguns trechos onde foi possível a fixação de espécies pioneiras, constituída principalmente por gramíneas que se assemelham às que recobrem o campo de dunas móveis. Os “vazios urbanos” na região sul do município conserva a existência da restinga, presente tanto nos cordões litorâneos, quanto nas dunas móveis e semi-fixa, consiste em vegetação herbácea e arbustiva resistente a intensa insolação.

No contexto da vegetação típica de dunas são as suas características morfofisiológicas que permitem o controle da erosão eólica, possibilitando a estabilização das dunas por meio de fixação das raízes e produção de solos.

### **3.5 Aspectos pedológicos**

A interação entre os diversos agentes ambientais físicos (relevo, vegetação, clima, hidrografia e geologia) resulta na formação dos solos de características peculiares ao seu desenvolvimento. No município de Aracaju os perfis do solo variam com as características do material de origem, bem como de sua posição em vertentes ou áreas baixas que determinam maior ou menor capacidade de drenagem.

Segundo Silva (2011) as ações antrópicas com a realização de obras no ambiente urbano descaracterizam completamente o solo, modificando-o de tal forma, que muitas vezes não se consegue mais reconhecer suas características originais. Assim, a compreensão dos fatores de formação e suas características físico-químicas a partir da classificação dos solos auxiliam a compreensão dos ambientes vulneráveis a erosão, inundação, alagamento e movimento de massa.

A classificação de solos oficialmente usada no Brasil, concluída em 1999, passou por várias e contínuas adaptações, decorrentes de conhecimentos acumulados, principalmente nos levantamentos ecológicos realizados desde 1955 (LEPSCH, 2002). Considerando essa nova taxonomia, a classe de solo que apresenta maior abrangência geográfica no município de Aracaju é a do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Eutrófico, antes conhecida como

Podzol Vermelho-Amarelo, com ocorrências secundárias dos Neossolos Quartzarênicos e Flúvio Eutrófico, e o Gleissolos Sálícos (ARAÚJO, 2006).

Os Argissolos Vermelho Amarelos eutróficos têm sua distribuição espacial bastante variada na região dos morros dissecados. Sua origem está relacionada a diferentes tipos de materiais. São solos bem desenvolvidos e de modo geral apresentam boas condições de fertilidade natural, a depender da disponibilidade hídrica e das condições de relevo. É ocupado por diferentes tipos vegetais dos remanescentes da mata atlântica.

Sobre os Argissolos Vermelho Amarelo Distrófico apresentam os horizontes bem diferenciados, é predominantemente arenoso e possui o horizonte A espesso, no Horizonte B há presença da Argila no B Textural (Bt). O Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico apresenta menor acidez em relação ao solo anterior, com baixa atividade de argila no Tb e horizonte B textural.

Os Neossolos Quartzarênicos são essencialmente quartzosos e encontram-se em depósitos arenosos costeiros, apesar da elevada permeabilidade, apresentam restrições de drenagem devido à presença do lençol freático elevado durante grande parte do ano.

O Neossolo Flúvico Eutrófico, de origem da deposição fluvial do Quaternário, encontra-se principalmente nas margens do Rio Sergipe e seus afluentes e podem sofrer inundações durante eventos de precipitações excepcionais. Variam de muito profundos a moderadamente profundos e textura variada. Apresentam-se de moderada a imperfeitamente drenados, com acidez moderada a levemente alcalinos. A camada superficial geralmente apresenta coloração bruno-acinzentada-escura e bruno muito escura.

Os Gleissolos Sálícos compreendem os solos poucos desenvolvidos, com textura argilosa e muito argilosa, mal drenado, com elevado teor de sais de enxofre que se formaram a partir da decomposição da matéria orgânica. As flutuações das marés e conseqüentemente as inundações periódicas, e as condições pedológicas favorecem a formação da vegetação de mangue presentes nas regiões estuarinas no município.

Para fins de reconhecimento da vulnerabilidade do solo de Aracaju aos processos erosivos o quadro 07 sistematiza as informações sobre a pedologia local destacando a sua característica litológica, ambiente onde se desenvolve e indicativos e grau de vulnerabilidades aos processos morfogênicos.

Quadro 07: Aracaju - solos e seu potencial de vulnerabilidade aos processos morfogenéticos, 2011.

Pedologia local	Ambientes que se desenvolvem	Características litológicas	Vulnerabilidade aos processos morfogenéticos
<b>Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico</b>	- <b>geomorfologia:</b> ambientes levemente ondulado; colinas da formação barreira. Áreas de deposição de Tálus e Colúvio de elevação mais alta no município como as vertentes dos Tabuleiros Costeiros e regiões colinosas presentes ao Norte e Oeste de Aracaju	- Areias, argilas de coloração variada, com tons avermelhados, amarelados e esbranquiçados, cascalhos, granulação fina e grossa, com mudança textural dos horizontes abrupta.	Pouco resistente aos processos erosivos. Apresenta-se frequentemente saturada e alto grau de instabilidade.
<b>Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico</b>	- <b>Agrupamentos vegetais:</b> Gramínea herbácea, vegetação subcaducifólia arbóreo-arbustiva de Tabuleiro.	Solos de horizonte B textural com baixa atividade de argila e Tb e menor acidez. Associação granulométrica de cascalho, areia grossa e argila.	Pouco resistente aos processos erosivos. Apresenta alto grau de instabilidade.
<b>Espodosolo</b>	- <b>Geomorfologia:</b> Dunas estáveis; Terraços Marinheiros Holocênicos; Terraços Marinheiros Pleistocênicos; Cordões litorâneos.  - <b>Agrupamentos vegetais:</b> restinga (arbóreo-arbustiva) e campo de restinga	Associação de Areias finas bem selecionadas com grãos Arredondados; eventualmente presença de conchas marinhas e tubos fósseis de callianasa	Por estarem em muitos ambientes influenciados pelo fluxo e refluxo da maré, apresentam um alto grau de instabilidade
<b>Neossolo Quartizarênico</b>	- <b>Geomorfologia:</b> Localizado nas proximidades linha de costas em regiões de praias em dunas com relevo ondulado e fortemente ondulado  - <b>Agrupamentos Vegetais:</b> floresta perenifólia e subperenifólia de duna; herbácea e Salsa-da-praia,	Excessivamente drenado com predomínio de sedimentos quartzosos e de textura arenosa, são profundos e levemente e/ou fortemente ácido com baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes.	Elevada permeabilidade, apresentam limitações pela restrição de drenagem, devido à presença do lençol freático elevado durante grande parte do ano.
<b>Neossolo Flúvio Eutrófico</b>	- <b>Geomorfologia:</b> Terraços flúvio Marinheiros; Terraços fluviais  - <b>Vegetação:</b> floresta perenifólia de restinga (arbóreo-arbustiva) e campo de restinga	Areias, argilas, silte e cascalhos, sedimentos de conchas e matéria orgânica	Encontra-se em pequenas lagoas, canais de maré, praias atual ou subatual. Área frequentemente alagável
<b>Gleissolo Sáfico</b>	- <b>Geomorfologia:</b> Planície de Maré Inferior; Planície de Maré Superior  - <b>Vegetação:</b> floresta arbustiva e arbóreo-arbustiva de mangues	São poucos desenvolvidos, apresenta textura indiscriminada média variando entre argiloso e silte-argiloso. Associação de argilas, areias e matéria orgânica.	- Moderadamente ou altamente drenado e com alto potencial de alagamento e/ou inundação

Organização: Alizete dos Santos, 2011.

## 4 VULNERABILIDADE E RISCOS AMBIENTAIS EM ARACAJU

---

A transformação ou conversão do solo para uso urbano em locais com restrições naturais a ocupação residencial, pode gerar instabilidade ambiental e colocar em risco a população que se instala. Nesse contexto é que a ocupação em ambientes frágeis à dinâmica urbana em Aracaju favorece a formação da erosão acelerada, dos desastres ambientais nas áreas de encostas de gradiente acentuado, e alagamento e enchentes nos espaços flúvio – lagunares.

O uso indevido dos sistemas ambientais físicos de Aracaju tem causado impactos e riscos ambientais. Os impactos, por sua vez, acompanharam todo o processo de construção do ambiente urbano local. A construção da drenagem, por exemplo, até hoje se faz presente nas áreas periféricas para permitir a sua funcionalidade como é o caso da Zona de Expansão e do bairro Porto Dantas.

No rápido crescimento de Aracaju houve a expansão tanto da sua área periférica quanto da sua zona de expansão sobre os municípios vizinhos, resultando num processo de metropolização. Essa nova dinâmica urbana, segundo França (1999), gerou os assentamentos precários<sup>4</sup> e alto grau de degradação ambiental.

Os assentamentos precários são mais vulneráveis às enchentes, aos deslizamentos, às enxurradas e às erosões do que o resto da cidade. Quase sempre estão ocupando os locais mais sujeitos à ação destrutiva, suas edificações são mais frágeis e muitas vezes implantadas de maneira técnico-construtiva inadequada (em função do menor acesso a tecnologias construtivas, o grau de organização social da comunidade, das condições de emprego e renda, da velocidade de implantação, etc.) (NOGUEIRA, 2010).

---

<sup>4</sup> Os assentamentos precários são compreendidos como ocupação desordenada, casas de condição estrutural precária, sem qualquer ordenamento urbano. Também conhecida como “assentamento informal”, estabelecem-se em favelas.

Figura 30: Ocupação precária em área de mangue no Conj. Bugio/Anchietão nas margens do rio do Sal.

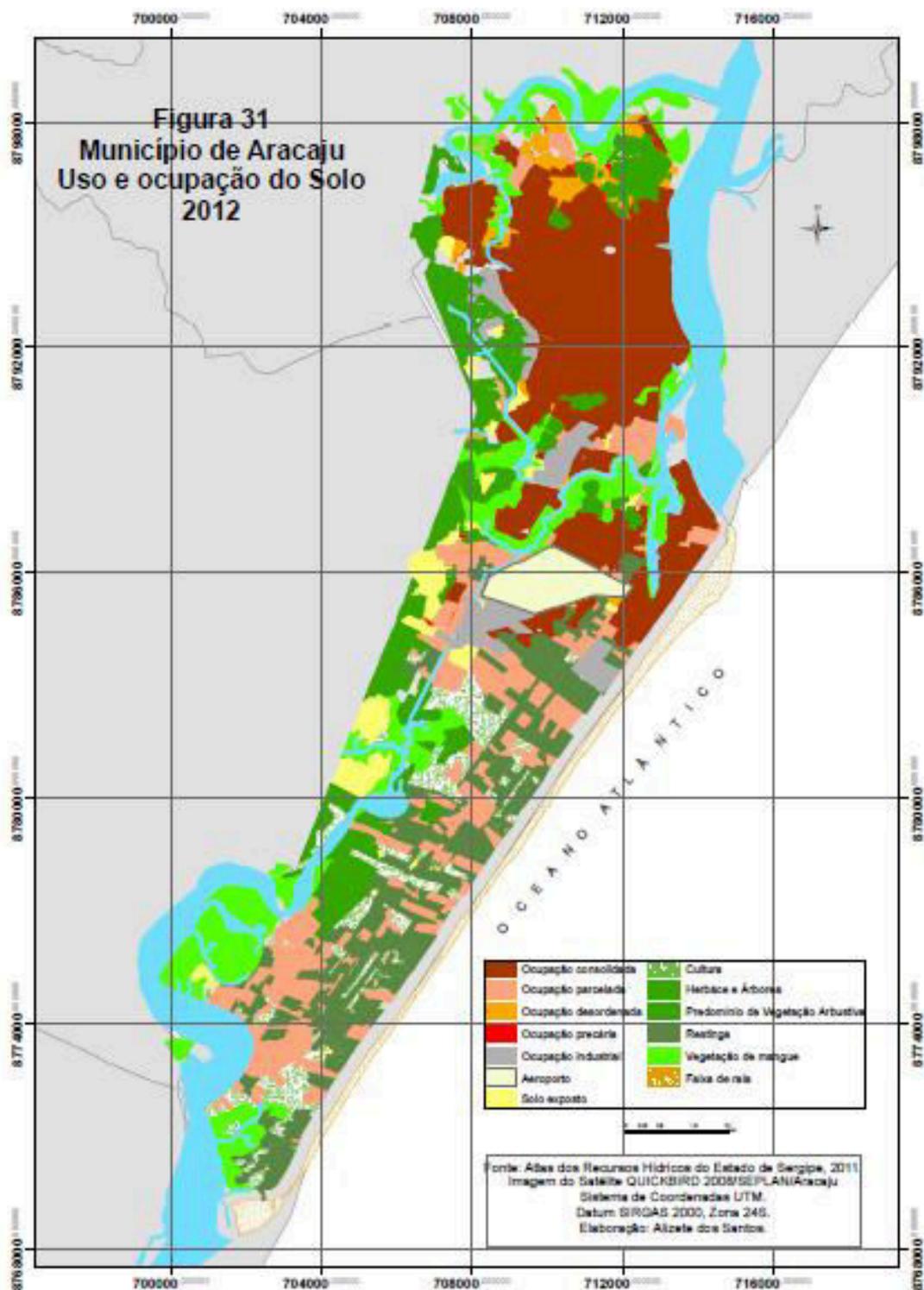


Créditos: Alizete dos Santos, 2011.

Este modelo de urbanização, com a ocupação das planícies de inundação e impermeabilizações ao longo das vertentes, mesmo em cidades de topografia relativamente plana, onde, teoricamente, a infiltração seria favorecida, os resultados são catastróficos (TAVARES & SILVA, 2008).

De modo geral, a ocupação e o uso do espaço urbano apresentam variação quanto a sua instalação, e conseqüentemente produz impacto e riscos diferenciados, exemplo são as áreas consolidadas que apesar de ter acúmulo de impactos ambientais, tende a apresentar um grau de estabilidade maior, em relação aos riscos ambientais, do que às áreas recém ocupadas (Figura 32).

As áreas consolidadas são as mais antigas do modo de ocupação do município e apresenta alta densidade com infraestrutura básica. Sua expansão forma no primeiro momento



áreas parcialmente consolidada que está em processo de ocupação, com densidade ocupacional variando de 30% a 90%, razoável infraestrutura básica.

O quadro 08 sintetiza os principais impactos ambientais derivados do processo de urbanização, relacionando o estágio de desenvolvimento urbano ao impacto ambiental decorrente em Aracaju.

Quadro 08: Impactos e riscos ambientais conforme o grau de urbanização.

ESTÁGIO	IMPACTO
<b>Transição de uma área de baixa densidade de ocupação para uma área mista</b>	
a) Remoção de árvores ou vegetação	- Redução na transpiração e aumento no fluxo das águas pluviais. - diminuição das áreas de permeabilização favorecendo o escoamento superficial e o desencadeamento de erosão acelerada, e eventuais movimentos de massa.
b) Abertura de vias de acesso	
c) Expansão das construções de casas, em sua maioria sem planejamento e com ocupação precária.	- desencadeamento da erosão acelerada. -- diminuição das áreas de permeabilização favorecendo o escoamento superficial e o desencadeamento de erosão acelerada, e eventuais movimentos de massa. - Desmonte de morros e aterramento de lagoas e lagoas
d) Construção de fossas sépticas ou lançamento dos dejetos à céu aberto	Aumento da umidade do solo e possível afloramentos do escoamento dos resíduos líquidos favorecendo aos riscos de contaminação
<b>Transição das áreas mistas para uma área parcelada</b>	
a) Retirada total da vegetação	- diminuição das áreas de permeabilização favorecendo o escoamento superficial e o desencadeamento de erosão acelerada, e eventuais movimentos de massa.
b) Construção maciça de casas, prédios públicos e particulares, etc.	- Aterros de lagoas e planície de inundação, - Diminuição da capacidade de infiltração - alteração na taxa do albedo
c) Esgoto sanitário não tratado ou tratado inadequadamente, despejados em rios e poços.	- Poluição dos corpos hídricos - Aumento do escoamento superficial alterando a dinâmica morfogênica
<b>Transição de uma área parcelada para uma área consolidadas</b>	
a) Urbanização da área completada pela adição de mais prédios e conseqüentemente a cobertura do solo.	- Redução na infiltração e rebaixamento do lençol freático; - Picos mais altos de alagamento e fluxos d'água mais superficiais mais rápido.
b) Quantidades maiores de resíduos não tratados em cursos d'água	Aumento da poluição hídrica
c) Abandono dos poços rasos remanescentes	Elevação do lençol freático

d) Aumento da população necessitando do estabelecimento de novos sistemas de distribuição de água.	Aumento no fluxo dos cursos d'água locais se o suprimento é proveniente de uma bacia externa
e) Canais de rios restritos, pelo menos em parte, por canais e túneis artificiais.	- retirada da mata ciliar; - alteração do leito natural do rio para otimizar o espaço de uso urbano. - quando não há o monitoramento e nem manutenção do canal os danos propiciando áreas de alagamento e inundação.
g) Melhoramento do sistema de drenagem pluvial.	Impacto positivo

Fonte: Adaptado de Santos 2005 e Santos 2006.

