



XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 – João Pessoa – PB



CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM INDICADOR DE RISCO DE ALAGAMENTOS EM ÁREAS URBANAS

Maria Teresinha de Medeiros Coelho - UEMA

Ana Lúcia N.P. Britto - UFRJ

Marcelo Gomes Miguez - UFRJ



Introdução

- inundações urbanas - soluções cada vez mais complexa
- tradicionalmente as soluções para inundações estão associadas ao sistema de drenagem – natural ou artificial
- A eficácia do sistema de drenagem e o processo de urbanização



Justificativa

- Tradicionalmente, a análise de risco de inundação:
 - resulta na identificação de zonas críticas de inundação;
 - partindo de informações disponíveis;
 - não fazendo distinção quanto a importância relativa de cada fator envolvido e os aspectos que afetam a criticidade do problema.
- Daí a necessidade de se discutir o tema abordando novos elementos, que contribua para uma análise mais eficaz.



Objetivo Principal

Criar um índice que reproduza a situação de risco da falha do sistema de drenagem como representação indireta e simples de inundações.

Nesse estudo, esse índice é denominado de Índice de Desempenho da Drenagem – **IDD**.



Metodologia para a construção do IDD

Base teórico:

- **Risco, Avaliação de Risco e Análise Multicritério:** Wilches-Chaux, Veyret, Herzer, Aragon, Porto, Gouldby e Samuels, Messner, Meyer, Mendoza e Macoun, Tecle e Duckstein, Zuffo, Malta, De Pessôa, Machado et al. e Zonensein.
- **Indicadores e Índices** (Pratt, Bonierbale, Hammond et al., Olave, Bellen, Cardoso, De Pessôa)



Metodologia

CONCEITO DE RISCO: DUAS COMPONENTES

causas que potencializam a falha do sistema de drenagem

consequências ou danos

Subíndice Causas da Falha da Drenagem (FD):

- declividade da bacia
- impermeabilização do solo
- disposição inadequada de resíduos sólidos
- assentamentos em áreas de próximos aos canais naturais

Subíndice Consequências ou Danos (C)

- renda
- densidade domiciliar
- saneamento inadequado
- tráfego
- tipo de revestimento das vias



IDD

- expresso por uma equação matemática:

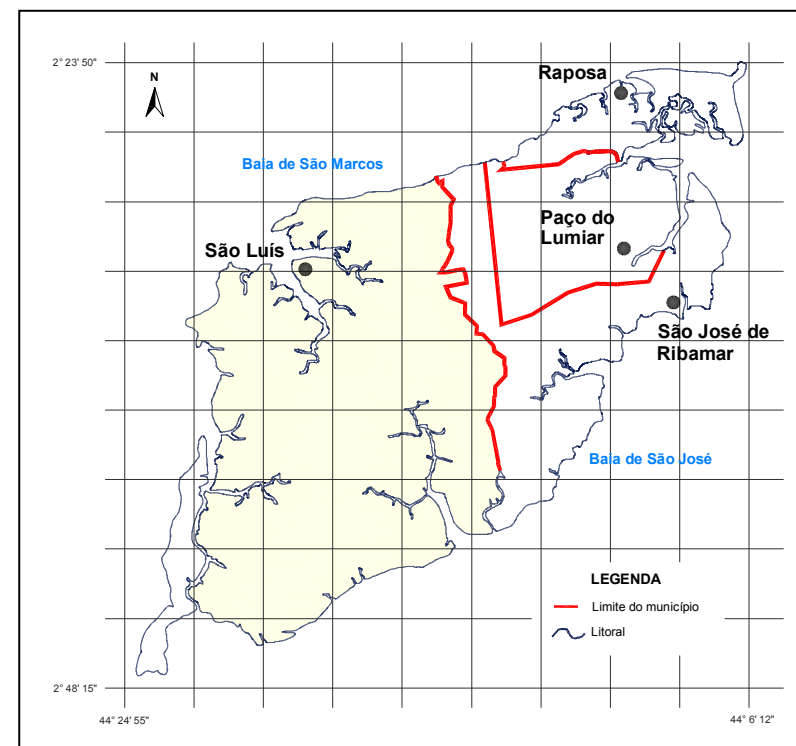
$$IDD = \sum_{i=1}^n F_i^{q_i} \times C_i^{q_i}$$

- constitui uma metodologia multicritério (conjunto de indicadores)
- indicadores normalizados numa escala: de 0 (zero) a 100 (cem) e atribuído pesos, utilizando o Processo de Análise Hierárquica (PAH)
- Domínio do IDD: áreas relativamente pequenas, como sub-bacias, ou sub-regiões de municípios
- Utilização de SIG



