

.....

## MAPEAMENTO DE ÁREAS DE ALAGAMENTO AO LONGO DO PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE TUBARÃO

Thayse Laurentino Rosa<sup>1</sup>

Ismael Medeiros<sup>2</sup>.

**Resumo:** Tubarão é uma pequena cidade com grandes problemas, localizada ao sul de Santa Catarina, que teve um desenvolvimento rápido e não planejado, o que resultou e resulta ainda em diversos problemas econômicos e estruturais. A maioria das cidades que se desenvolveram próximas aos rios, como Tubarão, tem uma chance elevada de sofrer com alagamentos, inundações ou até mesmo enchentes, pelo fato de terem se desenvolvido sem planejamento. O presente artigo expõe os resultados da pesquisa realizada, apresentando as áreas que possuem maiores chances de ocorrência destes fenômenos, correlacionado com as áreas de impermeabilização do solo urbano e as cotas de drenagem pluviais.

**Palavras Chaves:** Mapeamento. Áreas alagáveis. Desastres naturais

### 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização que caracteriza o século XX é marcado pelo surgimento das grandes aglomerações urbanas. Os problemas ambientais que surgem nas áreas urbanas evidenciam as formas predatórias das relações do homem com a natureza, tornando-se ainda mais graves em áreas densamente ocupadas. Problemas ambientais urbanos têm sido um tema muito debatido, principalmente em municípios em franco desenvolvimento, como no caso de Tubarão, já que a falta de cuidados tem comprometido a qualidade de vida de seus munícipes.

Na ocupação de espaços urbanos é introduzida uma grande quantidade de novos materiais e equipamentos que acompanham o seu crescimento populacional e suas atividades econômicas, articuladas com este novo espaço urbano. Entre estas alterações, podemos destacar a retirada da cobertura vegetal, alteração das formas de relevo, aumento da edificação, acréscimo de escoamento superficial, rugosidade da superfície, lançamento concentrado e acúmulo de partículas e gases na atmosfera, entre outros, que acabam alterando os elementos naturais como clima, ar, vegetação, relevo e qualidade de água.

---

<sup>1</sup> Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) - bolsista

<sup>2</sup> Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) - orientador



.....

O Município de Tubarão ocupa uma área de 300,27 km<sup>2</sup>, apresentando segundo IBGE, população de 96.529 habitantes e economia baseada na prestação de serviços. Geograficamente, está inserida no entorno do vale do Rio Tubarão e planícies do complexo Lagunar. Em razão do núcleo urbano estar inserido sobre este banco sedimentar de argila mole e delimitado por elevações graníticas, o alto índice pluviométrico, cerca de 1.350 mm/ano, e a constante ascensão e aumento da velocidade de escoamento do leito do Rio Tubarão, que corta ao meio o centro urbano, suscetíveis episódios de alagamentos tem se tornado frequente em nosso município.

Ao longo do processo de crescimento demográfico, é comum observar que o vetor crescimento rume para áreas consideradas inadequadas para seu desenvolvimento, visto que a ocupação muitas vezes ocorre em loteamentos clandestinos, sem o aval do poder público, porém, com a convivência do mesmo.

O processo de urbanização do Município de Tubarão revela um território marcado pela segregação espacial de suas áreas habitacionais. As áreas periféricas Municipais contêm, predominantemente, os segmentos sociais de renda mais baixa da região. A expansão da periferia realiza-se com a contribuição sistemática das políticas públicas no setor habitacional.

A inundação urbana é uma ocorrência tão antiga quanto às cidades. A inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros. Até recentemente as inundações eram consideradas como processos naturais já que ao inundar as margens dos rios o homem não tem interferência sobre o processo, apenas sofre o efeito por ocupar um lugar de risco. Quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume escoava para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento.

Na segunda metade do século passado, com o acelerado desenvolvimento demográfico do Município de Tubarão, os alagamentos passaram a ocorrer com maior frequência, com destaque para o dia 12 de maio de 2010. Estima-se, que este processo ocorra devido ao aumento das áreas impermeáveis e a canalização que acelera o escoamento através de condutos



.....

e canais. A quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural.

## **2. MÉTODOS**

Delimitou-se e identificaram-se as áreas que possuem maiores probabilidades de ocorrência de alagamento, e estas informações foram cruzadas com os dados de áreas de impermeabilização do solo urbano e as cotas de drenagem pluviais.

Foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG), software utilizado para a elaboração de mapas interativos, com fins informativos que dispõe de funções para aquisição, armazenamento, gerenciamento, manipulação, processamento, exibição e publicação de dados e informações geográficas. O mesmo permite a criação de novos mapas e temas variados, estabelecendo uma correlação entre representação espacial e informações disponíveis, gerados a partir de um banco de dados criados em uma base computacional.

Foram confeccionados mapas com modelagem digital do terreno, apresentando as áreas com maiores vulnerabilidade a alagamentos.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Após o tratamento dos dados e cruzamento dos mapas geológicos e pedológicos, observou-se que a região de estudo, compreendida na área urbana do município de Tubarão, encontra-se na sua grande maioria, inserida nas áreas propícias a terem alagamentos.

Através da análise de um levantamento topográfico fornecido com algumas informações pré-existentes da cidade em estudo, verificou-se que a cidade se localiza em um local de relevo de baixas cotas e também é rodeado de elevações graníticas.

Os problemas ambientais que surgem nas áreas urbanas evidenciam as ações ilegais da relação homem-natureza, tornando-se mais graves em áreas densamente ocupadas.



.....

Com quase 97 mil habitantes na cidade – Tabela 1, pode-se verificar a realidade deste fato, as áreas mais ocupadas de forma errônea, são as que mais têm ocasionado problemas.

Tabela 1 – População total de Tubarão no período de 1980 até 2010

<b>ANO</b>	<b>POPULAÇÃO</b>
1980	75.242
1991	95.062
1996	83.728
2000	88.470
2005	94.262
2007	92.366
2010	97.235

Fonte: IBGE, Diretoria de Estatística, Geografia e Cartografia.

Pode-se notar que nos últimos 30 anos a população rural diminuiu drasticamente e consequentemente a população urbana cresceu desordenadamente – Tabela 2.

Tabela 2 - Participação relativa da população residente por situação do domicílio e sexo, em Tubarão, no período 1980/ 2007.

<b>Ano</b>	<b>Total</b>	<b>Sexo</b>		<b>Localidade</b>	
		<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>
1980	75.242	37.058	38.184	64.536	10.706
1991	95.062	46.384	48.678	83.264	11.798
1996	83.728	40.716	43.012	71.991	11.737
2000	88.470	42.980	45.490	69.925	18.545
2007	92.366	44.731	47.635	83.334	9.032

Fonte: IBGE, Diretoria de Estatística, Geografia e Cartografia.

### *Histórico índice pluviométrico*

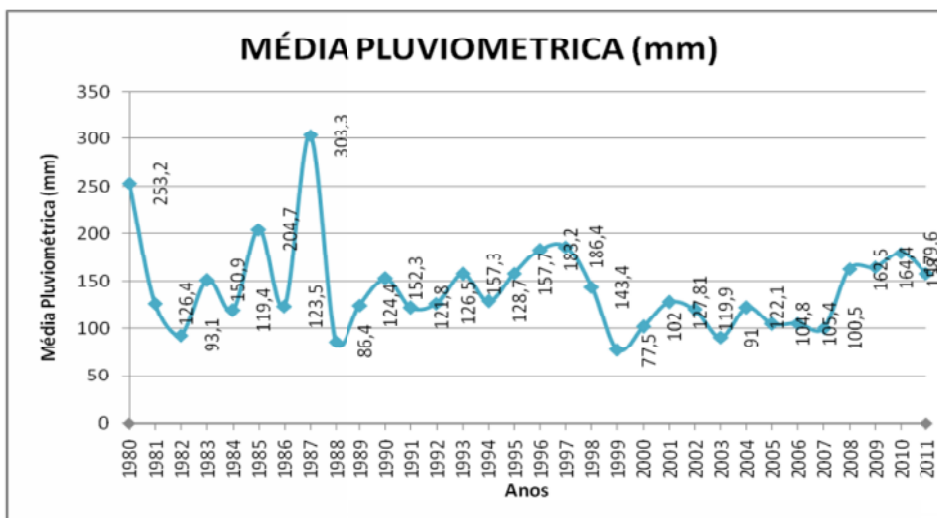
O elevado índice pluviométrico ocorrido nos últimos anos no Estado de Santa Catarina tem proporcionado inúmeros prejuízos sociais e econômicos ao Estado.