Organização: Alizete dos Santos, 2011.

Nas áreas parceladas apresentam-se em expansão e distantes de núcleo urbanizado, em Aracaju estão atreladas a construtoras imobiliárias e poder público, exceto nas áreas de favelização presente no bairro Santa Maria, Porto Dantas, Santos Dumont, Coqueiral, Cidade Nova e Olaria. Esse modo de ocupação encontra-se nos terraços fluviais e marinhos, bem como nas vertentes dos tabuleiros costeiros.

As áreas de baixa densidade de ocupação (até 30%) estão desprovidas de infraestrutura básica, apresentam-se na planície costeira com alto grau de vulnerabilidade especificamente no Mosqueiro, Robalo, Areia Branca e parte da Aruana. Área mista caracteriza-se tanto a variação da densidade de ocupação, quanto à implantação de infraestrutura básica (TAVARES & SILVA, 2008).

Os impactos ambientais associados às condições ambientais físicas têm influências diretas na definição das vulnerabilidades ambientais a que os geoambientes estão susceptíveis. Outros agentes que favorece a vulnerabilidade são os totais pluviométricos e as condições hídricas e estruturais do município. Sua dinâmica permite o desencadeamento em áreas com movimentos de massa, alagadas, enchentes, intensificação da erosão acelerada em diversos pontos do município.

O adensamento a qual está instalada a população apresenta susceptibilidade aos processos geradores de riscos. Existe assim, uma relação intrínseca da forma do relevo com a vulnerabilidade e riscos ambientais, podendo o mapa geomorfológico servir como base para a delimitação das áreas vulneráveis e possíveis a ocorrência de desastres ambientais.

A delimitação dos sistemas ambientais físicos de Aracaju foi baseada nas características Geomorfológicas do meio, por melhor permitir compreender as relações e consequências da dinâmica socioambiental no município. Nesta perspectiva foram identificados os seguintes geossistemas: Planície Litorânea e Tabuleiros Costeiros tendo como geofácies o campo de dunas, faixa praias e planície flúvio-marinha; planícies fluviais, tabuleiros pré-litorâneos;

No contexto da vulnerabilidade ambiental de Aracaju, sistematizou-se as análises das potencialidades e limitações naturais dos sistemas ambientais afetados pelo uso do solo urbano, observa-se no quadro 09 a seguir.

.Para compreensão do grau de risco aos eventos geomorfológicos e hidrológicos é preciso identificar a frequência de ocorrência, magnitude e população afetada. Um inventário de ocorrência possibilita a visualização desses dados afim de embasar as linhas de planejamento (FEIJÓ, 2007).

Os dados obtidos para tais fins advêm do monitoramento e registro da Defesa Civil do Estado, pois mesmo havendo ocorrências, o referido órgão só tem registros das que foram informadas pela população no momento em que solicitou a prestação de serviços.

Entre os anos 2009 a 2010 houve o aumento significativo dos danos e da população afetada com as ocorrências dos eventos hidrológicos e geomorfológicos em Aracaju. Em 2010 as ocorrências de danos provocados pelas chuvas foram de varias tipologias desde enchentes e alagamento, desabamento, deslizamento de terra responsáveis por afetar cerca de 2623 pessoas.

Estima-se que os valores necessários para a reconstrução de casas, pavimentação de ruas, desobstrução de canais, rede de drenagem, decorrentes dos eventos provocados pela chuva foi de aproximadamente R\$ 51.985.000.000,00 (cinquenta e um milhões novecentos e oitenta e cinco mil reais) (DEFESA CIVIL, 2011).

O registro dos danos ocorridos no município entre 2009 e 2010 demonstra o aumento significativo dos eventos provocados pelos altos índices pluviométricos em consonância com a precariedade do modo de ocupação e a ausência de uma política de prevenção e combate a riscos ambientais em Aracaju.

Quadro 09: Sinopse dos Sistemas Geoambientais de Aracaju e seu nível de Vulnerabilidade.

CATEGORIAS ESPACIAIS DE AMBIENTES		CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES NATURAIS					LIMITAÇÕES QUANTO AO USO
SISTEMA AMBIENTAL	SUB - SISTEMA	GEOMORFOLOGIA	SOLOS E COBERTURA VEGETAL	HIDROLOGIA	PADRÃO DE OCUPAÇÃO	ECODINÂMICA DA PAISAGEM	
PLANÍCIE LITORÂNEA	Faixa Praial	Superfície contínua e longa que se estende até a base do campo de dunas, composta pela faixa de praia, pós-praia e terraços, constantemente moldados pela abrasão marinha.	Acúmulo de sedimentos em sua linha de costa, podendo encontrar, em alguns setores da pós praia, a presença do Neossolos Quartzarênicos. Pouca presença vegetal, encontrando principalmente espécies pioneiras de estrato herbáceo (gramíneas).	Infiltração e acúmulo de águas, existe várias lagoas freáticas visivelmente na orla de Atalaia. O lençol freático é raso.	Áreas parceladas com a ocupação de estrutura turística como bares e a Orla de Atalaia	Ambiente fortemente instável	Restrições legais; Implantação viária; Ocupação urbana;
	Dunas Móveis	Superfícies elevadas em forma de domo ou colina, que estão sendo constantemente mobilizados pela ação eólica. Presentes mais na praia José Sarney e no Mosqueiro	Ausência de solos, eventualmente encontra-se o Neossolo Quartzarênico compostos por sedimentos inconsolidados onde não desenvolveu-se a pedogênese.	Ocorrência de lagoas freáticas e intermitentes nas depressões interdunares.	Apesar de ser uma área protegida pelo Código Florestal há o desmonte para implantação de casas de veraneio e construção de rodovias.	Ambiente fortemente instável	Restrições legais; Implantação viária; Ocupação urbana;
	Dunas Fixas	Superfícies de topografia mais elevadas e mais estável ao processo de erosão.	Solos: Neossolos quartzarênicos com desenvolvido estágio de edafização, proporcionando o desenvolvimento de vegetação litorânea de porte arbóreo arbustivo à sotavento e herbáceo arbustivo à barlavento.	Ocorrência de várias ressurgências e Lagoas temporárias nas depressões interdunares. Excelente potencial aquífero	Há ocupação parcelada e mista. Apesar da restrições legais há o desmonte para implantação de casas de veraneio e fixa, além das construções de rodovias.	Ambiente de transição com tendências à estabilidade onde a vegetação se desenvolveu.	Restrições legais; Implantação viária e loteamentos; Expansão urbana; Edificações;

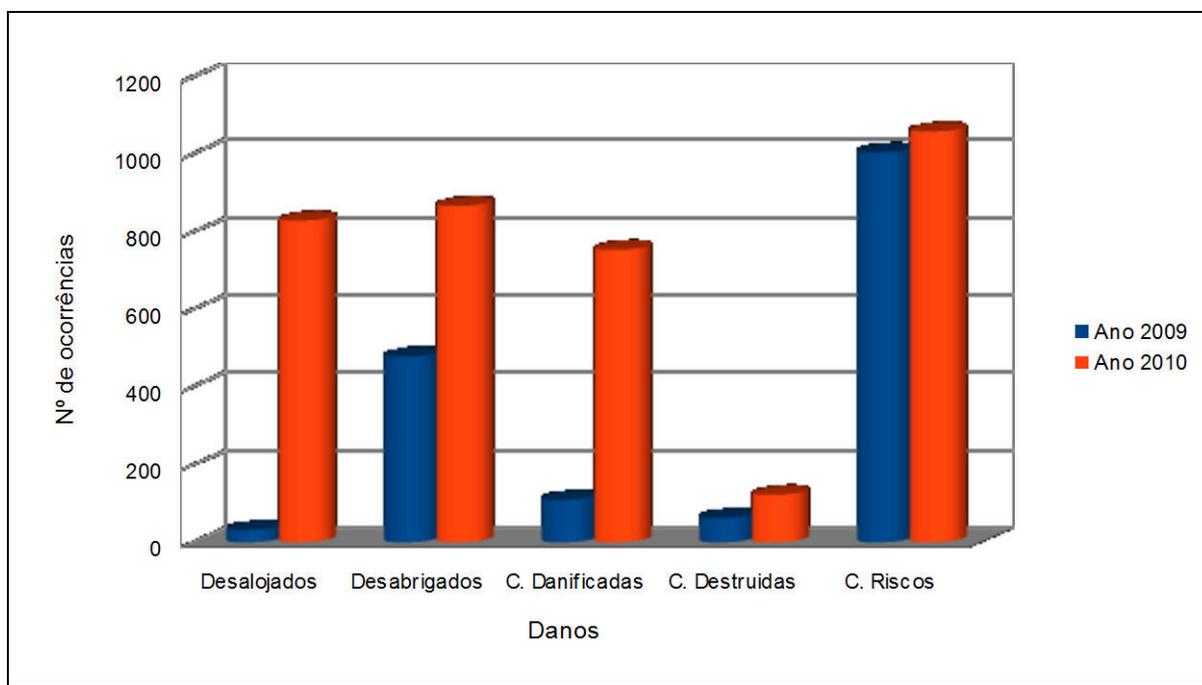
	Planície Flúvio-marinha	Terraços Marinhos do quaternário e cordões litorâneos.	Espodossolo Associação de areias finas bem selecionadas.	Forte presença de afloramento dos lençóis freáticos, com formação de lagoas permanentes ou temporárias.	Há ocupação parcelada e mista. Para tais fins, ocorre o aterramento de lagoas e paleolagoas para implementação de moradias	Ambiente instável.	Restrições legais (U.C -APP); Salinidade; Áreas Diariamente sujeitas à alagamento.
	Planície Fluvial	Formação de Terraços fluviais, com topografia plana e rebaixadas, sujeitas às inundações quando da incidência de fortes chuvas. Em alguns setores a planície é bastante estreita.	Solos: os Neossolos - Flúvicos que apresentam problemas de drenagem, com boa fertilidade natural, o que favorece a instalação de mata ciliar bastante descaracterizada	Está distribuído em grande parte do território do município. Presente em todo o percurso da bacia do Rio Sergipe e Vaza Barris	O aterramento e retificação de vários canais fluviais permitiram a ocupação sobre tudo nas áreas consolidadas e parceladas. Forte presença de ocupação precária nas margens do rio Poxim.	Ambiente instável, principalmente nas áreas onde a vegetação ciliar foi removida	Áreas propícias a inundações; Baixo suporte Para edificações; A expansão urbana.
	Planície de Maré	Com topografia baixa presente nos estuários dos rios Vaza Barris e Sergipe. O destaque é a Maré do Apicumna região Central-Sul do município	- Solos: Gleissolo Sáfico; - Vegetação: é representada por floresta arbustiva e arbóreo-arbustiva de mangues.	Perfil topográfico dos rios está nas condição de sinuoso com elevada carga de sedimentos e influencia das marés em seu estuário.	Baixa ocupação devido a forte limitação ambiental, mas há registro de moradias e de comércio como na área do Shopping Riomar e adjacências.	Ambiente fortemente instável	Áreas de APP; Inundações periódicas; Baixo suporte para edificações; Limitações à mecanização; Drenagem imperfeita dos solos; Expansão urbana.
TABULEIROS COSTEIROS	Superfície tabular dissecada em colinas	Relevo plano de aspecto rampeado, com sua inclinação em direção ao litoral, dissecado por interflúvios tabuliformes. Na zona norte e nordeste do município a formação está no aspecto de morros e colinas, com alto grau de declive.	Solos Argissolos Vermelho Amarelo Distrófico e Eutrófico. Vegetação Gramínea herbácea, vegetação subcaducifolia	Grande recarga freática.	Apesar da restrição legal, há ocupação precária e até financiada pelo Programa de Aceleração ao Crescimento no Coqueiral. Apresenta ocupação consolidada e mista nas mediações da Cidade Nova, Bairro América, Jabotiana, Santa Maria e Soledade e no bairro Santa Maria.	Ambiente estável e instável em áreas de maiores declives	Áreas legalmente Protegidas nas alta Declividade das encostas; Forte susceptibilidade à erosão e movimento de massa;

Fonte: Adaptado de Santos, 2006.

Organização: Alizete dos Santos, 2012.

Os dados indicam um aumento de 2493% da população desalojada em 2010 em relação ao ano anterior. Esse dado alarmante a partir dos eventos hidrológico/geomorfológico entre os dois últimos anos é preocupante. A partir do gráfico é possível obter a comparação do aumento das ocorrências de danos entre os anos de 2009 e 2010. O número de desabrigado mais que dobrou passando de 480 para 868, com um aumento equivalente a 73%. As casas danificadas apresentam 689% de aumento entre os dois anos.

Figura 32: Aracaju - comparativo de danos causados pelos eventos das chuvas, 2009 e 2010.



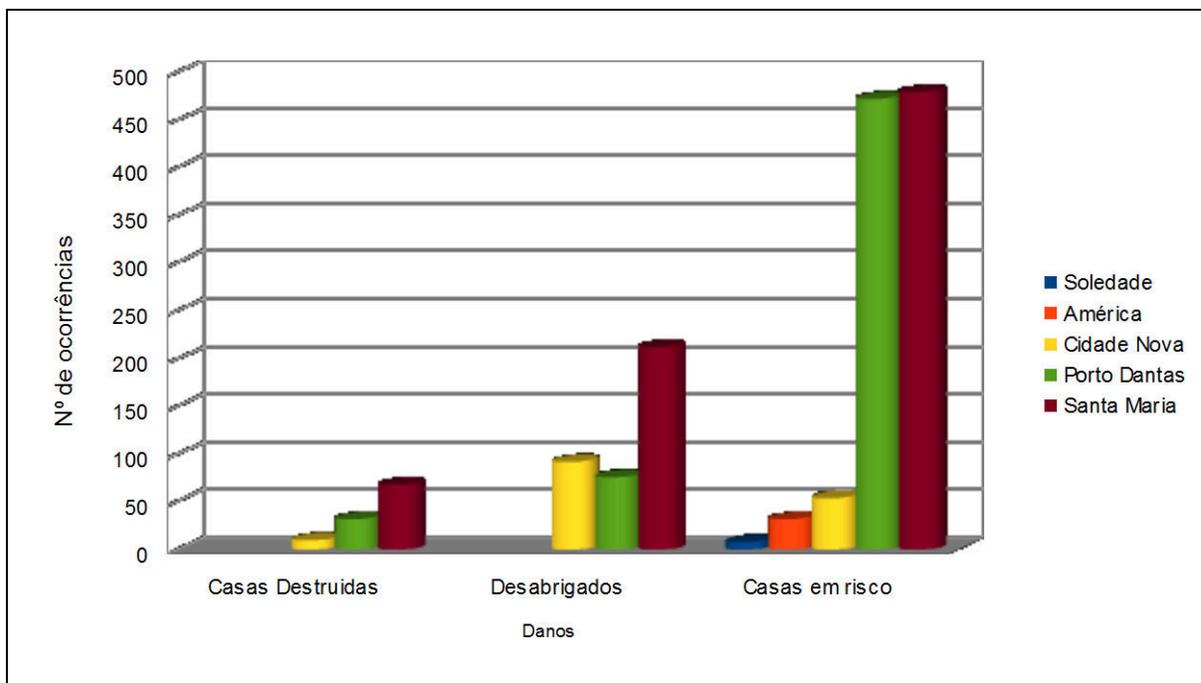
**Fonte:** Defesa Civil do Estado de Sergipe, 2011.

**Organização:** Alizete dos Santos, 2011.

A população em riscos em Aracaju, segundo a CEDEC (2011), subiu de 1006 em 2009 para 1060 em 2010. O bairro que lidera as áreas com maiores índices de riscos é o Santa Maria, somente em 2009 cerca de 312 pessoas ficaram desalojadas e 479 em condição de riscos aos dinâmicas hidrológica e geomorfológica local. Seguido do Porto Dantas que registrou 472 casas

em condição de riscos, 32 casas destruídas e 76 pessoas desalojadas. As condições de vulnerabilidade e de risco no bairro Cidade Nova também condicionaram aos danos de 10 casas destruídas, 92 pessoas desalojadas e 54 casas em riscos (Figura 32). Houve, ainda, o registro de uma morte no bairro Dezoito do Forte causada pelos danos das chuvas de 2009.

Figura 33: Aracaju – bairros com maiores danos causados pelas chuvas em 2009



Fonte: Coordenadoria Especial de Defesa Civil - CEDEC, 2010.

Organização: Alizete dos Santos, 2012.