Área de Estudo: Bacia do Rio das Bicas – São Luís-MA

Localização Geográfica



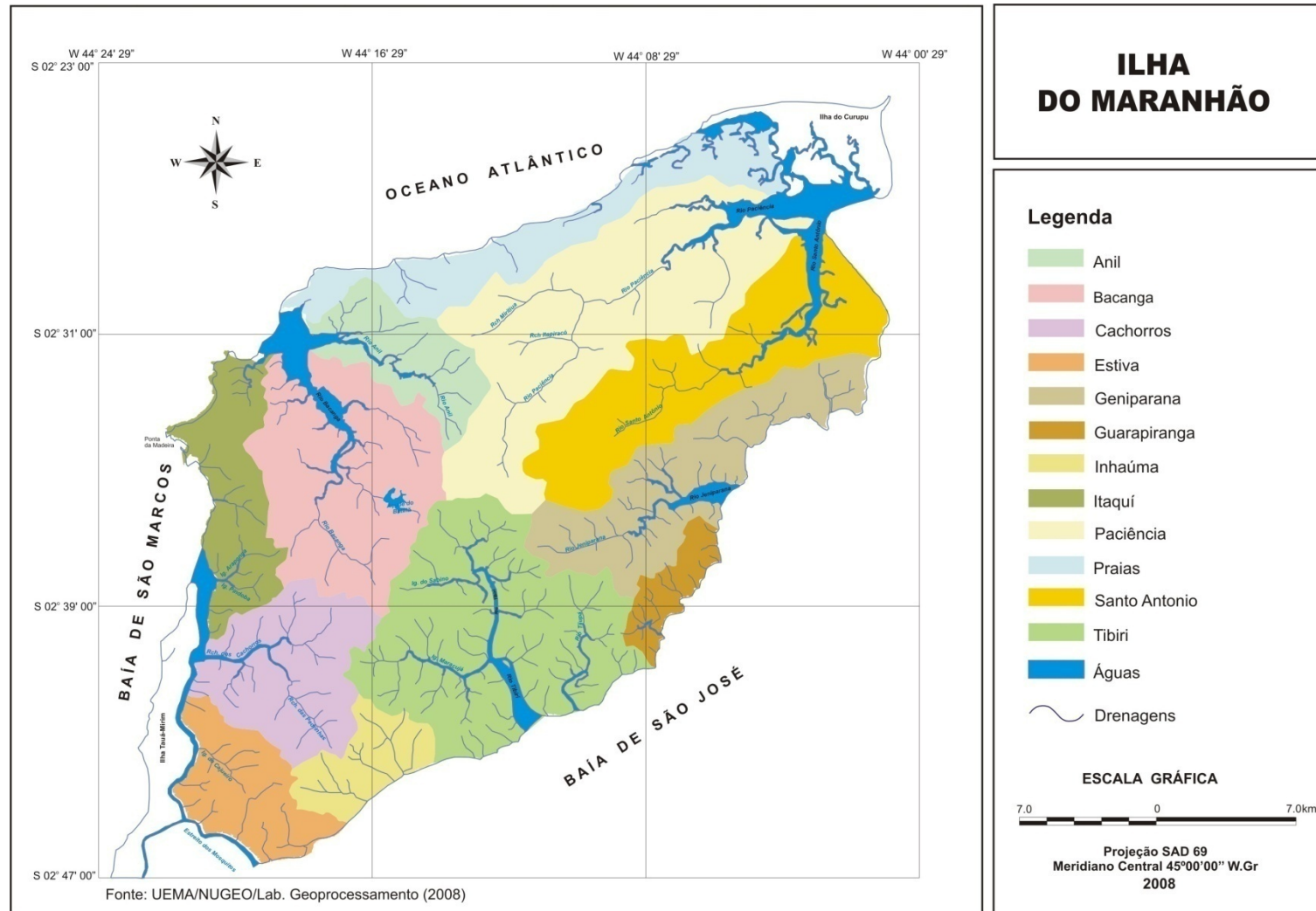


XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste

27 a 30 de novembro de 2012 – João Pessoa – PB



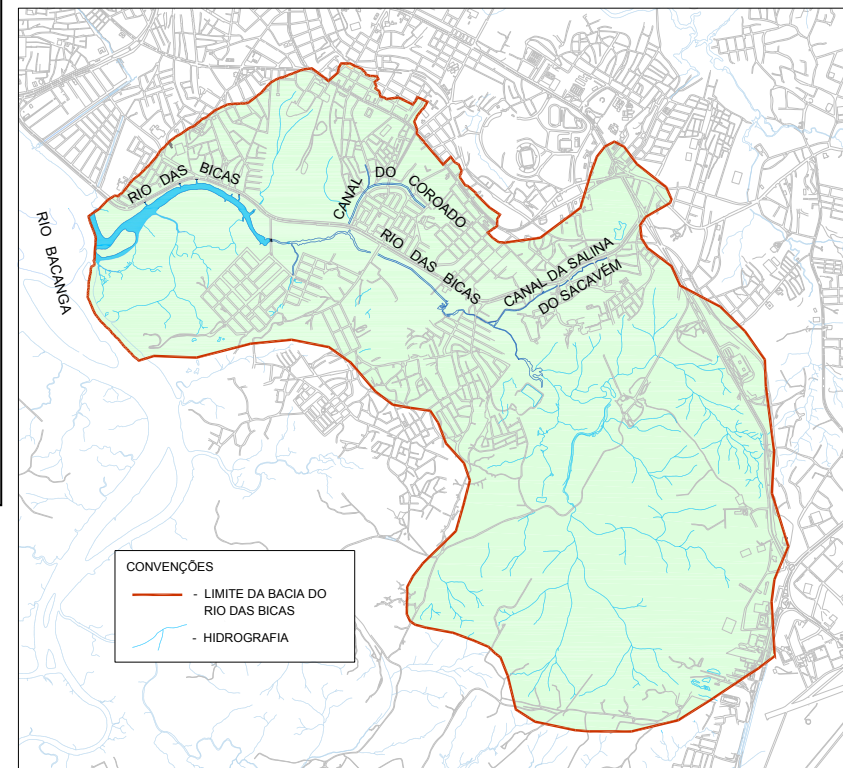
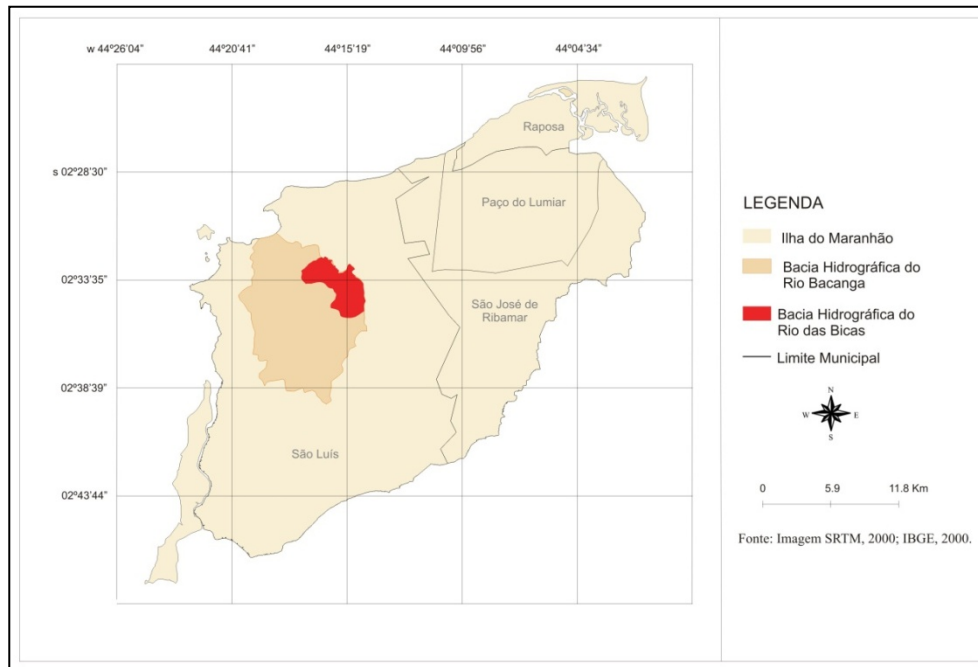
Bacias Hidrográficas da Ilha de São Luís