Com base em informações fornecidas pela ANA – Agência Nacional das Águas, pode-se analisar a precipitação pluviométrica de 1980 até 2011 de Tubarão – Gráfico 1.





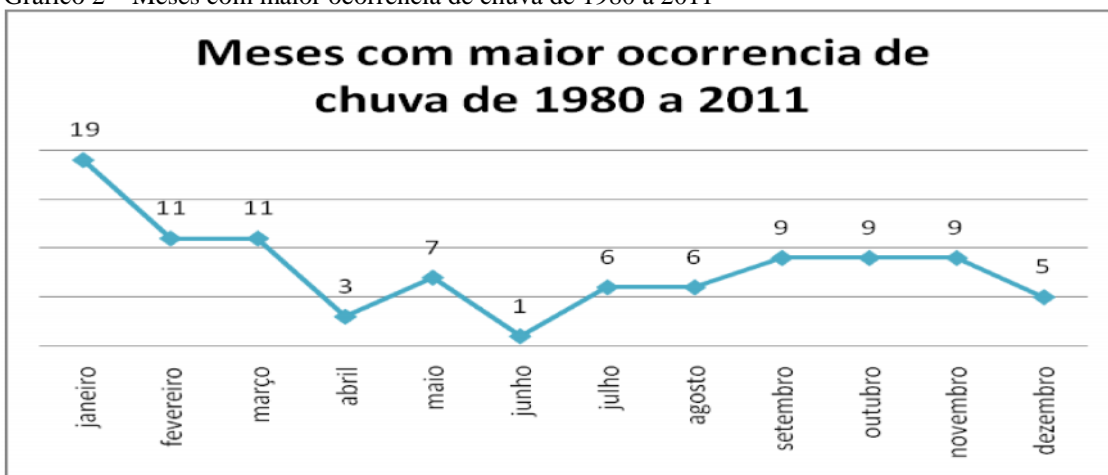
Gráfico 1 – Média Pluviométrica de 1980 até 2011.



Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas - Gráfico elaborado pelo autor.

Considerando a quantidade de dias de chuva, podemos contabilizar pelo menos 5 meses de chuva em um ano. Geralmente esse processo natural acontece nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março, que possuem níveis pluviométricos acima da média anual – Gráfico 2.

Gráfico 2 – Meses com maior ocorrência de chuva de 1980 a 2011



Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas - Gráfico elaborado pelo autor.

Estes meses são os que têm como estação o verão, que tem como principal característica temperaturas elevadas e é comum a ocorrência de chuvas, pois a evaporação das águas se intensifica em razão do calor.



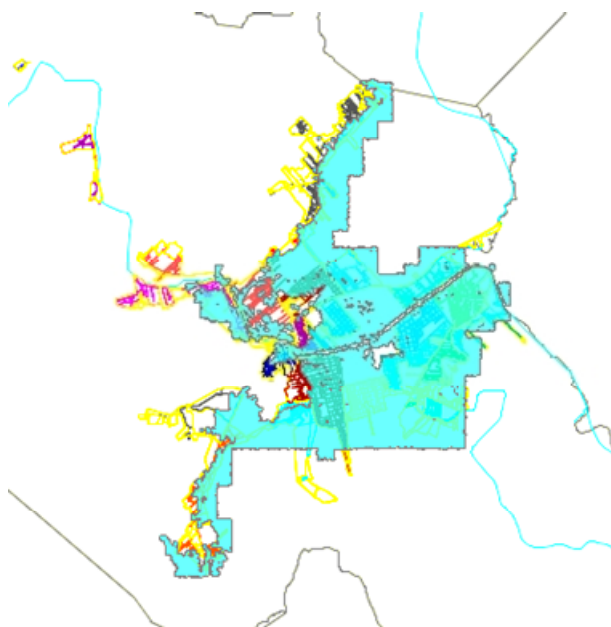
.....

Nesta estação, Tubarão permanece extremamente quente e as chuvas frequentes atingem principalmente os Bairros Centro, Guarda e Congonhas.

Os anos de 2008 a 2010, foram os anos com maior volume de chuva na última década, o que comprova que o aquecimento global tem causado grandes problemas para a humanidade.

Conforme apresentado na figura 1, elaborada através do GvSIG, podemos identificar as áreas atingidas caso o rio subisse a um nível máximo de 9 metros de altura. Verifica-se que o centro da cidade, onde fica a maior parte da população, será atingido.

Figura 1 – Áreas alagáveis.