Tabela 04: Avaliação de Danos com as chuvas de 2009

Danos Comunidades	Bairro	Desalojados*	Desabrigados**	Mortas	Afetados	Casas Destruidas	Casas danificadas	Casas em risco
"Invasão" do Santa Maria	Santa Maria	0	164	0	324	41	0	40
Marivã Prainha		0	24	0	612	6	0	147
Morro do Avião		0	124	0	1504	21	32	201
Maria do Carmo II		0	0	0	224	0	0	52
Cidade Nova	Cidade Nova	20	0	0	290	5	6	40
Alto da Jaqueira		4	92	0	96	5	3	14
Dezoito do Forte	18 do Forte	0	0	1	1	0	0	0
Coqueiral	Coqueiral	8	68	0	1944	30	10	446
Soledade	Soledade	0	0	0	64	0	8	8
Porto Dantas	Porto Dantas	0	8	0	160	2	2	26
Bairro América	América	0	0	0	136	0	2	32
<b>Total</b>		32	480	1	5355	110	63	1006

**Fonte:** Formulário de Avaliação de Danos preenchidos pela Coordenadoria Especial de Defesa Civil - CEDEC, 2010.

\***Desabrigado** Desalojado ou pessoa cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessita de abrigo provido pelo Sistema.

\*\***Desalojado** Pessoa que foi obrigada a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre.

#### **4.1 Riscos Hidrológicos: enchentes e Alagamentos**

Para se discutir os problemas das enchentes urbanas é necessário entender que as ocorrências de cheias e transbordamento dos canais fluviais são fenômeno natural, característicos das áreas de baixos cursos dos rios e responsáveis pela formação das planícies e terraços fluviais. No entanto, os sistemas de bacias hidrográficas nas áreas urbanizadas apresentam sua dinâmica alterada e proporciona a população que ocupa sua área de influencia a estarem sujeitas aos riscos hidrológicos (BOTELHO, 2011).

Baseado nas orientações do Ministério das Cidades (IPT, 2007) o reconhecimento dos riscos hidrológicos toma-se como base as aplicações dos conceitos de Inundação, enchentes, alagamento e enxurradas.

As enchentes representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea; das enchentes ou cheias que são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar;

O alagamento caracteriza-se como um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem; enquanto as enxurradas é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais (IPT, 2007).

No contexto do município de Aracaju, as áreas de riscos hidrológicos acham-se distribuídas ao longo da planície do Rio Poxim, Canal e Rio Santa Maria e nas margens do Rio do Sal. Como também nas regiões de paleolagunas e lagoas entre os cordões litorâneos ao sul do município. São áreas morfologicamente inseridas em ambientes de baixada, onde se encontra mancha urbana consolidada e não consolidada. Apresentam baixo gradiente topográfico, sendo bastante vulneráveis ao impacto ambiental da expansão urbana inadequada.

A vulnerabilidade aos processos de dinâmica fluvial (alagamento/inundações e erosão marginal) é mais freqüente nas proximidades da voz da bacia do rio Sergipe e Vaza Barris presentes no município de Aracaju, bem como na área de Expansão Urbana assentada sobre os cordões litorâneos e áreas abaixo de 2% de declividade.

As ocupações urbanas instaladas na planície de inundação dos citados rios que cortam a cidade e a ocupação marginal dos principais canais fluviais, serviram de apoio para a

identificação e mapeamento das áreas com maiores probabilidade de serem atingidas por inundações e enchentes. Outro condicionante para esse risco é o aterro de áreas alagadiças e de mangue, juntamente com a falta do ordenamento urbano favorece a convivência precária da população com picos de enchentes, principalmente no período de chuva, que no município ocorre entre o outono/inverno (ARAÚJO. 2010).

Figura 34: Transbordamento da lagoa em áreas de ocupação urbana no bairro Porto Dantas.



Créditos: Alizete dos santos, 2010.

Figura 35: Aterramento do mangue para ocupação humana no Conj. Bugio.



Créditos: Alizete dos Santos, 2011.

Em se tratando de um dos efeitos da urbanização de Aracaju, as redes de esgoto apresentam-se com alto grau de deficiência para garantir o escoamento eficaz dos resíduos líquidos e dos excedentes hídricos em período de chuva. Os canais de drenagem urbana retificados e o barramento, desenvolvidos para garantir a vazão e o controle do fluxo dos pequenos afluentes do rio Sergipe no município, recebe a confluência de grande volume de dejetos provindos dos esgotos que seguem desembocando nos rios.

A disposição do lixo nesses canais junto com a fragilidade da sua estrutura desenvolvem a degradação da qualidade da água, o entupimento de bueiros e galerias e maiores picos de vazão, visualizados nas áreas de inundação do município. Essa dinâmica encontra-se presente na malha consolidada do município (Figura 35).

Figura 36: Alagamento no bairro Salgado Filho em Aracaju decorrentes das chuvas do mês de maio de 2011.



Fonte: <http://blogdorizzo.blogspot.com/2011>

A estrutura de escoamento criada para atender as necessidades urbanísticas das primeiras ocupações de Aracaju já não atende mais a demanda atual. Outra questão que merece destaque é que alguns desses canais antropizados estão a um baixo nível de altitude, o que dificulta o escoamento, principalmente nas proximidades dos estuários, caso observável nos canais da Treze de Julho e do São José.

Segundo a defesa civil do município e as observações em campo dos últimos três anos as ruas que apresentam maiores frequência de alagamento e enchentes no período de chuvas estão atreladas principalmente as ruas e avenidas que contêm canais retificados como é o caso das Av. Gonçalo do Prado, Hermes Fontes, Edézio Vieira, Pedro Valadares/Marieta Leite, Augusto Maynard, Canal 5 (Conj. Augusto Franco), Av. José Conrado de Araújo, Av. Airton Teles, Av. Cel. Sizino da Rocha, entre outros.

Figura 37: Transbordamento do Canal na Av. Airton Teles, 2011



Créditos: [blogdoricco.blogspot.com/2011](http://blogdoricco.blogspot.com/2011)

Figura 38: Inundação da Av. Canal 5, bairro Farolândia, 2011.



Créditos: [blogdoricco.blogspot.com/2011](http://blogdoricco.blogspot.com/2011)

Essa área do município está localizada o Distrito Industrial que se apropriou de grande parte das margens do rio. Em uma parcela menor, entre os empreendimentos e o leito do rio desenvolveu-se uma ocupação precária. Algumas casas faz divisa dos seus alicerces com as águas do rio, enquanto outras têm alguns pés de frutas (bananeira e mangueira) como divisa dos seus quintais e o canal, a exemplo de bananeira e mangueira (Figuras 38 e 39).

De modo geral o risco de ocorrência de inundação varia com a respectiva cota da várzea. As áreas mais baixas obviamente estão sujeitas a maior frequência de ocorrência de enchentes (CORDERA, et al 1999).

A substituição da mata ciliar para ocupação humana nas margens do rio Poxim e do Sal, aumenta a probabilidade de ocorrência de enchentes e inundação, como também ao assoreamento dos rios a partir da erosão das suas margens. A análise do nível de degradação, a partir da pesquisa de campo e da elaboração do perfil longitudinal de ocupação entre as margens do rio Poxim, evidencia o nível de risco em que a população está sujeita.

Figura 39: Ocupação irregular nas margens do rio Poxim (bairro Inácio Barbosa).



Créditos: Alizete dos Santos, 2011.

Figura 40: Ocupação irregular na margem direita do rio Poxim nas proximidades do Bairro São Conrado



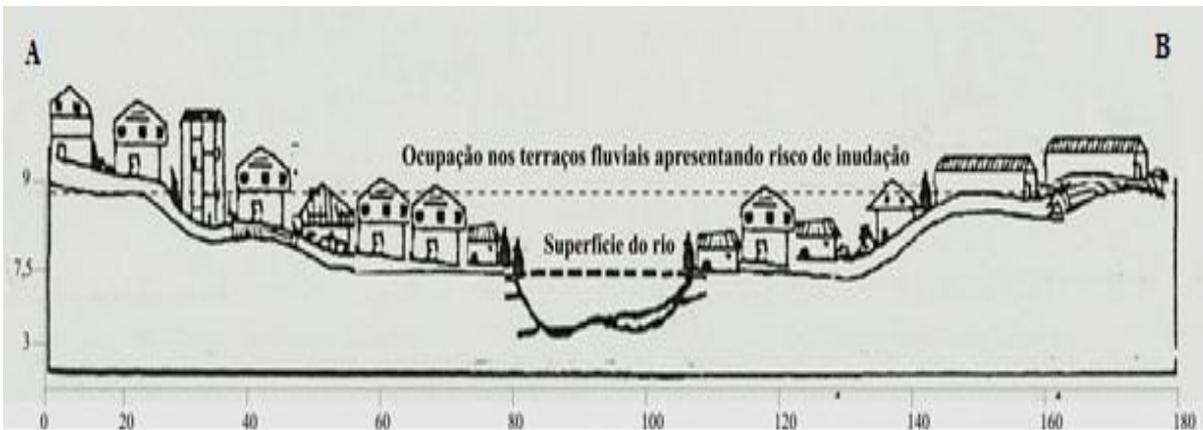
. Créditos: Alizete dos Santos, 2011.

Figura 41: Recorte aéreo dos bairros São Conrado (A) e Inácio Barbosa (B) em Aracaju.



Fonte: Imagem do Satélite QUICKBIRD, 2008.

Figura 42: Perfil longitudinal de ocupação das margens do rio Poxim entre os bairros Inácio Barbosa e São Conrado em Aracaju.



Organização: Alizete dos Santos e Anderson dos Santos, 2012.

De modo diferenciado os riscos hidrológicos se manifestam na zona Sul como extensas áreas de alagamentos. As ocupações estão principalmente sobre os cordões litorâneos pleistocenos e pliocenos, sobre o aterro de lagunas e lagoas que apresentam alto grau de vulnerabilidade.

A ineficiência do canal de drenagem na zona de expansão de Aracaju, é responsável pela contestação populacional, inclusive no Ministério Público, sobre as diversas perdas econômicas e domiciliares vivenciadas pelos residentes de diversos conjuntos habitacionais,

dentre eles, o Residencial Costa do Sol, o Residencial Atalaia Sul, Conjunto Brisa Mar, Robalo, Residencial Água Belas, Residencial Costa Nova I, Residencial Costa Nova II, Conjunto Biratan, Aquarius, Horto do Carvalho, Mirassol, entre outros (GRAVATAR, 2009).

O desnível entre a Av, Melício Machado e o Residencial Costa do Sol e a falta de áreas verdes que favorece a infiltração, permite a formação de uma área convergente das águas pluviais e a com grandes pontos de alagamento em período de forte chuva (SANTOS, 2009).

Figura 43: Ruas alagadas na Zona de Expansão, região sul do município de Aracaju por ocasião dos impactos pluviais intensos no mês de maio de 2009.



Fonte: [www.infonet.com.br](http://www.infonet.com.br)

Outro agravante visualizado não só na zona de expansão, mas em vários pontos de alagamento de Aracaju é o resultado dos lançamentos de lixos que entope as bocas de lobo e bueiros, e os canais retificados, dificultando assim a drenagem e favorecendo ao desencadeamento de áreas alagáveis.

Nas áreas de ocupação mista e parcelada no município, como a Zona de Expansão Urbana, a gestão pública deve-se atentar-se as frágeis condições ambientais e controlar o uso e ocupação do solo através dos instrumentos urbanísticos. Apesar do Plano Diretor de

Desenvolvimento Urbano de Aracaju que classifica a Zona de Expansão como Zona de Adensamento Restrito - ZAR, por apresentar malha dispersa e descontínua e acentuado déficit ou ausência na infraestrutura local, muitos investimentos imobiliários, em preocupação em garantir a macro e microdrenagem eficaz, constrói grandes empreendimentos sobre aterros de lagoas e lagunas passíveis de alagamentos.

Os dados da defesa civil em consonância com o trabalho de campo, entre 2009 e 2011, permitiu realizar o levantamento dos principais pontos de alagamento e enchentes de Aracaju. Registrou-se 90 pontos de alagamento de diversos níveis de frequência e de eventos causador.

**Quadro 10:** Distribuição e Tipologia dos riscos hidrológicos de Aracaju

<b>BAIRRO</b>	<b>LOCALIDADE</b>	<b>TIPOLOGIA DO RISCO HIDROLÓGICO</b>
Aeroporto	Rua Rosina Matos, Av. Antônio Alves; Loteamento Vila Verde I e II; Loteamento Marisol; Conj. Santa Tereza;	Sobre aterros de lagoas e lagunas, muitas dessas áreas sofrem com o aumento do nível do lençol freático que junto com a deficiência de obras de drenagem, aumenta os picos de alagamento.
Aruana	Residencial Costa Nova, Brisa Mar, Franco Freire; Entrada do Conjunto Santa Tereza; Rua I, Carlos de Jesus com Manoel Rodrigues dos Santos; Conj. Costa do Sol(Rua B, André Ramos, Dr. Yohn e Comandante Guy Ilbrtcht); Av. Melicio Machado; Loteamento Aquarius; Residencial Solar I e II; Costa Nova, Horto de Carvalho, Águas Belas, Atalaia Sul e Mirassol.	Sobre aterros de lagoas e lagunas, muitas dessas áreas sofrem com o aumento do nível do lençol freático que junto com a deficiência e ou inexistência das obras de drenagem, aumenta os picos de alagamento.
Atalaia	Rua Acrísio Fortes com Rua Moacir; Rua Professor José de Freitas Andrade; Rua Construtor Genival Marciel	O bairro como um todo apresenta deficiência de escoamento das águas. No entanto, os pontos mais críticos apresentam alagamento ao ponto de dificultar a locomoção das pessoas em suas vias.
Bugio	Rua B-4; Rua G-4; Rua B; “Invasão do Anchietao”	O aterramento do mangue e a ocupação desordenada, coloca a população sujeita a enchentes e inundações. Nas ruas de padrão mais consolidado é possível encontrar pontos de alagamento.
Centro	Av. Airton Telles com Doutor Carlos Firpo; Av. Doutor Carlos Firpo com Av. Coelho e Campos;	Os canais retificados e de barramento não suportam o volume das águas em período de chuva, permitindo vários pontos críticos de inundação.
Cirurgia	Rua Pedro Calazans com Estância e Maruim; Av Barão de Maruim com Arauá; Travessa João Francisco da Silveira;	Pontos de alagamento favorecido pelos pontos de desnível do asfalto e deficiência de drenagem das águas, sobretudo pluviais.
Coroa do Meio	Rua Maria Pureza de Jesus; Av. Oceânica;	O bairro como todo apresenta deficiência de escoamento das águas. No entanto, os pontos mais críticos apresentam alagamento ao ponto de dificultar a locomoção das pessoas em suas vias.
Dezoito do Forte	Rua João de Croa	A ausência de saneamento básico permite a concentração das águas em diversos pontos do bairro, entre eles a rua citada.
Farolândia	Rua Antônio Barbosa de Araújo (entrada do Saquinho); Rua M-2; Canal V; Av. Paulo Barreto	Transbordamento do canal retificado forma zona de inundação. Em outras áreas é possível encontrar zona de alagamento.
Inácio Barbosa	Av. Heráclito Rollemberg com A. Tancredo Neves;	Nas proximidades e dentro do terminal de integração há dificuldade de escoamento das águas pluviais.
Industrial	Rua Eduardo Cruz, Belém e Av. Confiança; José Conrado de Araújo.	Transbordamento do canal retificado forma zona de inundação. Em outras áreas é possível encontrar zona de alagamento.