Bacia do Rio das Bicas (área: 14 km²)

- Bacia do Rio Bacanga (Área: 106 km²)



Imagens da Área de Estudo





Cálculo do IDD para a Bacia do Rio das Bicas

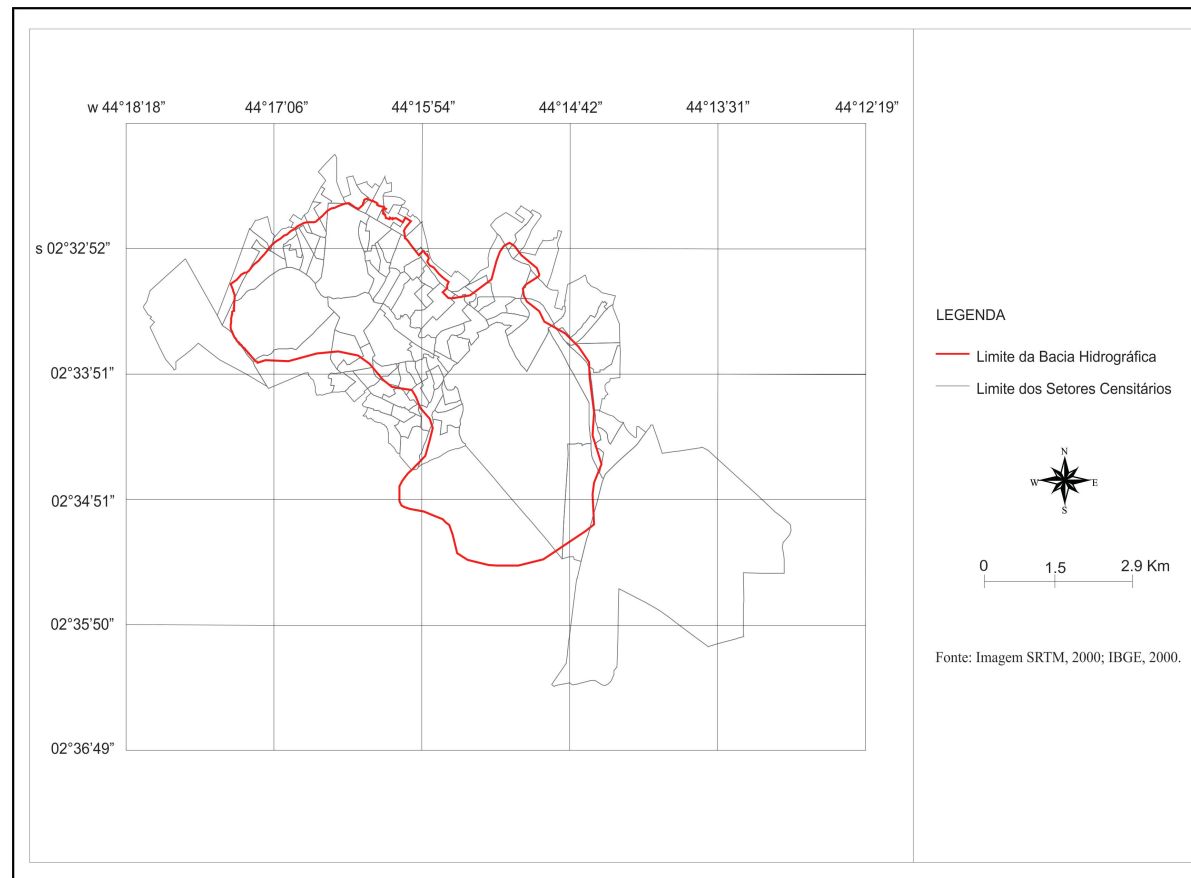
- FONTES UTILIZADAS:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (**IBGE**), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (**EMBRAPA**), Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (**SEMOSP/ São Luís-MA**), Secretaria Municipal de Trânsito e Transporte (**SMTT/ São Luís-MA**), Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recurso Natural (**SEMA – Maranhão**), Laboratório de Geoprocessamento da **UEMA**, Associação Nacional de Empresas de Pesquisa – ANEP, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (**IPEA**), dados obtidos no Observatório das Metrôpoles do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional – **IPPUR/UFRJ**



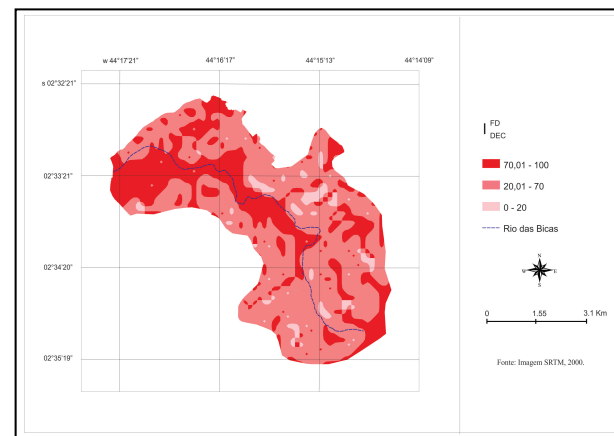
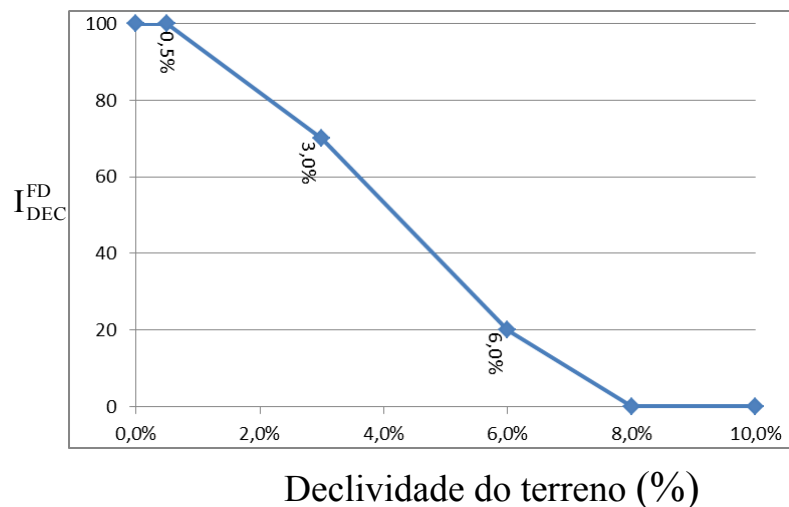
Cálculo do IDD para a Bacia do Rio das Bicas