Fonte: GvSIG - Figura elaborada pelo autor.

### *Crescimento populacional*

A taxa de crescimento populacional em Tubarão da última década foi de 9,96%. Se levar em consideração as taxas projetadas, em 30 anos teremos uma população de cerca de 140.266 habitantes - Tabelas 3 e 4. Um número relativamente grande para uma cidade pouco estruturada e com inúmeras áreas de risco.

.....

Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.6, n. 1, Jan / Jul 2014



Tabela 3 – Taxa de Crescimento Populacional

Anos	Taxa de Crescimento Populacional
1980 a 1991	26,24
1991 a 2000	-6,93
2000 a 2010	9,96
2010 a 2020	11,47*
2020 a 2030	12,98*
2030 a 2040	14,49*

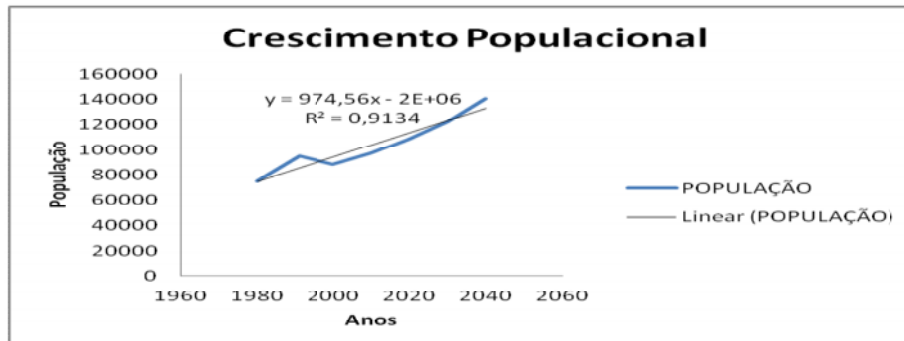
\* Projeções feitas pelo autor

Tabela 4 – População

ANO	POPULAÇÃO
1980	75242
1991	95062
2000	88470
2010	97281
2020	108439*
2030	122514*
2040	140266*

\* Projeções feitas pelo autor

Gráfico 3 – Taxa de Crescimento populacional



Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo da Taxa de Crescimento Populacional – Gráfico 3 foi feito através da seguinte fórmula :

$$Taxa(\%) = \left( \frac{P_f - P_i}{P_i} \right) \times 100$$

Onde:

- Pf é a População Final Considerada;
- Pi é a População Inicial Considerada.

.....

Para elaborar uma taxa de crescimento por década foi definida a média de crescimento da taxa dos anos anteriores (1991 a 2000 e 2000 a 2010), obtendo-se 1,51%. E para obter a população em número de habitantes foi utilizada a seguinte fórmula:

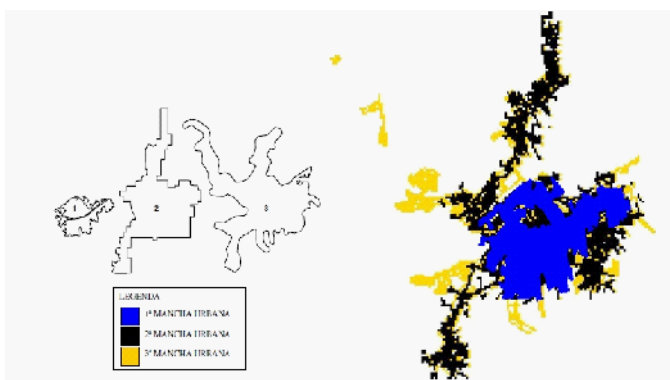
$$P_x = \left( \frac{P_a \cdot Tx}{100} \right) + P_a$$

Onde:

- Pa é a população atual;
- Px é a população projetada;
- Tx é a taxa de crescimento encontrada

É possível notar, ao analisar o mapa, a evolução da mancha urbana da Cidade – Figura 2.

Figura 2 – Evolução da mancha urbana



Fonte: Elaborado pelo autor.

### *Registros históricos*

O rio Tubarão teve grande influência na formação histórica do município de Tubarão. Ele servia como elo de ligação com a região serrana. A partir do momento que se intensificou o comércio e a navegação no rio Tubarão, as margens do rio passaram a ser povoadas, levando a uma maior concentração populacional próximo ao rio, o que acontece até os dias atuais.

.....