Jardins	Av. Jornalista Santos Santana; Av. Silvio Texeira com a Beira Mar; Rua Rafael Rodrigues; Avenida Marieta com Av. Ministro Geraldo Barreto Sobral	Os canais retificados e de barramento não suportam o volume das águas em período de chuva, permitindo vários pontos críticos de inundação.
Lamarão	“Invasão”; Av. Euclides Figueredo com rua 4.	Essa ocupação está localizada nos terraços fluviais com presença de área de mangue e lagoas, permitindo o desenvolvimento de inundação e alagamento.
Luzia	Rua M, Recanto dos Bosques; Cruzamento da Av. Hermes Fontes com a Nestor Sampaio; Av. Adélia Franco (em Frente ao Asilo Rio Branco e CEHOP); Av. Hermes Fontes em Frente as Moradas das Árvores; Rua Dep. Matos Teles	Ocorrem nessas áreas o desnível de muitos pontos do asfalto e a deficiência de tubulações para o escoamento das águas pluviais, favorecendo as zonas de alagamento
Mosqueiro		Existe ocupações entre lagoas e dunas. Nessa área o escoamento é limitado naturalmente, mas com a pressão urbana, os níveis das águas aumentam ou afloram em período de chuvas, colocando boa parte da população em riscos de alagamento.
Pereira Lobo	Rua Rafael de Aguiar com Pires Wynne;	Pontos de alagamento favorecido pelos pontos de desnível do asfalto e deficiência de drenagem das águas, sobretudo pluviais.
Ponto Novo	Av. Augusto Franco (enfrente a EMURB; em frente ao antigo Mistão a Pisolar).	Pontos de alagamento favorecido pelos pontos de desnível do asfalto e deficiência de drenagem das águas, sobretudo pluviais.
Porto Dantas/Coqueiral	Rua Doutor Conrado; Rua Lagoa Santa; Av. Euclides Figueiredo (margem do rio do Sal)	Há ocupação em terraços de inundação nas margens do rio do Sal em risco de inundação; na parte oeste do Bairro há aterramento de lagoas e lagoas, em período de recarga pluviométrica, há diversos pontos de alagamento..
Salgado Filho	Rua Minervina Souza; Rua Lourival Andrade	Pontos de alagamento favorecido pelos pontos de desnível do asfalto e deficiência de drenagem das águas, sobretudo pluviais.
Santa Maria	Marivã; diversas ruas no Conj. Padre Pedro, Maria do Carmo e Valadares; Margens do Canal na Av. Canal A	A deficiência da estrutura urbana favorece a população estarem sujeitas a inundação nas margens do canal Santa Maria e do Rio Pitanga; Ausência de saneamento básico e de estrutura de drenagem.
Santos Dumond	Rua Cap. Manoel Gomes; ocupação precária nas proximidades da rua 19 de Novembro	A ocupação precária nas margens do canal retificado; canal retificado
São Conrado	Rua E; Av. Gasoduto, Rótula para entrada do Orlando Dantas; as margens do rio Poxim	A substituição da mata ciliar para ocupação desordenada propicia aos riscos de inundação as margens do rio Poxim,; risco de alagamento em diversos pontos da Av. Gasoduto.
São José	Rua Zaqueu Brandão com Edézio Vieira de Melo; Edézio Vieira com Av. Hermes Fontes; Rua Aruá com Campos; Av. Augusto Franco com Rua Dom José Thomaz e com Vila Cristina, Av. Ivo do Prado na Praça Getúlio Vargas;	Nas avenidas com canais retificados há, periodicamente, o extravasamento das águas causando inundação. Assim como a dificuldade de escoamento superficial permite a formação de diversas áreas de alagamento.

Siqueira Campos	Av. Prof <sup>o</sup> José Olinó de Lima Neto em Frente ao posto e no cruzamento com a Rua Acre;	Desnível da pista formando poços de concentração das águas no período de chuva.
Treze de Julho	Rua Cedro; Av. Acrísio Cruz (atrás do Constâncio Vieira) e com Anízio Cruz; Av. Jorge Amado com a Francisco Porto;	A presença dos canais retificados e a dificuldade de escoamento em outras ruas favorece o desenvolvimento de áreas alagadas e inundadas.

**Fonte:** Defesa Civil e pesquisa de campo entre 2009 e 2011.

**Elaboração:** Alizete dos Santos, 2012.

## **4.2 Riscos Geomorfológicos: erosão e movimento de massa**

As intervenções nas encostas para a ocupação e retirada de sedimentos para a construção civil no município alterou a geometria da vertente. As feições antrópicas formadas a partir da ação humana vêm permitindo a dinâmica erosiva e de movimento de massa nas vertentes em nível local.

Nesse contexto, Reckziegel et al (2005) ressalta que os cortes e aterros realizados para a construção de moradias em terrenos com declividade acentuada, são obras que provocam alterações na forma original do terreno, e estão sujeitas à erosão pela ação das águas pluviais e também de movimento de massa devido à ruptura abrupta da forma original do terreno.

As mudanças intensivas e muitas das vezes irreversíveis do ambiente natural em áreas urbanas podem provocar a desestabilização das encostas, causadas também pelo corte do talude para servir como aterro, e a formação de diferentes graus de patamares de ocupação durante os diferentes níveis altimétricos.

Para a ocupação das encostas em ambiente urbano é necessário a abertura de ruas e a instalação de dutos para o escoamento de esgoto e de águas pluviais, essas obras quase sempre causa instabilidade das encostas, ou pelo menos o solo é bastante alterado (GUERRA, 2011).

Os processos de antropização (cortes de vertentes para criação de estradas, desmatamento, construção de casas, retiradas de sedimentos) e morfogenéticos (erosão em lençol e laminar, movimentos de massa, volume de precipitação) são os principais responsáveis pelas formas das encostas e a produção de áreas de risco presentes no município de Aracaju.

Apesar dos processos de movimentos de massa, no caso deslizamentos, e do extravasamento de água dos córregos e rios, no caso das enchentes, serem processos naturais, caracterizam-se em riscos quando apresentam perigo à vida humana e aos seus bens materiais de acordo com algumas formas de ocupações antrópicas.

A erosão acelerada, de relevância interferência na evolução das vertentes, no espaço urbano, é efeito da combinação entre os processos morfogenéticos e as degradações provocadas pelas ações humanas, como a alteração das características das condições naturais, seja pelo desmatamento, remoção e ocupação de encostas, aumento das áreas impermeabilizadas e pela criação de caminhos preferenciais por meio da construção de vias de acesso (ARAÚJO, 2010).

A ocupação desordenada da população em áreas de maior declividade dinamizando em parte as vertentes, tem estimulado, sobremaneira, o processo erosivo que se constitui em uma ameaça a sua própria sobrevivência, principalmente nos ambientes litologicamente sedimentares envolvendo os bairros Porto Dantas (Coqueiral), Cidade Nova, Santos Dumont, América e Santa Maria. Esta ocupação instalada nas encostas dos Tabuleiros Costeiros aumenta o desequilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese em escala local, um exemplo é a criação de retomada de erosão linear e voçorocamento de encosta próximas às áreas de ocupações urbanas recentes (Figura 43).

Figura 44: Fotografia aérea evidenciando a erosão acelerada em área de expansão urbana no bairro Santa Maria.



Créditos: Antônio Carlos Campos, 2010.

Nas zonas de Morros dissecados nas superfícies tabulares a presença do solo Argissolo concentra-se a ocorrência dos processos erosivos nos cortes dos taludes, principalmente no Morro do Avião<sup>5</sup>. Nessas condições, se manifestam os tipos de erosão: a laminar ou em lençol, a linear e o voçorocamento (figura 44). Ocorre, inicialmente, a erosão laminar causada

---

<sup>5</sup> Para a construção do Aeroporto de Aracaju houve o desmonte do Morro e um recuo das suas vertentes. A retirada de sedimentos favoreceu também o aterro e obras de construção civil no município.

pelo escoamento difuso das águas de chuva que, ao se acumularem nas depressões do terreno, começam a descer pela encosta devido à saturação do solo e pouca contenção das águas pelas poças.

.A erosão linear provocada pela concentração das linhas de fluxo das águas superficiais forma sulcos na superfície do terreno o qual, ao aprofundar, causa o aparecimento das ravinas (ARAÚJO. 2006). Os sulcos estão principalmente na parte de urbanização mista, na parcelada e periférica. As principais consequências registradas são danos ao piso das ruas, seja ela pavimentada ou não. Em locais onde os sulcos são abundantes, ocorre a destruição do piso das vias públicas, a exemplo do observado em áreas pavimentadas que foram traçadas ao longo da declividade da vertente, situação observada principalmente no Conj. Manoel Preto, Coqueiral, Porto Dantas, Cidade Nova e Santa Maria.

Figura 45: Ocupação irregular no Morro do Avião (Bairro Santa Maria) em áreas de grandes focos erosivos.



Créditos: Alizete dos Santos, 2010.

A evolução das ravinas se configura em erosão por voçorocamento, em que há além da perda de solo, a formação de áreas que comprometem a estabilidade das moradias. Com isso há o aumento da possibilidade de ocorrência de voçorocamento e/ou movimentos de massa

localizados. Por sua vez, algumas voçorocas estão conectadas ao fluxo de drenagem, a qual desenvolve a formação de dutos e de erosão e desmoronamento em sua área interna.

Outros níveis de ocupação estão sujeitas a o risco de escorregamento/desmoronamento duplo, podendo ocorrer tanto no talude localizado atrás dela, como no patamar em que está assentada (Figura 45).

Figura 46: Ocupação irregular em níveis diferenciados da encosta sujeita à ocorrência de deslizamento de massa no bairro Porto Dantas.



**Créditos:** Alizete dos Santos, 2011.

O agravamento da erosão que se verifica em vários pontos de ocupação urbana em Aracaju está diretamente relacionado ao crescimento vertiginoso da cidade sem planejamento. No contexto de ocupação do risco geomorfológico a maioria da população se encaixa nas condições sociais mais precárias, pode-se encontrar casas feitas de papelão e maderito, além da alvenaria, estão dispostas, muitas das vezes, em ruas com padrão urbano desordenado que em consonância com a ausência de saneamento básico intensificam o fluxo de escoamento superficial concentrado.

A ocupação mais intensa dos terrenos próximos às ocorrências erosivas multiplica os riscos. Junto com os riscos de acidentes, geralmente as ravinas e voçorocas se tornam áreas de despejo de lixo, às vezes até como tentativa desastrosa de contenção.

Os movimentos de massa são processos com menor amplitude e frequência no município, em relação aos eventos erosivos. Mas são vários loteamentos que gradualmente estão ocupando as vertentes com maior nível de declive, e conseqüentemente de energia potencial ao risco. Nessas áreas o padrão das moradias é precário, os cortes das vertentes para ocupação ou fornecimento de aterros não são devidamente compactados, outro agravante é a ausência de saneamento básico que permite o lançamento dos resíduos sólidos e líquidos diretamente ao solo, aumentando assim, os riscos aos movimentos coletivos de sedimentos.

Entre as ocorrências dos movimentos de massa encontra-se o nível de rastejamento em pontos do Bairro Cidade Nova (principalmente nas ruas 6 e 7 e circunvizinhas), Bairro América (Av. Desembargador, Rua Argentina e Alaska), Bairro Santa Maria (diversos pontos do Morro do Avião, principalmente nas proximidades do “Invasão do Suvaco da Gata”) que apesar de apresentar velocidade baixa e de movimento constante, contém uma geometria de movimento definida.

Esse tipo de movimento envolve grandes volumes de solos, sem que apresente diferenciação visível entre o material em movimento e estacionário. A causa da movimentação nos rastejos (creep) é a ação da gravidade, associada também aos efeitos das variações de temperatura e umidade. O processo de expansão e contração da massa de material, devido à variação térmica, provoca o movimento vertente abaixo (FERNANDES & AMARAL, 1999).

O desencadeamento de escorregamentos em Aracaju depende de vários condicionantes naturais, porém, a chuva é um dos fatores mais significativos, pois quase todos os registros estão associados a episódio de chuvas fortes e prolongadas e concentrada em alguns meses.

Nos meses de alto índice do regime pluviométrico há o aumento do peso potencial dos sedimentos argilosos das áreas de vertentes aracajuanas, quando saturado, ocorre o escorregamento de massa (figura 46). O talude desestabilizado é consequência da ação gravitacional que desequilibra a resistência do solo ao cisalhamento. O equilíbrio interrompido também ocorre quando há escavação ou cortes no talude (BIGARELLA, et al 20003).

Figura 47: Deslizamento de terra no Alto da Jaqueira, Bairro Cidade Nova.



**Fonte:** Defesa Civil, 2009.

Esses processos estão principalmente localizados nas áreas com mais de 12% de declividade e com um grau de ocupação desordenada nas áreas de ocupação mista, principalmente na região do Alto da Jaqueira I e II (entre as ruas A e B), no Morro do Avião (Conj. Valadares e Padre Pedro) e nas vertentes do Morro do Urubu no bairro Porto Dantas (FIGURA 47).

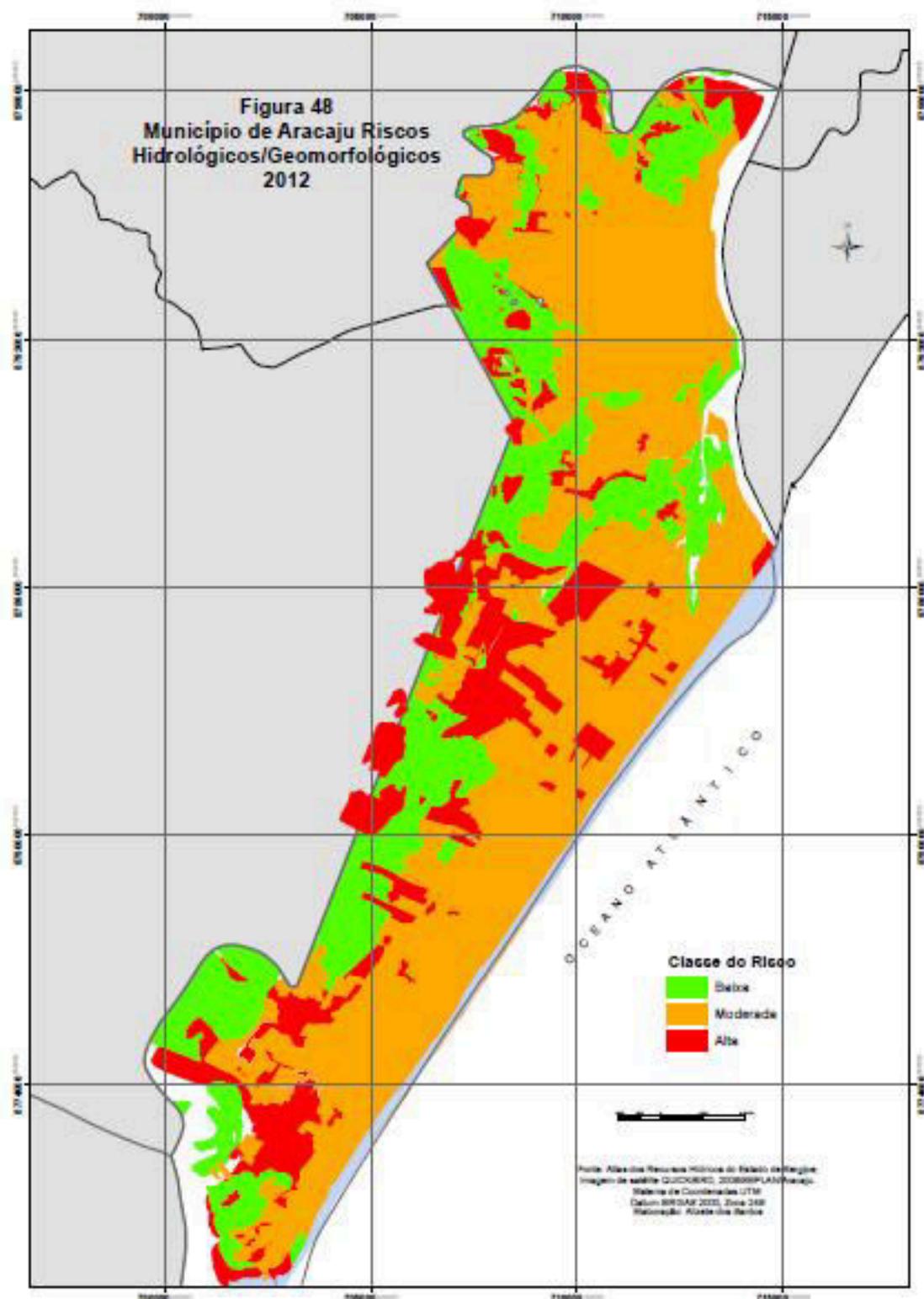
**Quadro 11:** Distribuição e tipologia dos riscos geomorfológicos de Aracaju

<b>BAIRRO</b>	<b>LOCALIDADE</b>	<b>TIPOLOGIA DO RISCO GEOMORFOLÓGICO</b>
Cidade Nova	Av. A	Diversos focos de erosão acelerada; rastejamento e escorregamento.
	Travessa São João	Diversos focos de erosão acelerada; áreas vulneráveis a escorregamento.
	Ruas B, C, D e rua Santa Izabel	Diversos focos de erosão acelerada; rastejamento e escorregamento.
Soledade	Ruas M, P e adjacências	Focos de erosão acelerada; áreas vulneráveis a movimento de massa.
	Ruas 6, 7, 8 e adjacências	Focos de erosão acelerada; áreas vulneráveis a movimento de massa.
Industrial	Tv. Manoel Preto	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); rastejamento e desmoronamento.
	Tv. São Paulo e adjacências	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas);
	Rua Alto da Favela	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); rastejamento e cicatrizes de escorregamento.
	Rua Vila Ana e adjacências	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); cicatrizes de escorregamento.
América	Av. José da Silva Ribeiro entre as ruas México, Paraguai e Colômbia	Essa área está sofrendo intervenção de controle erosivo pelo poder municipal.
	Entre as ruas Argentina e Alaska	Erosão acelerada e riscos de desmoronamento.
	Conj. Maria do Carmo II	Focos erosivos
Santo Antônio	Rua Cel. José Pacheco Lima entre as ruas Maria Izabel	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas);
	Rua C	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas);
	Rua Cláudio Batista	Erosão por ravinamento e voçorocamento
Jabotiana	Av. Esc. Erauliano Ramos e adjacências	Forte presença da erosão acelerada na área de desmorte do Morro; eventualmente presença de desmoronamento.
Olaria	Ruas 3, 6 e adjacências	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); rastejamento e desmoronamento.
	Rua Maria do Carmo e adjacências	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); rastejamento e

		desmoronamento.
Jardim Centenário	Bela Vista com rua H2	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); rastejamento e desmoronamento.
Santa Maria	Encosta do Morro do Avião	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); rastejamento e desmoronamento.
	Invasão do Suvaco da Gata	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); desmoronamento e escorregamento.
Cirurgia	Rua Riachão entre a Av. Desembargador Maynard e rua Permínio de Souza	Área densamente ocupada
Coqueiral	Rua Boa Vista e ruas adjacências	Ravinamento e voçorocamento; indícios de escorregamento.
Porto Dantas	Travessa Novo Eden	A falta de infraestrutura permite a intensificação da erosão acelerada como o ravinamento e voçorocamento.
	Travessa M	
	Rua D	

**Fonte:** Defesa Civil e pesquisa de campo da autora entre 2009 e 2011.

Elaboração: Alizete dos santos, 2012.