A base de cálculo do índice: os setores censitários do IBGE, limitado pela região da Bacia do Rio das Bicas



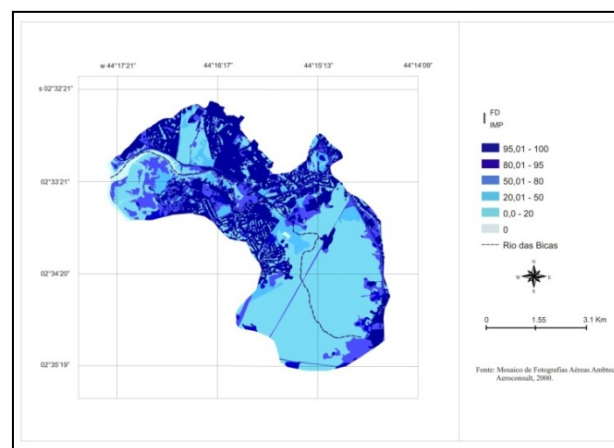
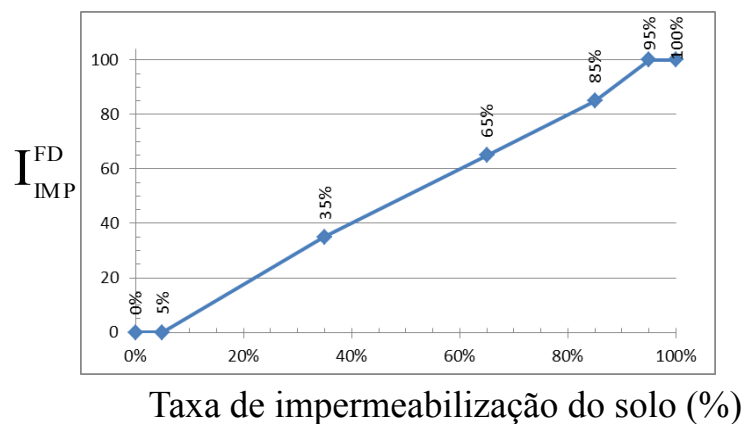
Normalização e Cálculo dos Indicadores:

1- Declividade do Terreno



Mapa com o resultado do Indicador I_{DEC}^{FD}

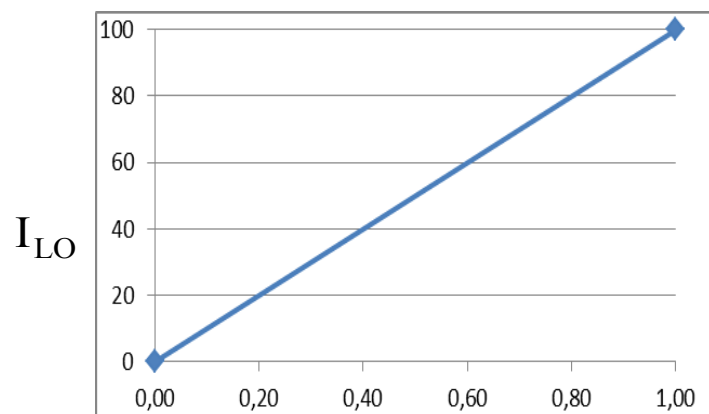
2- Impermeabilização do Solo



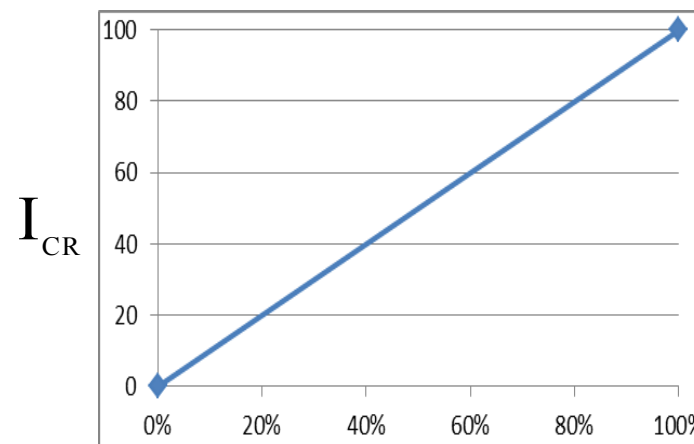
Mapa com o resultado do Indicador I_{IMP}^{FD}

Normalização e Cálculo dos Indicadores:

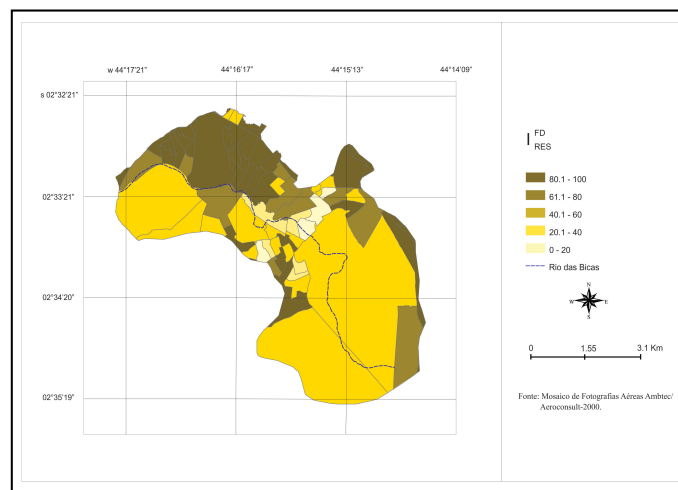
3- Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos



Quantidade de pontos com disposição inadequada de resíduos sólidos/ha



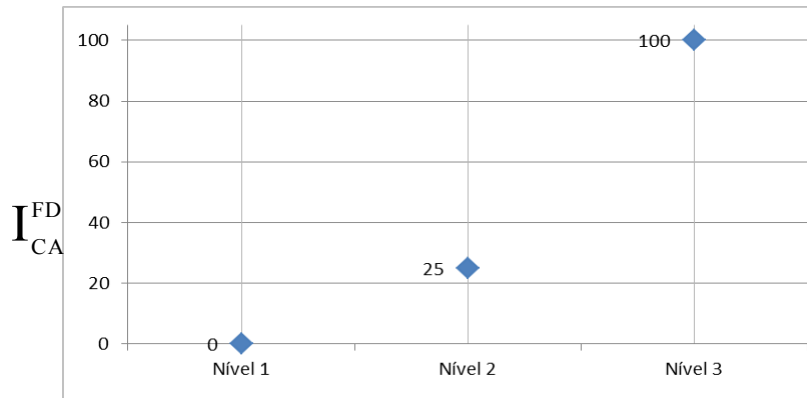
Porcentagem de não coleta de resíduos sólidos (%)



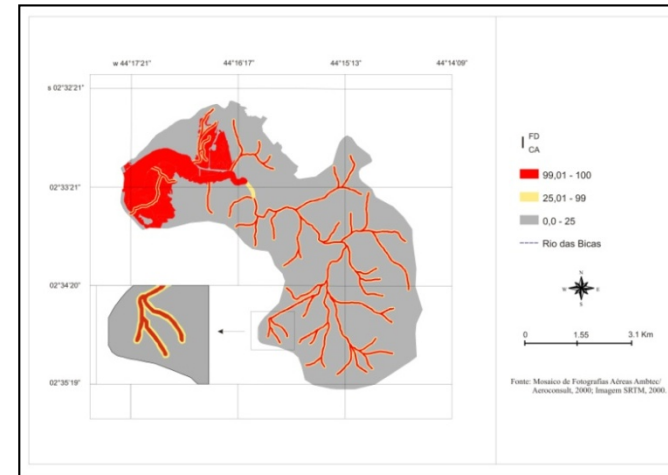
Mapa com o resultado do indicador I_{RES}^{FD}

Normalização e Cálculo dos Indicadores:

4- Proximidade dos Cursos D'Água



Nível de Proximidade dos Cursos D'Água

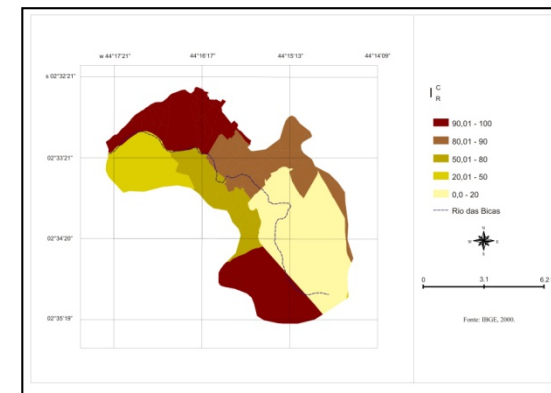


Mapa com o resultado do Indicador I_{CA}^{FD}

5- Renda

Tabela : Classes de Renda com valores normalizados.

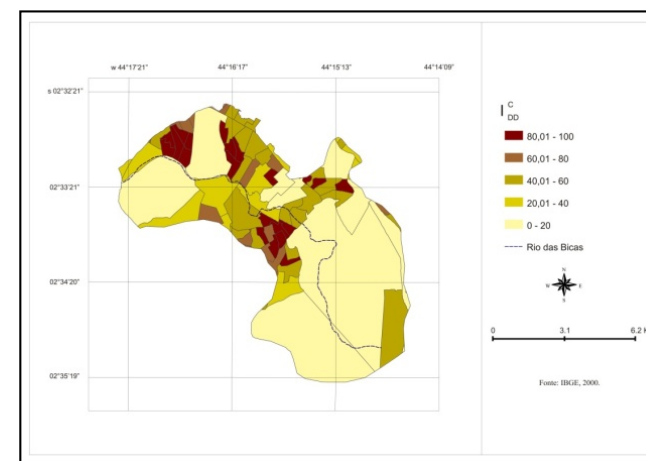
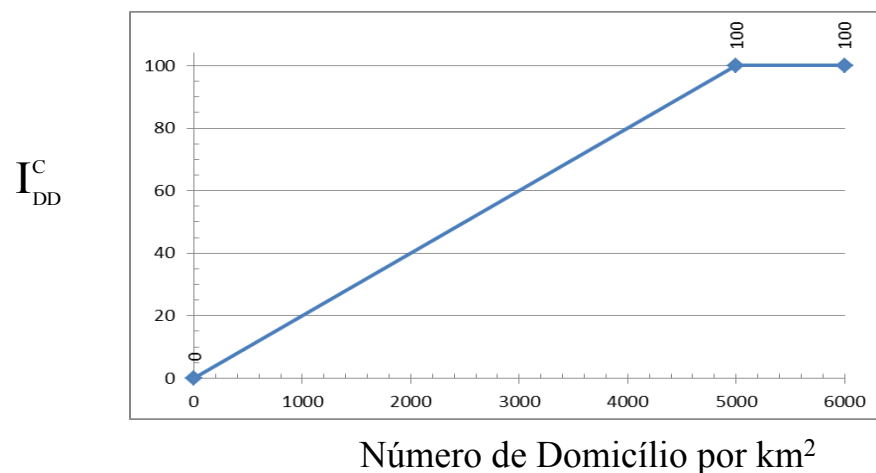
Classe E	Classe D	Classe C		Classe B		Classe A
		C2	C1	B2	B1	A2
R\$ 276,70 a R\$ 484,97	R\$ 484,97 a R\$ 726,26	R\$ 726,26 a R\$ 1.194,53	R\$ 1.194,53 a R\$ 2.012,67	R\$ 2.012,67 a R\$ 3.479,36	R\$ 3.479,36 a R\$ 6.563,73	Acima de R\$ 9.733,47
$I_R^C \leq R\$ 432,90$ $I_R^C = 100$		$= R\$ 960,40$ $I_R^C = 90$	$= R\$ 2.746,02$ $I_R^C = 50$	$\geq R\$ 5.021,55$ $I_R^C = 20$		