Há registros de inundações do rio Tubarão a partir de 1880. Em 1887 ocorreu uma enchente enorme, que arrancou quase todas as pontes e até mesmo a estrada de ferro, registros históricos mostram que essa enchente ultrapassou as expectativas.

Em 1917 houve outra enchente, com menos repercussão que a de 1887.

E em março, de 1974, ocorreu o desastre mais marcante da cidade. O rio Tubarão subiu cerca de 10 metros e inundou o município, resultando em 199 pessoas mortas e 65 mil desalojadas. Segundo Carlos Flor de Freitas, a natureza vinha apresentando indícios de que algo de muito trágico estava por vir: calor intenso, nuvens carregadas vinham do oceano e se acumulavam na encosta da Serra, praticamente todos os dias, finalizados em fortes enxurradas. De 22 a 25 de março de 1974, as águas foram subindo incessantemente, e somente no dia 26 de março que as águas começaram a baixar.

A cidade tem um clima subtropical, regido pela MTA – Massa Tropical Atlântica e pela MPA – Massa Polar Atlântica, o encontro dessas duas massas formam a frente fria, e a passagem dessa frente fria em direção ao norte, provoca a ocorrência de chuvas.

No verão, época que mais chove na cidade, e também na qual ocorreu a enchente de 1974, Tubarão fica sob maior influência da Massa Tropical Atlântica.

#### *Maio de 2010*

Em maio de 2010, a cidade sofreu devido às fortes chuvas. O rio subiu cerca de 5 metros, transbordando nas regiões mais baixas da cidade. Devido à situação, foi declarado estado de emergência, conforme Decreto nº 2689 de maio de 2010:

Declara situação anormal, caracterizada como situação de emergência a área do município afetada por enchente. Este decreto considera que:

- A ocorrência de enchentes ou inundações graduais, provocadas por chuva intensa, nos dias 10, 11 e 12 de maio de 2010, atingindo todo o território do município, (...);
- Como consequências deste desastre, resultaram danos e prejuízos, (...);



.....

- Concorrem como critérios agravantes da situação de anormalidade, o grau de vulnerabilidade do cenário, da população e o despreparo da Defesa Civil local frente ao desastre.”

Praticamente 60% das ruas ficaram alagadas. Segundo o nível pluviométrico disponibilizado pela Agência Nacional das Águas – ANA, o mês de maio teve um índice pluviométrico total de 488 mm, ou seja, 48,8 l/m<sup>2</sup> – Tabela 5.

Os dias 10, 11 e 12 de maio de 2010, tiveram os seguintes registros em diferentes pontos:

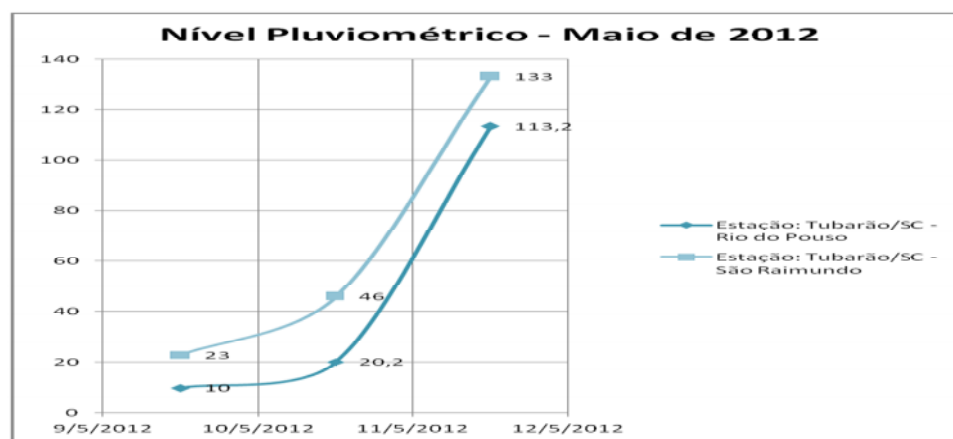
Tabela 5 – Nível Pluviométrico – Maio de 2012

<b>Estação: Tubarão – SC (mm)</b>		
<b>Dias</b>	<b>Rio do Pouso</b>	<b>São Raimundo</b>
<b>10/05/2010</b>	10	23
<b>11/05/2010</b>	20,2	46
<b>12/05/2010</b>	113,2	133

Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas

Como se pode verificar no gráfico 4, houve uma evolução muito rápida da decorrência de chuvas nesse período:

Gráfico 4 – Nível Pluviométrico – maio de 2012

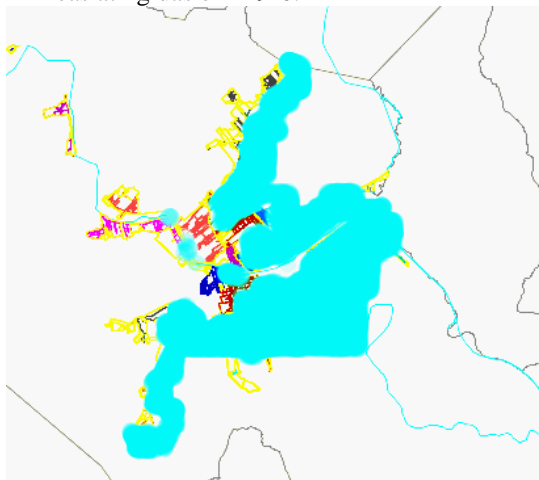


Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas – gráfico elaborado pelo autor.

.....

O Bairro Centro, que na época possuía cerca de 10.095 habitantes, distribuídos numa área de  $2,646 \times 10^6 \text{ m}^2$  (IBGE, 2010), foi um dos mais atingidos. A figura 3, elaborada no GvSIG, mostra as áreas atingidas em 2010:

Figura 3 – Áreas atingidas em 2010.



Fotos do rio em 2010 e 2013, respectivamente.



#### 4. CONCLUSÕES

Enchentes, alagamentos, ciclones, furacões, entre outros desastres naturais, são consequências provocadas pelo mau planejamento de desenvolvimento estrutural de uma região.



.....

A água é algo imprescindível para o desenvolvimento humano. Sabe-se que pelo histórico da cidade, o rio era praticamente o único caminho entre serra e mar, onde havia livre comercialização de produtos da época, o que fez com que a cidade se desenvolvesse em torno dele com o passar do tempo.

A impermeabilização do solo, ou seja, a perda de capacidade de absorção da água pelo solo é um dos principais motivos, que faz com que alagamentos sejam mais frequentes, o solo que antes possuía capacidade imensa de absorver as águas das chuvas, hoje já não possui mais a mesma idoneidade, pois esta espécie de capa sobre o solo o impede de realizar tal atividade.

Entre estas alterações, pode-se destacar a remoção da cobertura vegetal, alteração das formas de relevo, aumento da edificação, acréscimo de escoamento superficial, rugosidade da superfície, lançamento concentrado e acúmulo de partículas e gases na atmosfera, entre outros, que acabam alterando os elementos naturais como clima, ar, vegetação, relevo e qualidade de água.

Notou-se que o solo da cidade é bastante vulnerável e propício para a ocorrência de eventos como alagamentos. Grande parte do solo da região é de lavoura de arroz irrigado, solo altamente úmido e composto por argila, em geral este tipo de solo é menos permeável.

A capacidade erosiva das chuvas, adjunta à impermeabilidade do solo, está aumentando com o passar dos anos e a consequência é o assoreamento do leito dos rios.

O assoreamento é a acumulação de sedimentos nas bases e laterais do rio. Assim se tornando mais fácil a ocorrência de inundação. “O assoreamento de uma bacia pode vedar as saídas de água com o tempo, diminuindo assim o escapamento de água.” (GUSMÃO FILHO, 2006, p. 408).

Ações como reflorestamento de áreas de solo de fácil movimentação e o desassoreamento dos rios, procedimento que incide na retirada de dejetos presentes no fundo dos rios com auxílio de máquinas, melhoraria o escoamento do rio, e conseqüentemente, diminuiria a ocorrência de alagamentos, enchentes ou semelhantes.





.....

## REFERÊNCIAS

**AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS.** Disponível em: < <http://www.ana.gov.br/> > Acesso em: 10 setembro de 2012.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva:** engenharia das águas pluviais nas cidades. 2ª edição. São Paulo: E. Blücher, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados do censo 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> >. Acesso em: 20 fevereiro 2013.

FILHO, Jaime Gusmão. **Desempenho de Obras Geotécnicas.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2006.

### **Fomento:**

O projeto foi desenvolvido com recursos provenientes do Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior – FUMDES, concedidos pela Secretaria do Estado da Educação de Santa Catarina - SED, pela Bolsa de Extensão do Artigo 171 da Constituição Estadual de Santa Catarina.