## 5 GERENCIAMENTO E INDICATIVO DE TÉCNICAS DE MITIGAÇÃO DOS RISCOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS PARA ARACAJU

---

### 5.1 Gestão dos riscos ambientais

Para gerenciar as causas e consequências dos eventos geomorfológicos e hidrológicos que colocam a população em risco deve-se estabelecer e programar práticas de prevenção e controle bem definidos. Os projetos de uso e ocupação do solo urbano devem ser precedidos de planejamento urbanístico integrado, que contemple eficiente e adequado sistema de drenagem. Deve contemplar também, como condição básica a correta concepção de obras de correção, quando o processo erosivo já está instalado (ALMEIDA FILHO & SANTORO, 2004).

A prevenção dos acidentes associados aos deslizamentos de encostas, alagamento e enchentes deve fazer parte da gestão do território e da política de desenvolvimento urbano, constituindo-se, portanto, em uma atribuição municipal. A redução da vulnerabilidade ou do risco ambiental é realizada mediante os diferentes tipos de ajustamentos no território com atitudes positivas de controle do risco, que são respostas a curto prazo, adotadas de forma incidental (como melhoria urbanística dos serviços e equipamentos urbanos básicos), ou de forma proposital (SOUZA, 2010).

Para que se tenha a eliminação ou redução do risco geológico e/ou hidrológico de um determinado local são necessárias ações diversas e integradas desde o processo de elaboração do planejamento adequado do espaço urbano, à execução das obras de drenagem, correção das erosões, deslocamento da população das áreas de elevado risco e trabalho educacional para evitar o agravamento dos riscos e obter uma melhor convivência com os mesmos. A equipe multidisciplinar responsável deve se basear nos conhecimentos da Geografia, Assistência Social, Engenharia, Arquitetura, e Educação, entre outros.

O mapa de áreas de risco e a observação e caracterização dos eventos geológicos e hidrológicos constituem o primeiro passo para o enfrentamento do problema em cada bairro atingido, podendo então nortear as medidas preventivas e corretivas que devem ser aplicadas na área estudada (IPT, 1990).

No entanto, os pontos de ocorrência de erosão acelerada e dos movimentos de massa não podem ser vistos como focos isolados na geografia da cidade e devem constituir a base física do planejamento urbano. No caso do município de Aracaju o Plano Diretor<sup>6</sup> prevê a delimitação de Zona de Recuperação Ambiental – ZRA, e a existência das áreas de preservação permanente assegurando a limitação do uso das áreas de riscos geodinâmicos e geotécnicos (CONDURB, 2010). No entanto, não só no PDDU, mas também nas leis complementares, não estão claros os procedimentos no âmbito da prevenção dos riscos, das ocorrências dos desastres e das medidas mitigadoras pós-eventos, demonstrando a fragilidade no gerenciamento dos riscos ambientais.

Nogueira (2006), baseado nas orientações das UNDRO<sup>7</sup> (1991), indica quatro estratégias indispensáveis para o gerenciamento de riscos que também podem ser aplicadas ao município em estudo: identificação e análise de riscos (diagnóstico do problema); adoção de medidas estruturais para prevenção dos acidentes e redução dos riscos; adoção de medidas não estruturais (implantação de planos preventivos de defesa civil no período de chuvas mais intensas; monitoramento e atendimento das situações de emergência); informações públicas e capacitação para prevenção e autodefesa.

A elaboração de mapas como suporte ao diagnóstico e gerenciamento do risco deve conter informações sobre as áreas atingidas pelos riscos como mapa de planejamento, e outro de possível área a ser atingida pelo risco como mapa de alerta. O mapa de planejamento define as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos. O mapa de alerta informa em cada esquina ou ponto de controle, o nível da régua no qual inicia a inundação. Este mapa permite o acompanhamento da evolução da enchente, com base nas observações da régua, pelos moradores nos diferentes locais da cidade.

---

<sup>6</sup> O plano Diretor em vigor, foi sancionado em 2000, atualmente vem passando por revisões e novas elaborações, no entanto, as fragilidades sobre elaborações de ações para o controle dos riscos ambientais não são previstos de forma clara.

<sup>7</sup> Comissão da Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres, formada pela ONU em 1971. O seu relatório há indicação de procedimentos para embasar o gerenciamento dos riscos ambientais.

Os resultados das análises da evolução dos riscos servem para dotar de conceitos e métodos a Gestão e Gerenciamento do Risco. Para Ayala-Cacerdo (2002), através da ciência e tecnologia de gestão do risco se pode nortear a linha de gestão nos aspectos preventivos e emergenciais, essa última está intrinsecamente relacionada com a atuação da Defesa Civil.

As atividades para o gerenciamento dos riscos em Aracaju devem ser efetivadas antes, durante e depois do risco. Baseados nesses indicativos de ações Cadorna (1996) argumenta que essas etapas correspondem aos esforços de prevenir as ocorrências de desastres, mitigar as perdas, prepara-se para as consequências, alertar a população, responder as emergências e recuperar-se dos efeitos dos desastres.

As atividades de gerenciamento de riscos antes, durante e depois do desastre é colocado por Marchiori-Faria & Santoro (2009) a partir das ações seguintes:

- **Prevenção:** objetiva evitar que ocorre o evento
- **Mitigação:** pretende minimizar o impacto, reconhecendo que muitas vezes não é possível evitar suas ocorrências.
- **Preparação:** estrutura e resposta
- **Alerta:** corresponde à notificação formal de um perigo iminente

Durante o desastre as atividades de gerenciamento devem promover ações de evacuação, busca e resgate, de assistência e alívio à população afetada e ações que se realizam durante o período em que a comunidade se encontra desorganizada e os serviços básicos de infraestrutura não funcionam.

Depois do desastre devem-se buscar medidas que garante a reabilitação de abastecimento dos serviços vitais para a comunidade, é necessário promover também a construção de infraestrutura danificada e restaurar o sistema de produção, revitalizar a economia, buscando alcançar e/ou superar o nível de desenvolvimento prévio ao desastre.

Figura 49 - Sequência cíclica das fases de gerenciamento de desastres.



Fonte: Modificado de Thouret, 2007 por MARCHIORI-FARIA & SANTORO (2009).

Para a elaboração de medidas de prevenção e avaliação dos riscos é necessário se embasar na formação de banco de dados sobre as ocorrências, mapas de ameaças, de vulnerabilidades e de riscos de desastres. As ações de respostas aos desastres englobam os socorros e assistências às populações vitimadas reabilitação do cenário dos desastres com avaliação dos danos, elaboração de laudos técnicos, desobstrução e remoção de escombros. Já a redução dos riscos será possível a partir das medidas estruturais e não estruturais (MARCHIORI - FARIA & SANTORO, (2009)).

É possível obter um plano de prevenção baseado nas diretrizes legais relativas ao uso e ocupação do espaço urbano, ao zoneamento urbano, arruamento e loteamento. O Plano Diretor da cidade deve planejar e programar a expansão urbana dentro das técnicas estabelecidas para o controle dos possíveis riscos a serem desencadeados.

No caso de Aracaju o Plano Diretor prevê para ocupação urbana a demarcação de um perímetro de alerta para o controle especial do desenvolvimento urbano, a fim de assegurar a

permeabilidade do solo. Assim a ocupação dos lotes nas encostas abaixo de 30% (trinta por cento) de inclinação deve estar condicionada a:

- I- Lotes com ângulo de inclinação entre 10% a 15% (dez a quinze por cento) - taxa mínima de permeabilidade de 40% (quarenta por cento).
- II- Lotes com ângulos de inclinação dentre 16% a 29% (dezesseis a dezenove por cento) - taxa mínima de permeabilidade de 70% (setenta por cento).

Já as encostas acima de 30% de inclinação são consideradas áreas de preservação permanente, existindo a limitação quanto ao seu uso. Estas áreas (de preservação permanente) englobam entre outros elementos espaciais, a vegetação das áreas que permitem atenuar a dinâmica erosiva como as matas ciliares, vegetação arbórea nas áreas de vertentes acentuadas como no Morro do Urubu, da Piçarreira e do Avião; nos campos dunares localizados no Tecarmo, Bonanza e na foz do Vaza Barris; e as lagoas e lagunas (ARACAJU, 2000).

Ainda como suporte às decisões no gerenciamento dos riscos ambientais de Aracaju, as atuações direcionadas ao seu controle devem-se basear nas medidas de contenção. Estas são classificadas, de modo geral, em estruturais de forma intensiva e extensiva, e a não estruturais como mostra a figura 48. As ações estruturais intensivas não tratam das causas do problema e sim tentam minimizá-las através de medidas compensatórias. Incluem ações que alteram diretamente o traçado e/ou a direção dos cursos d'água como canalização, retificação, a construção de canais de desvio, canais paralelos e canais extravasadores (BOTELHO, 2011).

As medidas não estruturais são aquelas que defendem a melhor convivência da população com o risco, e incluem prevenção e previsão de enchentes, reassentamento, evacuação ou relocação da população, controle do uso do solo, educação, etc. (CORDERO et al, 1999).

Apesar de ser menos onerosas para o poder público, essa medida depende do interesse político dos gestores e da intersectorialidade das instituições para elaboração e efetivação das ações de combate ao risco.

Figura 50: Principais medidas estruturais e não estruturais de controle e intervenção de risco hidrológico/geomorfológico.



Fonte: Baseado em BOTELHO, 2011.

O plano de gerenciamento dos riscos devem se basear nas indicações proposta pelo zoneamento do risco pautado na vulnerabilidade ambiental, padrão de ocupação, indicadores dos serviços de saneamento, entre outros. O zoneamento propriamente dito é a definição de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de maior risco ambiental, a exemplo da inundação, visando à minimização futura das perdas materiais e humanas em face das grandes cheias. Conclui-se daí, que o zoneamento urbano permitirá um desenvolvimento racional das áreas ribeirinhas do município.

Os diagnósticos iniciais e processuais dos riscos norteiam a elaboração das medidas estruturais adequadas para cada tipo de risco. O monitoramento deve ser tanto dos riscos, como das respostas deste a implementação de medidas de controle.

Carvalho (2007) apresenta algumas ações de modo não estrutural para a mitigação do risco, como segue:

- **Planejamento urbano:** constitui um processo minucioso e necessário para subsidiar medidas e ações ligadas à ocupação de um município, por isso deve resultar de um processo participativo do Poder Público com representantes de setores da sociedade, englobando as áreas rurais, considerando sua interação com municípios vizinhos;
- **Legislação:** no caso do uso e ocupação do solo, a legislação deverá resultar de um sistema participativo da sociedade, sendo necessária a obrigação do exame e do controle da execução dos projetos pela Prefeitura local, além da emissão de um licenciamento de parcelamentos, ou seja, de loteamentos;
- **Política habitacional:** as políticas habitacionais devem contemplar programas para populações de baixa renda, com acompanhamento técnico, projetos e materiais adequados aos espaços que serão ocupados, evitando que as famílias carentes ocupem áreas não apropriadas (áreas de risco);
- **Pesquisas:** implicam no estudo dos fenômenos, suas causas, localização espacial, análise de ocorrências do passado e possíveis consequências, onde um dos produtos é o Mapa de Perigo ou Ameaça, no qual se determina o nível de exposição a um dado processo, levando em conta, por exemplo, frequência e intensidade das chuvas;
- **Sistemas de alerta e contingência (Defesa Civil):** a informação dos processos naturais tem permitido a previsão de sua ocorrência, o que possibilita a preparação de Planos de Alerta (ou Preventivos) e de Contingência específicos para cada tipo de processo, baseando-se no monitoramento das chuvas, nas previsões de meteorologia e nos trabalhos de campo para verificação das condições das vertentes;
- **Educação e capacitação:** o sucesso de um plano de controle das cheias baseado nas medidas não-estruturais depende muito do conhecimento do risco das enchentes por parte das pessoas que habitam as áreas de risco. A existência de um sistema educativo eficaz,

que gere e difunda uma cultura de prevenção, é o melhor instrumento para reduzir os desastres, sendo que essa educação deva abranger todos os níveis de ensino, com a inclusão de conhecimentos e experiências locais, soluções pragmáticas e que possam ser colocadas em prática pela própria população.

Algumas sugestões e indicativos de técnicas estruturais serão apresentadas a seguir como possíveis alternativas de contenção dos riscos hidrológicas de acordo com suas características presentes no município de Aracaju.

## **5.2 Indicação de técnicas de controle dos riscos hidrológicos**

Os princípios básicos dos controles as enchentes devem estabelecer o controle da bacia hidrográfica urbana e não de pontos isolados. É necessário entender a dinâmica da hidrologia urbana com todas as alterações e consequências da antropização da bacia urbana (TUCCI, 2008).

No caso de Aracaju, torna-se necessário compreender as alterações das bacias do Vaza Barris e Sergipe, traçando inclusive as tendências dos cenários futuros do desenvolvimento dessas bacias. Essas análises devem embasar as linhas de planejamento de mitigação e ocupação humana nas áreas de risco.

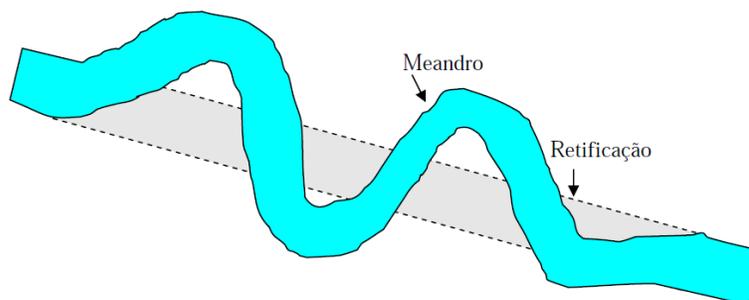
As técnicas de medidas estruturais para o controle dos riscos hidrológicos devem permitir a elaboração de um sistema de drenagem urbana sustentável, que possa imitar o ciclo hidrológico natural, que possa diminuir ou manter os escoamentos superficiais nos níveis de lotes, bairros e bacias hidrográficas (PARKINSON et al., 2003)).

Na escala de lotes devem ser deixadas áreas de infiltração nas novas construções ou mesmo instaladas nos lotes já ocupados. Na escala de loteamentos e bairros é necessária à construção de praças com gramíneas, quadras de esporte ou áreas de lazer com áreas de infiltração.

A retificação de um canal de drenagem consiste na construção de um novo leito para o rio, retilíneo ou quase, em uma zona na qual em geral o rio percorre numerosos meandros. Esse sistema permite um aumento na velocidade e no nível de erosão que com o tempo reduz o efeito

benéfico da retificação pelas danificações naturais que sofrerão a calha do rio (CORDERO et al (1999)). Assim, a utilização dessa medida de controle, quando não são baseadas nos estudos aprofundados sobre seus efeitos, pode transferir os problemas de inundação para a sua jusante, como é observado em diversos pontos de Aracaju.