Mapa com o resultado do Indicador I_R^C

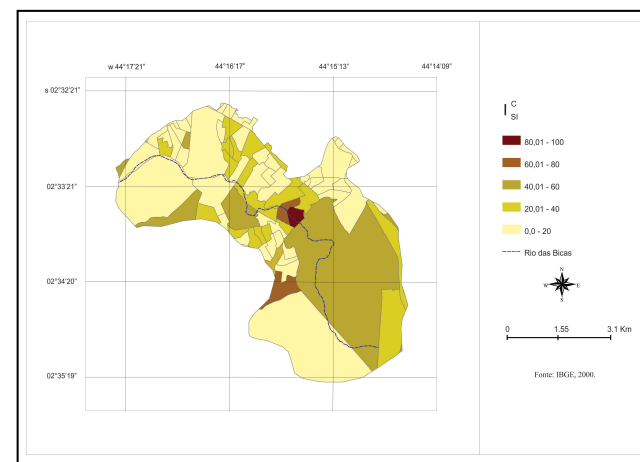
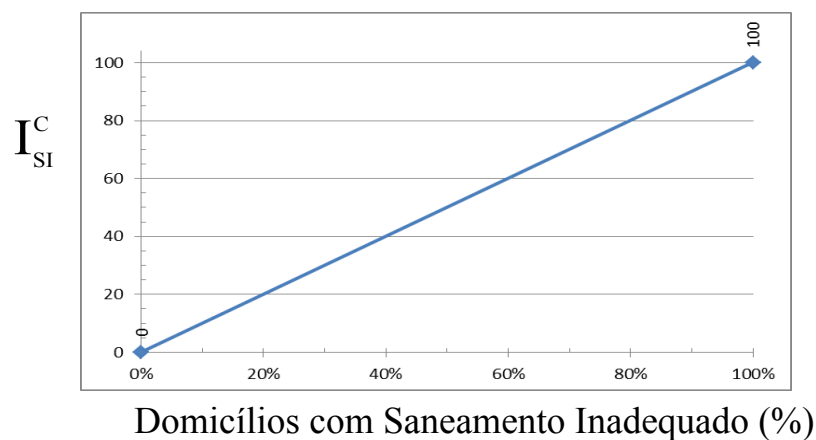
Normalização e Cálculo dos Indicadores:

6- Densidade Domiciliar



Mapa com o resultado do Indicador I_{DD}^C

7- Saneamento Inadequado

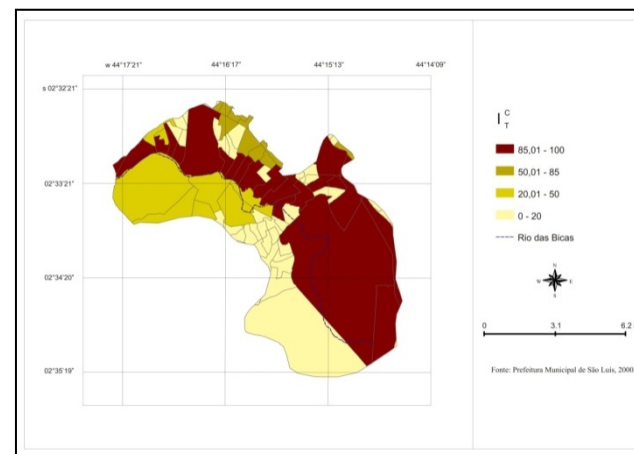


Mapa com o resultado do Indicador I_{SI}^C

Normalização e Cálculo dos Indicadores:

8- Tráfego ((Plano Diretor de São Luís de 1992)

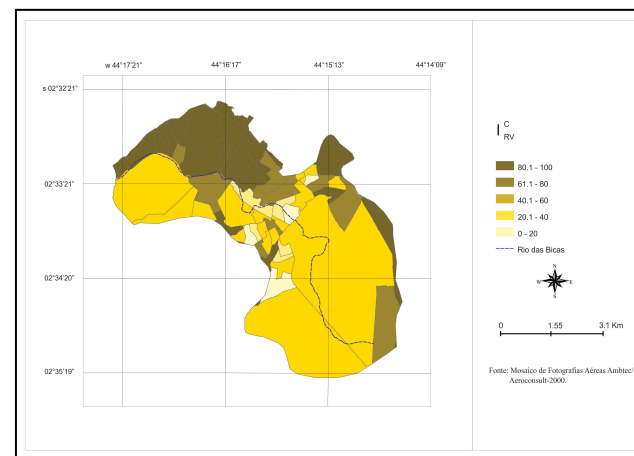
Classificação das Vias	Nível	Indicador Normalizado
Vias Primárias	1	100
Vias Secundárias	2	70
Vias Coletoras	3	30
Vias Locais	4	10



Mapa com o resultado do Indicador I_T^C

9- Revestimento de Vias

Tipo de Revestimento da Via	Valor Normalizado
Asfáltico	100
Paralelepípedo	80
Tratamento Superficial Simples	30
Sem Revestimento (regularização)	10