Figura 51: Esquema do canal retificado



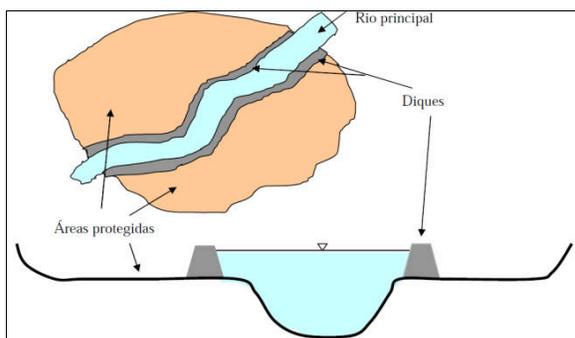
Fonte: Cordero et al (1999)

As áreas ribeirinhas de risco de enchentes têm sido ocupadas principalmente pela população de baixa renda, tendo como consequências frequentes impactos devido às enchentes. Nas margens do rio Poxim, pelo alto nível de ocupação no bairro São Conrado e Inácio Barbosa, sugere-se a retirada da população que ocupa seu leito e a criação de Poldes e Diques, ou mesmo, em alguns pontos, o reflorestamento da mata ciliar.

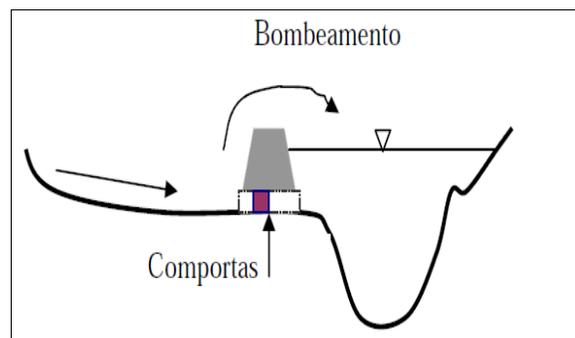
Os diques, segundo Botelho (2011) são muros construídos geralmente de concreto armado, para confinar as águas de um rio, evitando transbordamento e a consequente inundação em áreas de contorno. Os polders vão se diferenciar dos diques por utilizar uma estação de bombeamento para retirar as águas que chegam às áreas protegida durante uma enchente.

Neste tipo de obra geralmente há necessidade de construir uma galeria com comportas reguláveis para evitar a entrada da água do rio principal nas áreas protegidas, e propiciar a saída da água do ribeirão quando a situação é normal (Cordero et al (1999)).

Figura 52: a) Esquema de Diques;



b) Esquema de Polders.



Fonte: Cordero, et al 1999.

As técnicas para facilitar a infiltração devem ser priorizadas para conter o risco geomorfológico e hidrológico. Araújo, et all., (2000) apontam soluções para criar maior infiltração em área urbanizada.

- **Pavimentação permeável**, bastante restrito: em calçadas; ruas secundárias; ruas estreitas com pouco tráfego.

Figura 53: Blocos vazados, bairro Inácio Barbosa



Figura 54: Calçada de Blocos de Concreto na Av. Gonçalo Prado Rolemberg,.

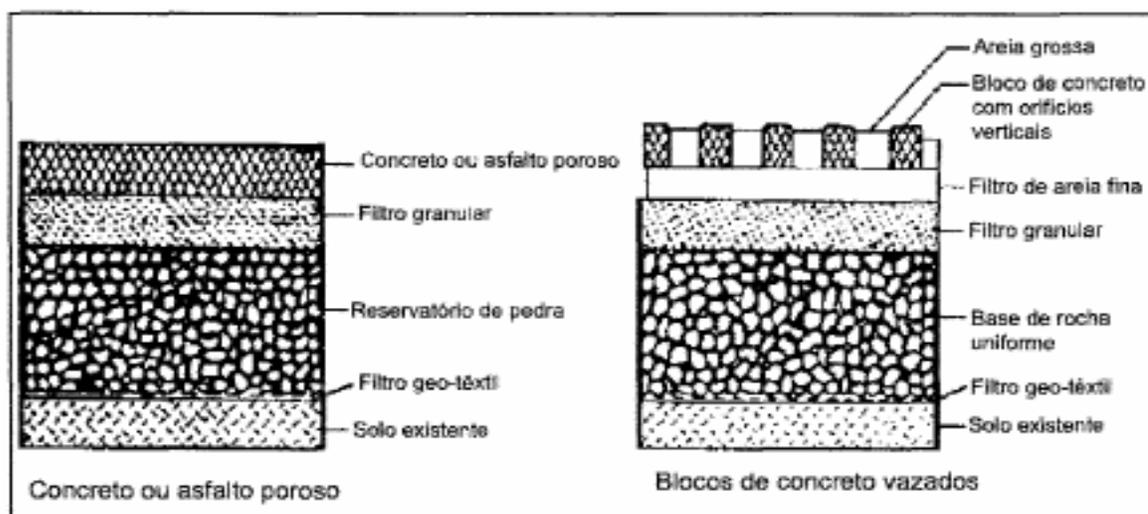


- **Planos de infiltração**: áreas de gramados laterais (em geral). Se a drenagem transportar grande quantidade de material fino, a capacidade de infiltração pode ser reduzida, para que isto não aconteça é necessário limpezas periódicas dos planos.

- **Valas de infiltração:** canos porosos rodeados de pedregulhos. A água que não infiltra na “abertura” de infiltração, escoar por estas valas e infiltrará pelos espaços vazios dos pedregulhos.
- **Poço de infiltração:** é instalado na conexão entre o dreno privado e a canalização principal. As águas nesta abertura irão escoar até o fundo onde passa por uma infiltração e “assentamento” dos sedimentos e resíduos para evitar entupimento.
- **Valos de infiltração:** estarão dispostos paralelos as ruas, conjuntos habitacionais, estradas, etc.

O pavimento permeável permite a infiltração do escoamento superficial, sendo desviado a partir de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de pedra localizado na superfície do terreno. A partir de então, passa a infiltrar no subsolo. É formado por duas camadas de agregados (médio e graúdo) mais uma camada de pavimento permeável na superfície e são classificados como: asfalto poroso, concreto poroso e bloco vazado preenchido com grama ou areia. O bloco de concreto vazado tem restrições quanto ao tráfego de cargas pesadas, pois pode afundar e desalinhar (MOURA, 2005).

Figura 55: Ilustrativo das camadas permeáveis



Fonte: Extraído de MOURA, (2005)

Outra técnica possível de ser aplicada no município são os reservatórios ou bacias de amortecimento que tem como objetivo principal reduzir o escoamento superficial e amortecer as vazões nos picos de cheias a jusante. Botelho (2011) define e subdivide essas bacias como:

- Bacias de infiltração: são depressões no terreno com a finalidade de reduzir o escoamento, remover alguns poluentes e promover a recarga das águas subterrâneas. Podem ser construídas às margens das rodovias e estradas vicinais. Ao longo das rodovias de pista dupla podem ser construídas valas de drenagem centrais gramadas, que funcionam como uma bacia de infiltração;
- Bacias de detenção: são tanques com espelho d'águas permanente que tem como objetivo reduzir o escoamento sedimentar sólidos em suspensão e ainda permitem o controle biológico dos nutrientes. Essa técnica necessita de remoção periódica do lodo acumulado no processo e a criação de proteção contra eventuais quedas de pessoas e animais. Normalmente é projetada para operar sem água, ou com pouca água enchendo-se somente durante as chuvas intensas.
- Bacias de retenção: tem os mesmos objetivos do que a anterior, no entanto a água detida nesse processo favorece um escoamento das águas de modo mais rápido.

Essas bacias de contenção favorece o controle tanto das áreas de inundações quanto da taxa erosiva. No município de Aracaju, especificamente no bairro Santa Maria, já existe uma bacia de contenção no Morro do Avião (FIGURA 52). No entanto são poucos tanques de controle, que deveriam está conjugados com outras técnicas de controle erosivo e hidráulico, a exemplo da diminuição de exposição do solo a partir da vegetação, que por sua vez aumenta a taxa de infiltração, reduzindo eventuais riscos.

Figura 56: Presença da bacia de contenção na superfície tabular do Morro do Avião no Bairro Santa Maria.



Créditos: Alizete dos Santos, 2011.

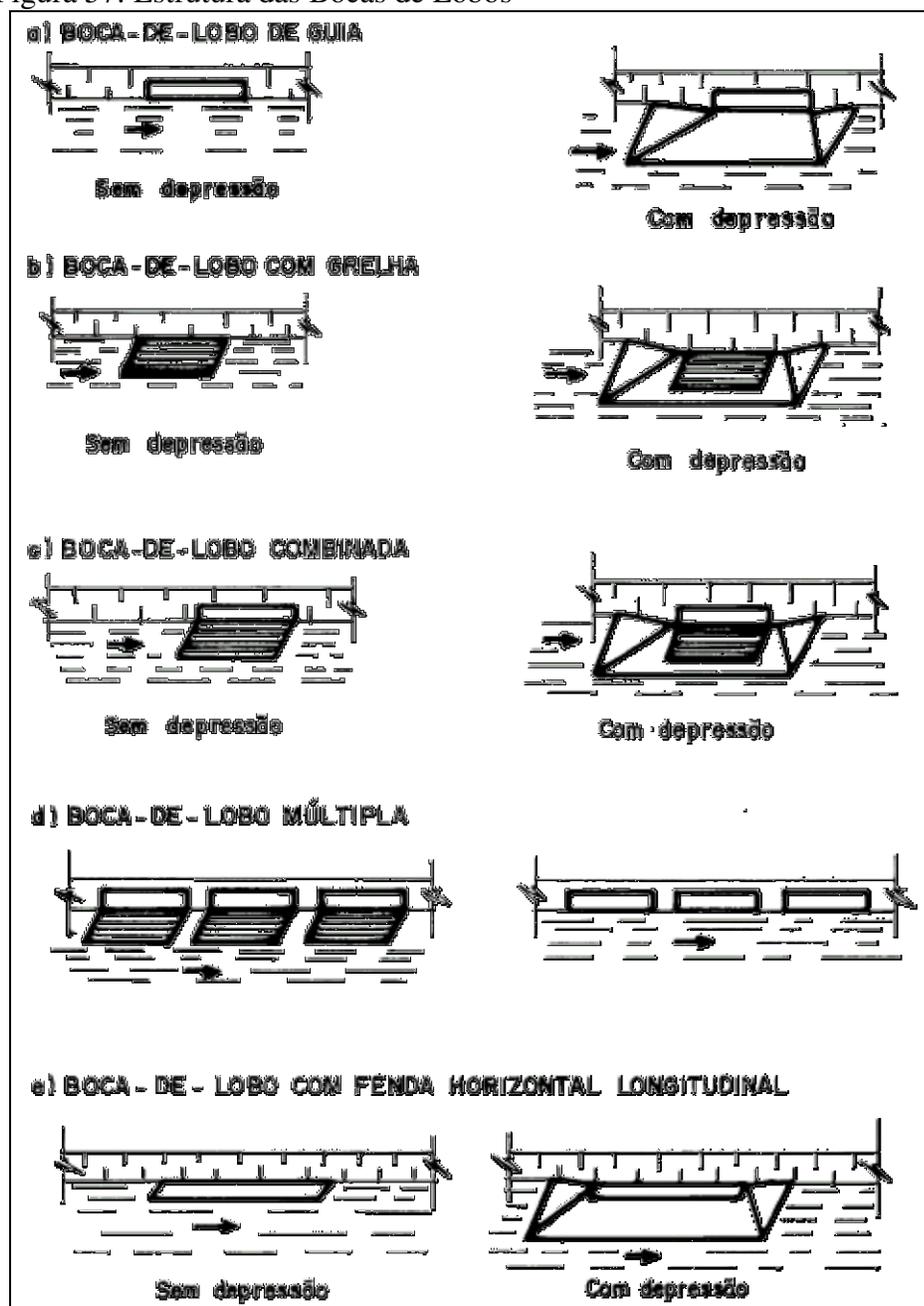
No controle de microdrenagem, o sistema de escoamento relacionado ao loteamento ou rede primária urbana e o redimensionamento das águas pluviais deve ser orientado pelos parâmetros de pavimentação baseado na subdivisão da área de escoamento; determinação das vazões que afluem à rede de condução (condutos); redimensionamento dos condutos (CORDERO, et al, 1999).

No processo de pavimentação deve ser criada estrutura de condução do escoamento das águas, principalmente pluviais, de modo planejado. O exemplo são as sarjetas que conduzem as águas para as chamadas bocas de lobo que intercepta as diversas direções de fluxo e conduz à tubulação.

As bocas-de-lobo devem ser localizadas de maneira a conduzirem adequadamente as vazões superficiais para as galerias. Nos pontos mais baixos do sistema viário deverão ser necessariamente colocadas bocas-de-lobo, com visitas técnicas a fim de se evitar a criação de

zonas mortas com alagamento e águas paradas (TUCCI, 1995). As bocas de lobo conduzem às saídas das águas que podem ser em galerias ou mesmo canais retificados a céu aberto. O desnível da formação das canaletas em relação com às ruas permite o redirecionamento das águas para os coletores (boca de lobo, galerias, tubulações).

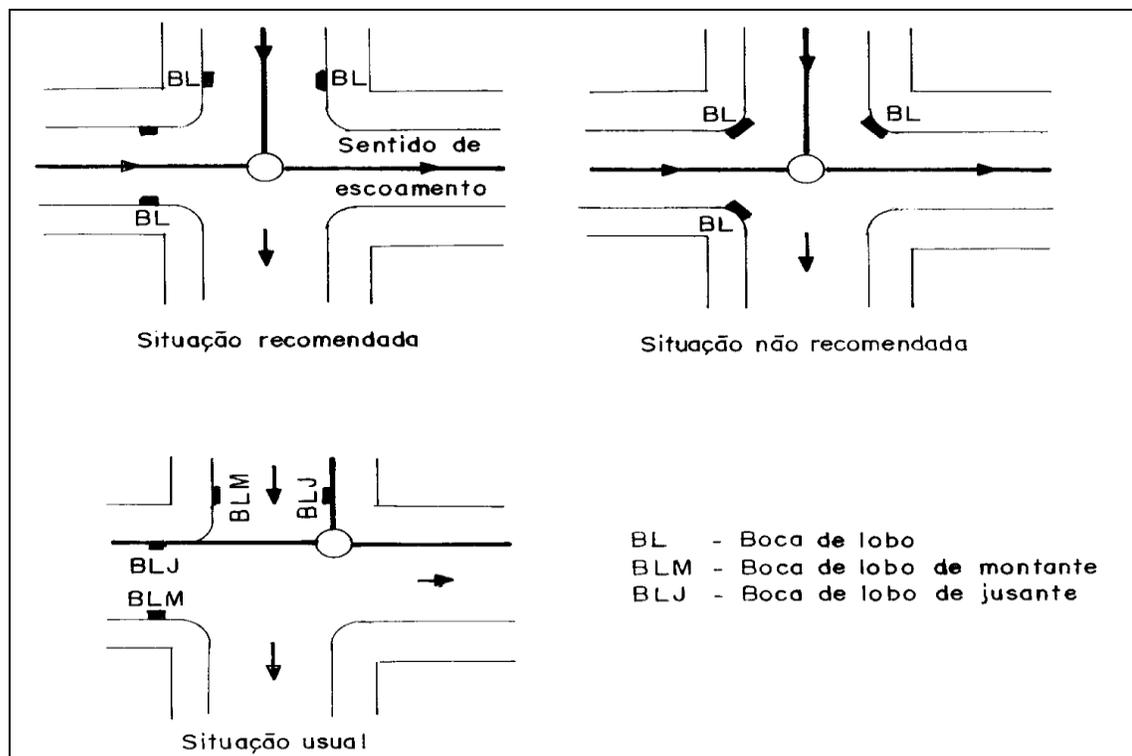
Figura 57: Estrutura das Bocas de Lobos



Fonte: BIDONE & TUCCI, 1995.

A condução dessas águas se dá pelos canais retificados até encontrar o canal natural em Aracaju. No entanto a localização da maioria das bocas de lobo está disposta de modo não recomendado segundo as normas defendidas na figura 53, sobretudo na região da malha urbana mais consolidada.

Figura 58: Sentido das bocas de lobo



Fonte: BIDONE & TUCCI, 1995.

A incorporação de resíduos líquidos e sólidos até chegar aos canais naturais compromete a qualidade da água durante seu percurso. No caso de Aracaju, a ausência de saneamento eficaz, e o descarte dos lixos nas ruas pela população, permite o entupimento das áreas de escoamento como as bocas de lobo, os canais retificados e mesmo as sarjetas.