Mapa com o resultado do Indicador I_{RV}^C

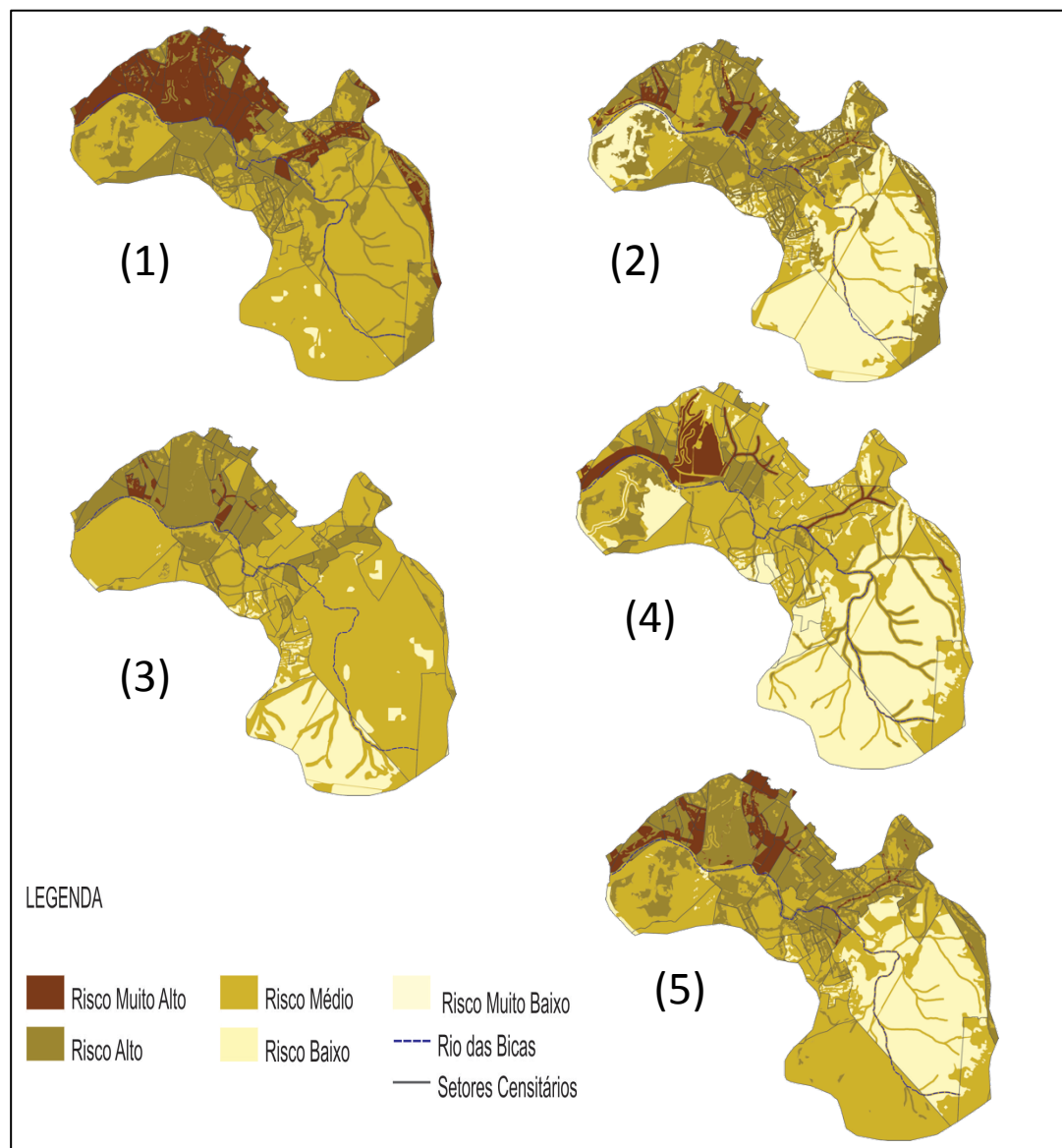


Cenários para o cálculo do IDD: Método de Análise Hierárquica (PAH) Saaty, 1977

Cenários	Combinações de cenários dos subíndices		Pesos dos Indicadores								
	FD (peso $q_{FD} = 0,50$)	C (peso $q_C = 0,50$)	p_{DEC}^{FD}	p_{IMP}^{FD}	p_{RES}^{FD}	p_{CA}^{FD}	p_R^C	p_{DD}^C	p_{SI}^C	p_T^C	p_{RV}^C
IDD-C1	FD-C1	C-C6	0,52	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
IDD-C2	FD-C2	C-C6	0,16	0,52	0,16	0,16	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
IDD-C3	FD-C3	C-C6	0,16	0,16	0,52	0,16	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
IDD-C4	FD-C4	C-C6	0,16	0,16	0,16	0,52	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
IDD-C5	FD-C5	C-C1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,125	0,125	0,125	0,125
IDD-C6	FD-C5	C-C2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,125	0,50	0,125	0,125	0,125
IDD-C7	FD-C5	C-C3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,125	0,125	0,50	0,125	0,125
IDD-C8	FD-C5	C-C4	0,25	0,25	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	0,50	0,125
IDD-C9	FD-C5	C-C5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	0,125	0,50
IDD-C10	FD-C5	C-C6	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

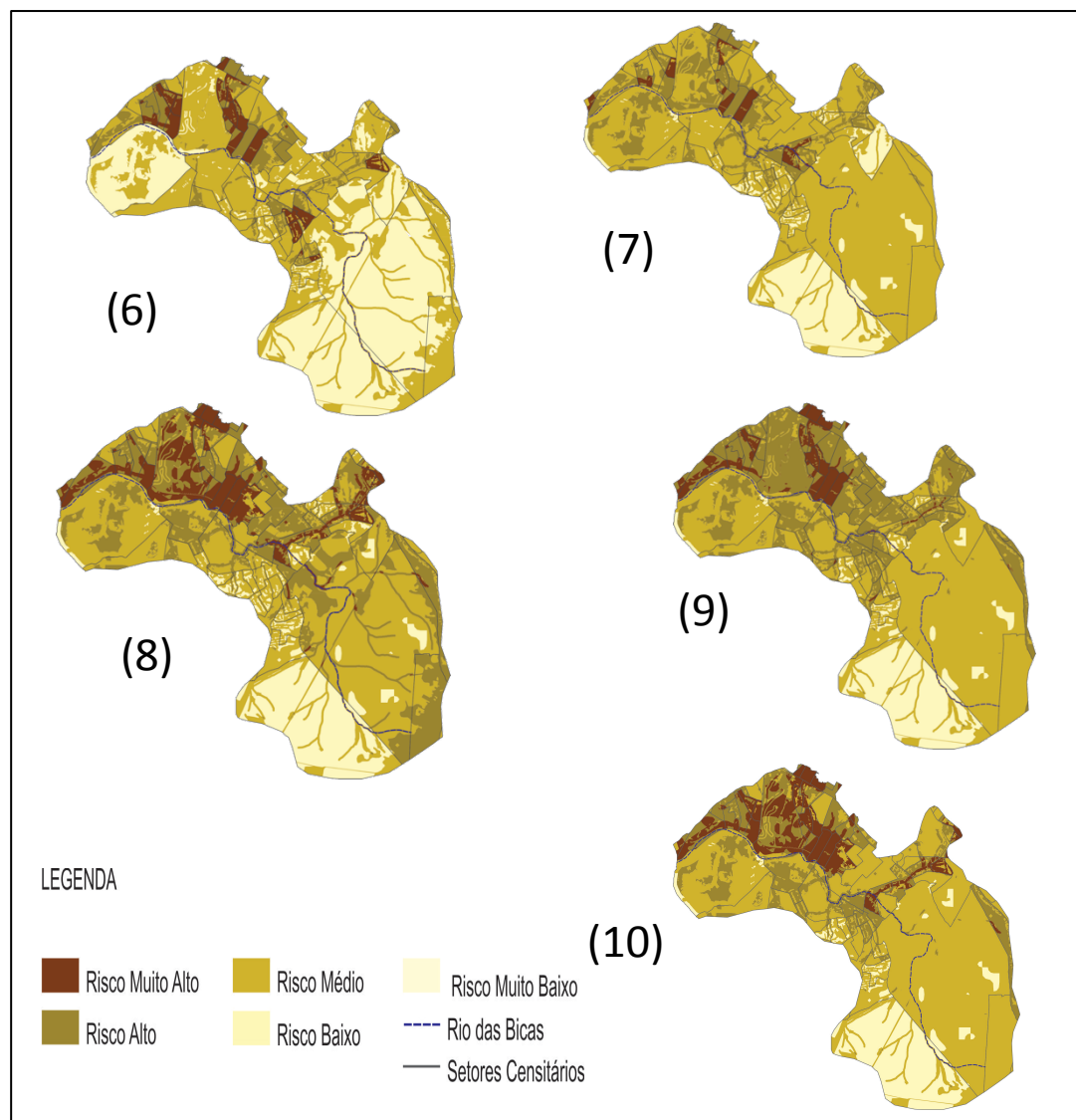
Cálculo do IDD: Bacia do Rio das Bicas – Resultado Finais