### 5.3 Indicações de técnicas de controle de contenção geomorfológica

As chamadas obras de contenção dos riscos geomorfológicos são aquelas em que estruturas são construídas na encosta com a finalidade de se evitar o deslocamento da massa do solo ou rocha e oferecer resistência contra a ruptura do talude. Os métodos adotados para o controle erosivo variam de acordo com a necessidade local. O plano de ação presente nos principais métodos contém soluções individuais, ou até mesmo de grande envergadura, tais como manutenção de áreas permeáveis dentro dos lotes, cobertura com lona, sacos de areia e até barragens (macro drenagem), passando por sistemas de micro drenagem e pavimentação (GALERANI et al, 1995).

As técnicas de mitigação dos riscos geomorfológicos deve objetivar a estabilização das encostas. A aplicação das medidas estruturais e/ou não estruturais é viável ou não a depender das características geográficas as quais se desenvolve o risco. De acordo com Carvalho (2007), as medidas estruturais são aquelas de cunho corretivo, são de alto custo e frequentemente ocasionam impactos ambientais, como:

- **Obras de engenharia:** são alternativas técnicas comumente aplicadas para a prevenção e controle de acidentes de deslizamentos em áreas urbanas. Há uma gama variada de possibilidades técnicas de engenharia capazes de garantir a segurança de uma dada área de risco geológico ou hidrológico, como: os retaludamentos, os aterros, etc.;
- **Drenagem:** as obras de drenagem têm por objetivo captar e conduzir as águas superficiais e subterrâneas das encostas, evitando a erosão, infiltração e o acúmulo da água no solo, responsáveis pela deflagração de deslizamentos;
- **Reurbanização de áreas:** a reurbanização de áreas é uma solução de gerenciamento vantajosa, tendo como fator positivo a manutenção das famílias em sua vizinhança, isso devido a enorme quantidade de famílias que vivem em áreas de risco, a falta de terrenos disponíveis para a construção de novas moradias em áreas urbanas, o alto custo de

programas habitacionais e a incapacidade do Poder Público em evitar a ocupação de áreas impróprias;

- **Moradias:** os sistemas construtivos devem incluir materiais mais resistentes, principalmente paredes, muros e estruturas que possam servir como contenção de solo, com impermeabilização, tubulações hidráulicas estanques (não ter vazamentos), enquanto que as águas pluviais devem ser captadas nos telhados e as áreas livres necessitam de uma destinação adequada, impedindo o despejo sobre terrenos e aterros desprotegidos;
- **Proteção de superfície:** tende a impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração de água no maciço, sendo que essa proteção pode utilizar materiais naturais ou artificiais, devendo-se sempre por optar pela utilização de materiais naturais, o que são mais econômicos.

No contexto das medidas estruturais Huerta (2002) ressalta que essa técnica permite a modificação da morfologia de um talude na busca de garantir um coeficiente de seguridade da área..

Con la modificación de la morfología de un talud se trata de aumentar las fuerzas de fricción que se oponen a la rotura del talud, incrementando las tensiones normales en las zonas donde la resistencia al corte es más reducida. Además, se intenta en disminuir las fuerzas desestabilizadoras que inducen la rotura del talud, consiguiéndose de este modo mayores coeficientes de seguridade (HUERTA, p. 421, 2002).

Para a estabilização das vertentes acima de 12% de declividade e que estão apresentando grau de risco à população habitada, é necessário a aplicação de medidas estruturais e não estruturais. Nesse contexto indica-se a execução de medidas de contenção das encostas como:

- Plantação de vegetação como as gramíneas nas encostas e em diversos pontos das ruas para facilitar a infiltração;

- Estabilização das encostas com o desenvolvimento de patamares de talude para diminuir a velocidade de escoamento e conseqüentemente a dinâmica erosiva; a implantação de muro de arrimo, construção de muretas de contenção, etc..
- Construção de microdrenagem a exemplo das sarjetas, canaletas, turbulações, galerias, canais retificado, etc.

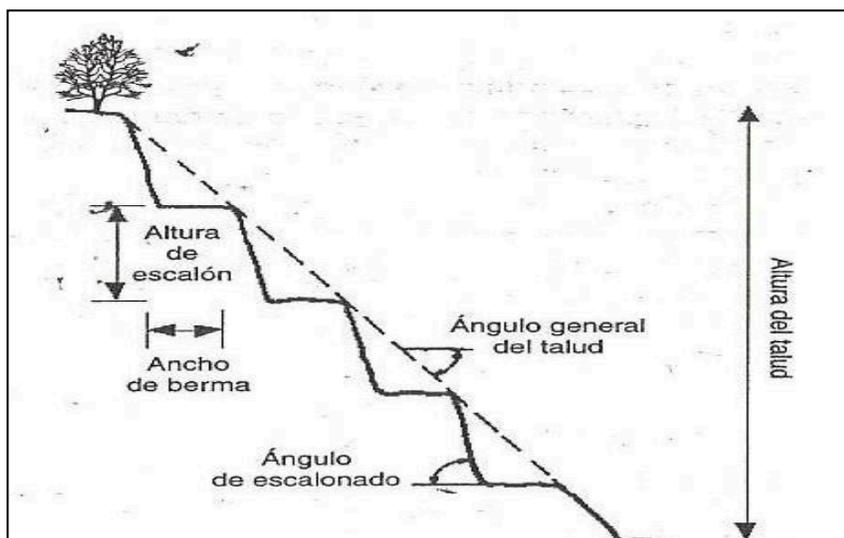
As técnicas de construção de canais de fluxo e captação das águas fluviais são conhecidas como microdrenagem. O seu uso é importante para o controle da erosão por evitar o escoamento direto sobre o solo. Galerani et al (1995) explica que nessa categoria de controle estão as sarjetas ou canaletas laterais que captam as águas pluviais e dos esgotos domésticos que escoam superficialmente nas encostas ou mesmo nas ruas evitando os focos de erosões nos escoamento concentrado.

A condição ideal para evitar totalmente o avanço do processo de erosão linear em áreas de ocupação densa e de vertente com alto grau de declividade principalmente no Coqueiral, Invasão do Suvaco da Gata (bairro Santa Maria), Alto da Jaqueira (bairro Cidade Nova), e no bairro América passa pela execução de rede de drenagem eficiente em todos os canais de contribuição, sejam eles do escoamento fluvial ou pluvial.

As águas devem passar por obras dissipadoras de energia e de aumento de capacidade de infiltração do solo, seja através das formações de patamares das vertentes, criação de canaletas e sarjetas, ou mesmo reflorestamento. De acordo com a característica geotécnica da vertente haverá influencia na altura, largura e ângulo da escavação dos degraus dos patamares nos taludes.

Outra medida de controle de erosão e movimento de massa é a instalação de muros, é usado para oferecer resistência a um deslizamento ou reter os blocos de rochas que estão soltos. Essas estruturas reforçam o maciço, de modo que este possa resistir aos esforços de instabilização. Os chamados muros de arrimo são aqueles em que a reação do empuxo é dada pelo peso e pelo atrito na sua base. Os muros de arrimo podem ser construídos com pedras empilhadas ou argamassadas, sendo que a resistência do próprio muro depende da união dessas pedras. Esse tipo de estrutura é usualmente empregado para conter taludes de altura muito baixa, atingindo até 2 metros de altura (POLIVANOV & BARROSO, 2011).

Figura 59: Esquema dos degraus de patamares dos taludes para controle erosivo.

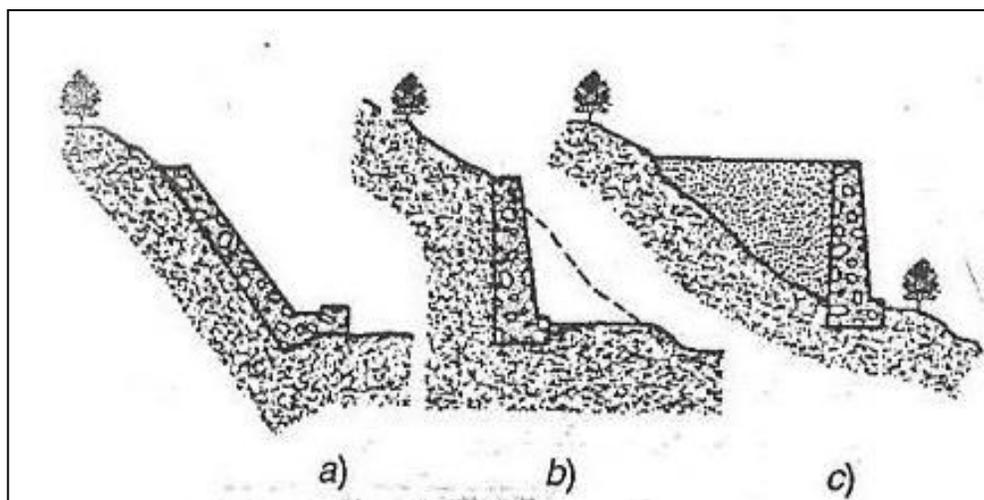


Fonte: Huerta, 2002.

Huerta (p.429, 2002) afirma que “En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención en le pie”. Tem a funcionalidade de reduzir as tensões induzidas pela declividade do terreno. Ainda segundo o autor supracitado, o elemento de contenção pode ser de:

- a) **Muros de sustentação:** são construídos separados do terreno natural, o espaço entre a base da vertente e o muro é preenchido posteriormente para garantir a estabilidade da vertente.
- b) **Muros de contenção:** geralmente são escavados e se constroem para conter um terreno que sem a ação do muro teria um alto grau de instabilidade.
- c) **Muros de revestimento:** sua função é essencialmente proteger o terreno da erosão e meteorização, como também manter um peso estabilizador.

Figura 60: Tipos de muros para contenção da instabilidade das encostas.



Fonte: HUERTA (2002 apud SALAS 1976)

No nível de desenvolvimento avançado da erosão, a exemplo das voçorocas, indica-se obras de contenção das águas superficiais e subsuperficiais no intuito de diminuir a energia do escoamento das águas nos pontos de descarga. O guia de controle de erosão elaborado pelo IPT (1990) sugere que para a elaboração dos canais e tubulações devem estar dimensionadas a partir do cálculo da vazão de águas pluviais aduzidas para o interior da voçoroca, constituindo a rede de galerias e emissários.

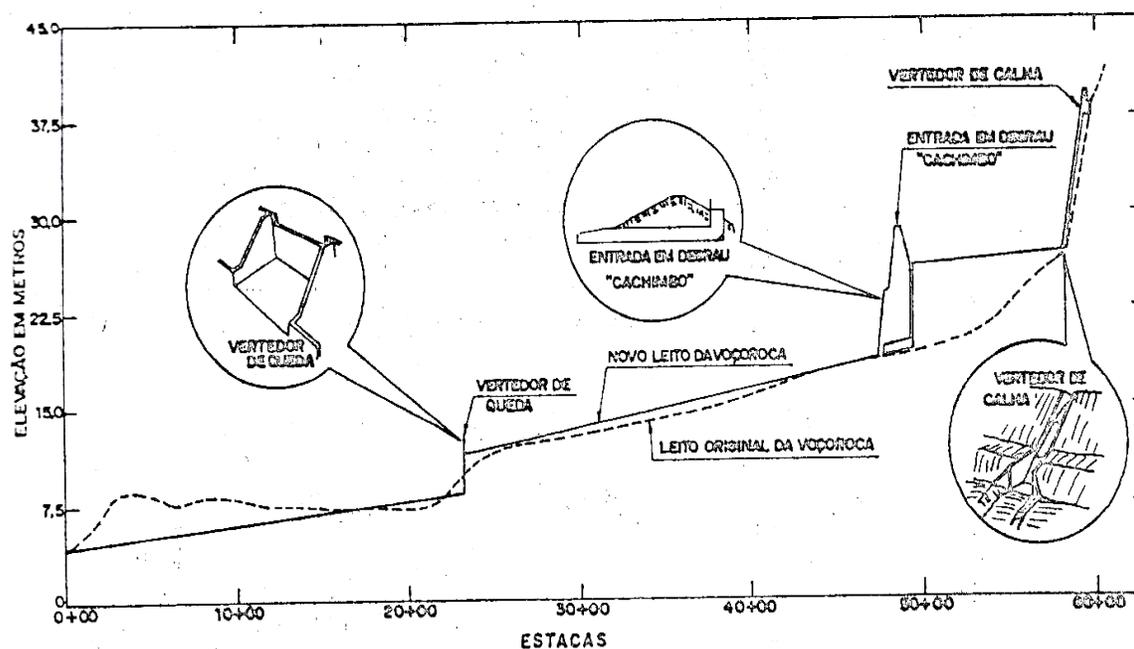
Para os focos de alto desenvolvimento das voçorocas em Aracaju, principalmente nos bairros Santa Maria e Porto Dantas/Coqueiral, Industrial e Cidade Nova é possível a realização de medidas permanentes ou temporárias de acordo com o nível geotécnico específico do evento detectado, também da disponibilidade dos recursos a serem direcionados para tais fins.

A estrutura de controle da voçoroca temporária deve priorizar além do uso da vegetação, estruturas que podem ser construídas com rocha, arames entrelaçados, palanques creosotados, gravetos ou terra. No modo de estrutura permanente deve-se controlar a vazão no topo da voçoroca, transportar a vazão de um grande canal, manter uma valeta de drenagem, diminuir a queda da vazão a partir da construção de patamares com aterros (FENDERICH et al, 1997).

A figura 56 ilustrativa sobre os patamares de construção permanente dentro de uma voçoroca demonstra como é possível estabilizá-la a partir do controle da vazão no topo com a

utilização de um vertedor que mantém e controla a vazão das águas direcionadas a uma valeta de drenagem. O canal interno descarrega em patamares o que diminui a energia potencial do fluxo da superfície não retificada. Essa técnica de controle erosivo pode ser aplicada na Voçoroca de alto nível de estágio localizado nas vertentes do Morro do Avião (Bairro Santa Maria) especificamente entre as proximidades da rua B4.

Figura 61: Perfil Longitudinal de uma voçoroca indicando as várias estruturas permanentes de controle



Fonte: Extraído de FENDRICH et al, (1997)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

As áreas de altos índices de vulnerabilidade natural em Aracaju têm sofrido com o processo de antropização. A planície costeira encontra-se densamente urbanizada com indicativos de expansão urbana para as encostas declivosas. A interferência no meio natural com a dinâmica urbana permite a ocorrência dos riscos geomorfológico e hidrológico. As diversas alterações como na permeabilização do solo, na construção da canalização e retificação dos canais fluviais, nas substituições do mangue por aterros para edificações, nas ocupações de margens dos cursos d'água, lançamento de lixo, esgotos e águas servidas diretamente sobre os rios contribuem para ocorrências de enchentes e alagamentos durante os períodos chuvosos.

Sendo assim, existe no município o risco associados pela vulnerabilidade natural, as infraestruturas inexistentes ou inadequadas e as ocupações precárias. O que permite concluir que o desencadeamento dos processos tanto da dinâmica das vertentes, quanto da hidrológica poderá causar perdas materiais e humanas consideráveis.

Os lugares onde foram registrados eventos/acidentes predomina o padrão urbano periférico, exceto na área da Zona de expansão do município. As enchentes e os alagamentos são frequentes em diversos pontos do município principalmente na chamada zona de expansão e na área mais consolidada com a urbanização, bem como, nas proximidades dos canais de drenagem, sejam eles naturais ou retificados.

No contexto das encostas os impactos são visualizados com os desmatamentos, cortes de terra para construção de estradas, residências e aterros de lagoas, favorecem a instabilização do solo desencadeando em erosão acelerada e, em menor, proporção os movimentos de massa. A vulnerabilidade do relevo está frequentemente relacionada com as condições topográficas, as inclinações acima de 12% de declividade apresentando áreas sujeitas as erosões e movimentos de massas, e abaixo de 2% susceptível a inundação e alagamento.

Os locais com maiores perigos de deslizamentos e de erosão acelerada concentram-se sobre a Formação barreiras na zona oeste do município destacando os bairros Santa Maria,

Jabotiana, América, Soledade e Olaria. Já na parte norte, a frequência dos riscos geomorfológicos se manifestam no Bairro Industrial, Coqueiral, Porto Dantas e Cidade Nova. Nessas áreas encontram-se cicatrizes erosivas, algumas em estado de equilíbrio morfogenético e outras restabelecendo sua dinâmica sob as novas condições hidrodinâmicas que se estabelecem em resposta às mudanças na forma de uso do solo.

De modo geral, as ocupações dos loteamentos irregulares nas encostas de Aracaju já apresenta uma dinâmica crescente, é necessário que o Poder Público impeça que continuem a crescer desordenadamente, realizando obras de saneamento básico que garantam segurança a população residente. No entanto, algumas comunidades precisam ser removidas para locais mais seguros em função dos riscos a que estão submetidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ALHEIROS, M.M. (1998). **Riscos de Escorregamentos na Região Metropolitana do Recife**. Tese de Doutorado, UFBA,

ALMEIDA, F. G. de. O ordenamento territorial e a geografia física no processo de gestão ambiental. In: SANTOS, M... [et al]. **Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial**. 3ªed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007.

AMARO, Antônio. Consciência e cultura do risco nas organizações. **Territorium**. Coimbra, n. 12, pp. 5-9. 2005

ALMEIDA FILHO, G.S.; SANTORO, J.; GOMES, L.A. Estudo da dinâmica evolutiva da voçoroca São Dimas no município de São Paulo, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004.

AMARAL, C. & FEIJÓ, R. L. Aspectos Ambientais dos Escorregamentos em áreas urbanas. In: VITTE, A. C. & GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.p.193 a 221.

ARACAJU. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Aracaju PDDU 2000**. Prefeitura Municipal de Aracaju – Empresa Municipal de Obras e Urbanização, 2000.

ARACAJU. Mapa Geoambiental de Aracaju 2005. **CD-ROM**. Aracaju: Secretaria Municipal de Planejamento, 2005. 1 CD.

ARACAJU. Código de Meio Ambiente do Município de Aracaju. Conselho de Desenvolvimento Urbano e Ambiental – CONDURB, Projeto de Lei Complementar de 19 de Novembro de 2010.

ARAÚJO, et al., Análise da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução de Escoamento Superficial In: TUCCI, Carlos E. M e MARQUES, David M. L. da Motta (org). **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed Universidade / UFRGS / ABRH, 2000

ARAÚJO, H. M. As áreas de risco na Malha Urbana de Aracaju. **Revista: GEOUFS**. São Cristóvão, V.1. nº 1, p. 28 a 34, 2002.

\_\_\_\_\_ Elementos Componentes do Sistema Ambiental Físico de Aracaju. In: ARAÚJO, H. M.; VILAR, J. W. C.; WANDERLEY, L. de L.; SOUZA, R. M. e (Orgs). **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006.

\_\_\_\_\_ Encostas no Ambiente Urbano de Aracaju. In: ARAÚJO, H. M.; VILAR, J. W. C.; WANDERLEY, L. de L.; SOUZA, R. M. e (Orgs). **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006.

\_\_\_\_\_ A bacia Hidrográfica como Unidade Geográfica de Planejamento e Gestão Ambiental. In: ARAÚJO, H. M. e SANTOS, N. D. dos (orgs). **Temas de Geografia contemporânea: teoria, métodos e aplicações**. São Cristóvão: Editora UFS: Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 2010.

\_\_\_\_\_ ; SOUZA, A. C.; COSTA, J. de J.; SANTOS, G. J. dos. **O Clima de Aracaju na Interface com a Geomorfologia de Encostas**. Revista Scientia Plena, Vol. 6, nº8, 2010.

\_\_\_\_\_. O estuário e sua dinâmica na Bacia Inferior do rio Sergipe: considerações Paleogeográficas e evolução Geomorfológica. In: VILAR, J. W. C.; ARAÚJO H. M.de. (Orgs) **Território, meio ambiente e turismo no litoral sergipano**. São Cristóvão: Editora UFS, 2010.

AYALA-CACERDO, F. J. Análisis de riesgos por movimiento de ladera. In: AYALA-CACERDO, F. J; CANTOS, J. O. **Riesgos naturales**. Editora Ariel Ciencia, Barcelona, 2002.

AYALA-CACERDO, F. J. introducción al análisis y gestión de riesgos. In: AYALA-CACERDO, F. J; CANTOS, J. O. **Riesgos naturales**. Editora Ariel Ciencia, Barcelona, 2002.

AZAMBUJA, R. N. **Análise Geomorfológica em áreas de Expansão Urbana no Município de Garanhuns/PE**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

- BARBOSA, P. R. **Avaliação de riscos ambientais na região de sobradinho, Distrito Federal.** Dissertação de Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental -Universidade Católica de Brasília, 2010.
- BECK, U. Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt, Shurkamp Verlag KG, 1986. 400 p.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra.** V. 13, p. 1-27. São Paulo: IGUSP, 1971.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. T, (org.). **Geomorfologia Urbana.** Ed. Bertrand Brasil, 2011.
- BIDONE, F. & TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: TUCCI, C. E. M. PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D. ; PASSOS, E. **Estrutura e origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** - 2ª Ed. da UFSC, 2007.
- BITTENCOURT, A. C. S. P. et al. Evolução paleogeográfica quaternária da costa do estado de Sergipe e da costa sul do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geociências,** São Paulo, v. 13, nº 2, 1983.
- BRANDÃO, R.L et al;. **Diagnóstico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza: CPRM, 1995.
- CASTRO, A. L. C. de. (org.). **Manual de Desastres Naturais.** Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais, Departamento Nacional de Defesa Civil, vol. 1, Imprensa Nacional, 1996. 182 p.
- CASTRO, Marques de; PEIXOTO, Maria N. de O. & RIO, Gisela de A. P. do. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituação, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociência – UFRG.** Vol. 28-2/2005. p.11-30.
- CARPI JR, Salvador. **Processos erosivos, riscos ambientais e recursos hídricos na Bacia do Rio Mogi-Guaçu.** Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Rio Claro:

IGCE/UNESP, 2001. 188 p.

Disponível em [www.nepam.unicamp.br/downloads/tese\\_final\\_salvador.pdf](http://www.nepam.unicamp.br/downloads/tese_final_salvador.pdf), acessado 24 de setembro de 2010.

CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T. **Prevenção de Riscos de Deslizamento em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

CEDEC (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil) – Governo do Estado de Sergipe, 2010.  
CERRI, L. E. da S. **Riscos Geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes**. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1993.

CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. – São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. – 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em áreas Urbanas – Teorias, conceitos e Métodos de Pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org). **Impactos ambientais Urbanos no Brasil**. – 3ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 19-45.

COPQUE, A. C. da S. M. ; SILVA, M. N. de A. ; GIUDICE, D. S. . Degradação Ambiental no Manguezal do Rio Passa Vaca Decorrente do Processo de Expansão Urbana da Cidade de Salvador - Bahia - Brasil. In: XI Encuentro de Geografos de America Latina, 2007, Bogotá. **Anias...** Departamento de Geografia/Facultad de Ciencias Humanas/Universidad Nacional de Colombia, 2007.

CORDERO, A., 1996. “**Previsione di piena in tempo reale con un modello distribuito**”. Tese de Doutorado em Engenharia Hidráulica, Politécnico de Milão, Itália.

CORDERO, J. S. et al., Gerenciamento de Sistemas de Drenagem Urbana – Uma necessidade cada dia mais intensa. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, 1999.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 4<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Ática, 1999.

COSTA, J. de J. Paisagem como categoria Geográfica de Análise para estudos ambientais. In: ARAÚJO, H. M. e SANTOS, N. D. dos (orgs). **Temas de Geografia contemporânea: teoria, métodos e aplicações**. São Cristóvão: Editora UFS: Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 2010.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. **F. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento Ecológico – Econômico e ao ordenamento territorial**. INPE: São José dos Campos, junho de 2001.

CRISTO, S. S. V. Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamento do setor Leste da Bacia Hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis – SC. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2002.

CUNHA, M. a. (Coord.). **Ocupação de Encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.337-379.

DA SILVA, D. F. ;[SOUSA, F. de A. S. de](#) . Proposta de manejo sustentável para o complexo estuarino-lagunar Mundaú Manguaba/AL. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 1, p. 73-90, 2008.

DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCURT, A.C.S.P., MARTIN, L., EGLER, C. A. G. Risco ambiental como critério de gestão do território. **Território**, v. 1 (1) p. 31 – 41.1996.

FENDRICH, R. et al.. Drenagem e controle da erosão urbana. 3.ed. Curitiba: Educa. 442p. 1997

FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GERRA, A. J.T. e CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 1997.

FRANÇA, V. L. A. **Aracaju: estado e metropolização**. São Cristóvão: EdUFS, 1999.

FRANÇA, V. L. A. Direito à cidade de Aracaju. In: FRANÇA, V. A. & FALCON, M. L. de O. (Orgs). **Aracaju: 150 anos de vida urbana**. Aracaju: PMA/SEPLAN, 2005.

GALERANI, C. et al. Controle da erosão urbana. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de. **Drenagem urbana**. – Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

GRAVATAR, A. S. **Análise dos problemas das inundações na Zona Expansão de Aracaju e suas possíveis soluções – estudo de caso nos residenciais atalaia sul e costa do sol**. São Cristóvão/SE, Monografia de graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil/UFS, 2009.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

GUERRA, A.J.T. Encostas Urbanas. In: GUERRA, A.J.T (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

FONTES, A. L. O Quartenário costeiro e o município de Aracaju, CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, II., 2003, Recife: ABEQUA, 2003 1 CD ROM.

GUERRA, A.J. T. & MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HUERTA, R. L. Técnicas de estabilización de laderas y taludes. In: AYALA-CACERDO, F. J.; CANTOS, J. O. **Riesgos naturales**. Editora Ariel Ciencia, Baelona, 2002.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico, Aracaju – SE**. IBGE: Sergipe, 2007.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Controle de erosão: diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de boçorocas urbanas**. 2ªed. São Paulo, DAEE/IPT, 1990.

MARCHIORI-FARIA, D. G. & SANTORO, J. Gerenciamento de desastres naturais. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009

MARINO, T. B. **Metodologia para tomadas de decisão no âmbito de riscos sócio-ambientais de áreas urbanas: desmoronamento e enchentes em assentamentos precários na bacia do Córrego Cabaçu – SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MONTEIRO, C. A. de F. Geossistemas como Elemento de Integração na Síntese Geográfica e Fator de Promoção Interdisciplinar na Compreensão do Ambiente. Florianópolis: **Revista de Ciências Humanas**, vol.14, n.19, 1996.

MORAES, A. C. R. Contribuições para Gestão de Zona Costeira do Brasil. Elementos para Geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Edusp, HUCITECH,

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistema: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MOURA, T. A. **Estudo experimental de Superfícies permeáveis para o controle do escoamento superficial em ambientes urbanos**. Dissertação de mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos, universidade de Brasília, Brasília-df, 2005.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: CUNHA, S. B., GUERRA, A.J. T. (Orgs).

**Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

NASCIMENTO, Maria O. T. do. **Riscos de deslizamentos e inundações e condições de moradia em aglomerados subnormais na bacia do rio Sanhauá: avaliação e análise integrada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) PPGEU/ Centro de Tecnologia/Campus Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Paraíba, 2009.

NOGUEIRA, A. D. Abordagem sintático-espacial das transformações urbanas de Aracaju. In: FRANÇA, V. A. & FALCON, M. L. de O. (Orgs). **Aracaju: 150 anos de vida urbana**. Aracaju: PMA/SEPLAN, 2005.

NOGUEIRA, F. R. Gestão dos Riscos nos municípios. In: CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T. (Orgs.). **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

NUCCI, J. C. Ecologia e planejamento da paisagem. In: SANTOS, Douglas Gomes dos & NUCCI, João Carlos (Org.). **Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavaleiro**. Campo Mourão: Editora da FECILCAM, 2009.

OLIVEIRA, E. L. de A.; ROBAINA, L. E. de S.; RECKZIEL, B. W. Metodologia utilizada na identificação para áreas de risco Geomorfológico: Bacia Hidrográfica Arroio Cadena, Santa Maria- RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004.p. 248 – 261 (CD-ROM)

OLIVEIRA, P. J. de; FONTES, A. L.; PINTO, J. E. S. de S. Dinâmica ambiental de sub-bacias hidrográficas. In: Encontro Nacional da ANPEGE, 5., 2003, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANPEGE, 2003. 1CD.

REBELO, F. **Riscos naturais e ação antrópica**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003.

RECKZIEL, B. W. & ROBAINA, L. E. de S. Riscos geológico-geomorfológico: revisão conceitual. **Revista** do Centro de Ciências Naturais e Exatas. Vol. 27, N°2, Universidade Federal de Santa Maria – RGS, dezembro de 2005. p.65 a 83.

RECKZIEGEL, B. W. et al. Mapeamento de áreas de risco geomorfológico nas bacias hidrográficas dos Arroios Cancela e Sanga do Hospital, Santa Maria-RS. GEOGRAFIA Revista do Departamento de Geociências v. 14, n. 1, jan./jun. 2005. Disponível em <http://www.geo.uel.br/revista>

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: 8ª ed. Contexto, 2005. p. 84.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista** do Departamento de Geografia. São Paulo, v.9, p.65-75, 1996.

SANTANA, J. M. ; BASTOS JUNIOR, E. M. ; MELO e SOUZA, R. **Aracaju: crescimento urbano e destruição dos manguezais**. Caderno do Estudante (UFS), v. 1, p. 72-80, 2005.

SANTOS, Milton. **Espaço e método**. São Paulo, Nobel, 1985.

SANTOS, R. A. et al. **Formações superficiais**. In: SANTOS, R. A.; MARTINS, A. M.; NEVES, J. P. & LEAL, R. M. (Orgs.). Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe, Brasília, CPRM-CODISE, 1998.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. Editora: oficina de Textos . São Paulo, 2004.

SANTOS, D. G. dos & NUCCI, J. C. (Org.). **Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavalheiro**. Campo Mourão: Editora da FECILCAM, 2009.

SANTOS, A. S. P. **Dinâmica da Paisagem na Foz do Rio Poxim/Aracaju (1961-2003)**. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Federal de Sergipe, 2009.

SANTOS, L. I. da C. **Identificação dos impactos ambientais na APA Morro do Urubu - Aracaju/SE**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Sergipe. 2009.

SEVÁ FILHO, A. O. **Riscos técnicos coletivos ambientais na região de Campinas**. Campinas: NEPAM-UNICAMP, 1997.

SEPLAN – Secretaria de Planejamento do Município de Aracaju. Relatório Geoambiental. Aracaju, 2005.

SILVA, V. R. Análise sócio-ambiental da bacia do rio Biguaçu – SC: subsídio ao planejamento e ordenamento territorial. Tese (Doutorado em Geografia Física) USP, São Paulo, 2007.

SILVA, L. S. ; TRAVASSOS, L. R. F. C. . Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. **Cadernos Metrópole (PUCSP)**, v. 19, p. 27-47, 2008.

SILVA, A. S. da. Solos Urbanos. In: GUERRA, J. T. (Org). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

SILVA, K. da C. T.. **O urbano, o rural e o ambiental nas transformações do Bairro Porto Dantas, no norte da cidade de Aracaju-SE**. São Cristóvão, SE: Universidade Federal de Sergipe, 2004. Dissertação de mestrado em Geografia.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas: Métodos em Questão**. São Paulo: IGUSP, 1977.

SOUZA, M.J.N de, OLIVEIRA, V. P V de GRANJEIRO, C. Ma. M. **Análise dos Atributos Geoambientais**. In: A produção globalizada no baixo Jaguaribe. Org. Elias, Denise. Fortaleza: FUNECE, 2002.

TASCHNER, S. P. Degradação ambiental na favela de São Paulo. In: TORRES, Haroldo; COSTA, Heloisa (Org.). **População e meio ambiente: debates e desafios**.- São Paulo: Editora SENAC, São Paulo, 2000.

TELES, E. S. R. A primazia Urbana de Aracaju (1940 – 1970). In: ARAÚJO, H. M.;

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TRICART, J. A. E. **A geomorfologia nos estudos integrados de ordenação do meio natural**. Boletim Geográfico, 34 (251): 15-42. Rio de Janeiro, 1976

TRICART, J. A. E. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE. Recursos Naturais e Meio Ambiente - Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TUCCI, C. E. M. Controle de enchentes. In: **Hidrologia, Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2ª ed. Vol.4. Abra editora da., 1997.

TUCCI, C. E. M. Águas no meio urbano. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (orgs). **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ªed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

UNDRO – UNITED NATIONS DISASTER RELIEF OFFICE (1991). UNDRO's approach to disaster mitigation. UNDRO News, jan.-febr.1991. Geneva: Office of the United Nations Disasters Relief Coordinator.

VIEIRA, C. M. B.; ARAÚJO, W. T. de; ASSUNÇÃO, V. de S.; SANTOS, R. L. **O uso do GIS na identificação de fatores de riscos em áreas urbanas.** Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia: INPE, 2005a.p.703 a 714.

VIEIRA, V. T. & CUNHA, S. B. da. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org). **Impactos ambientais Urbanos no Brasil.** – 3ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

VILAR, J.W. C. A Zona de Expansão de Aracaju: contribuição ao estudo da urbanização litorânea de Sergipe. In: VILAR, J.W. C. & ARAÚJO, H. M. de. (Orgs). **Território, Meio Ambiente e Turismo no Litoral Sergipano.** São Cristóvão: Editora UFS, 2010.

VEYRET, Y (org.). **Os Riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico:** fundamentos e guia para elaboração. Tese de Livre Docência. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1993.