- (1) Cenário IDD-C1
Declividade é mais importante;
- (2) Cenário IDD-C2
Impermeabilização Solo é o mais importante;
- (3) Cenário IDD-C3
Res. Inad. é o mais importante;
- (4) Cenário IDD-C4
Prox. CA têm a mesma importância
- (5) Cenário IDD-C5
Renda tem a mesma importância



Cálculo do IDD: Bacia do Rio das Bicas – Resultado Finais

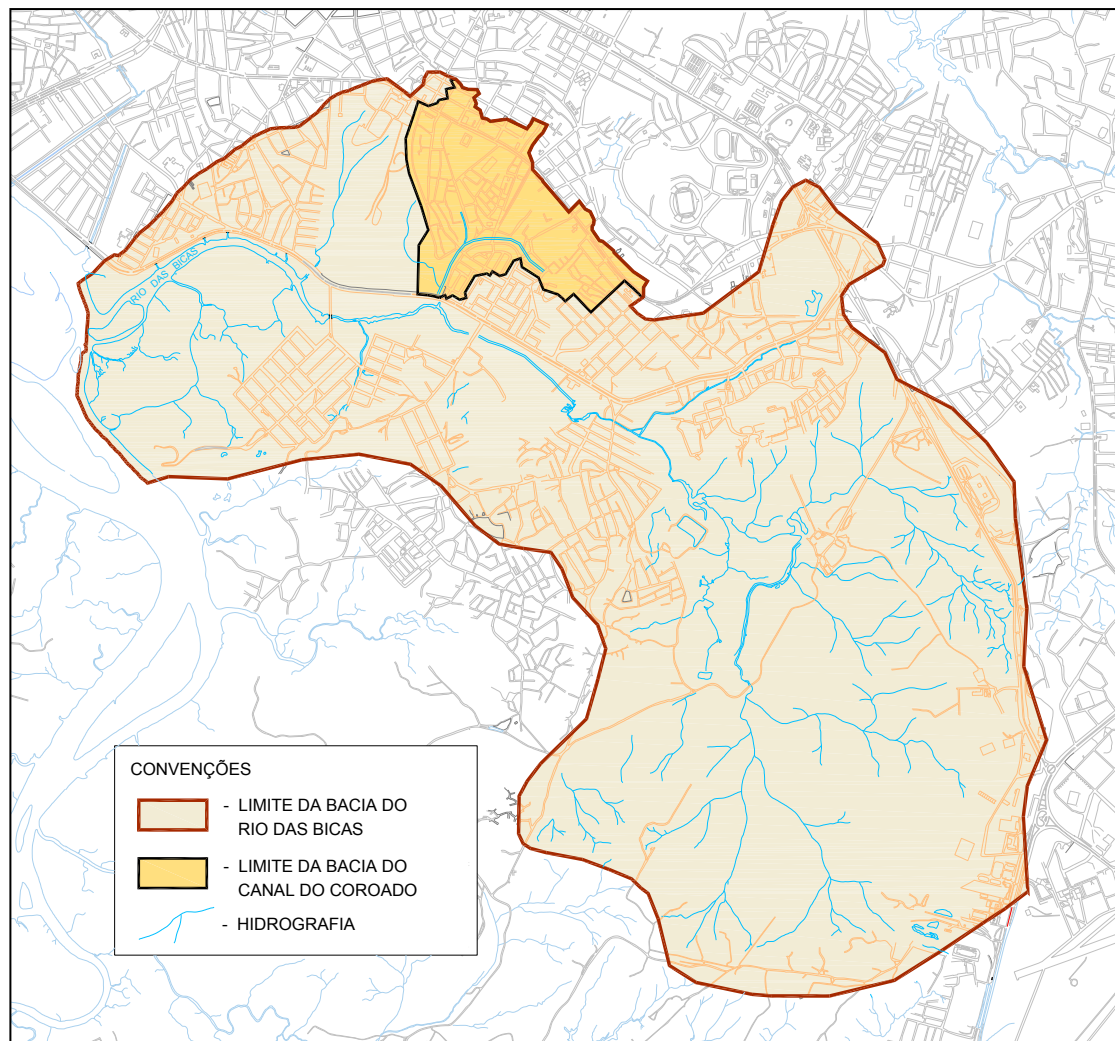
- (6) Cenário IDD-C6
Dens. Dom. é mais importante;
- (7) Cenário IDD-C7
Saneamento Inad. é o mais importante;
- (8) Cenário IDD-C8
Tráfego é o mais importante;
- (9) Cenário IDD-C9
Rev. Vias é o mais importante
- (10) Cenário IDD-C10
todos indicadores têm a mesma importância





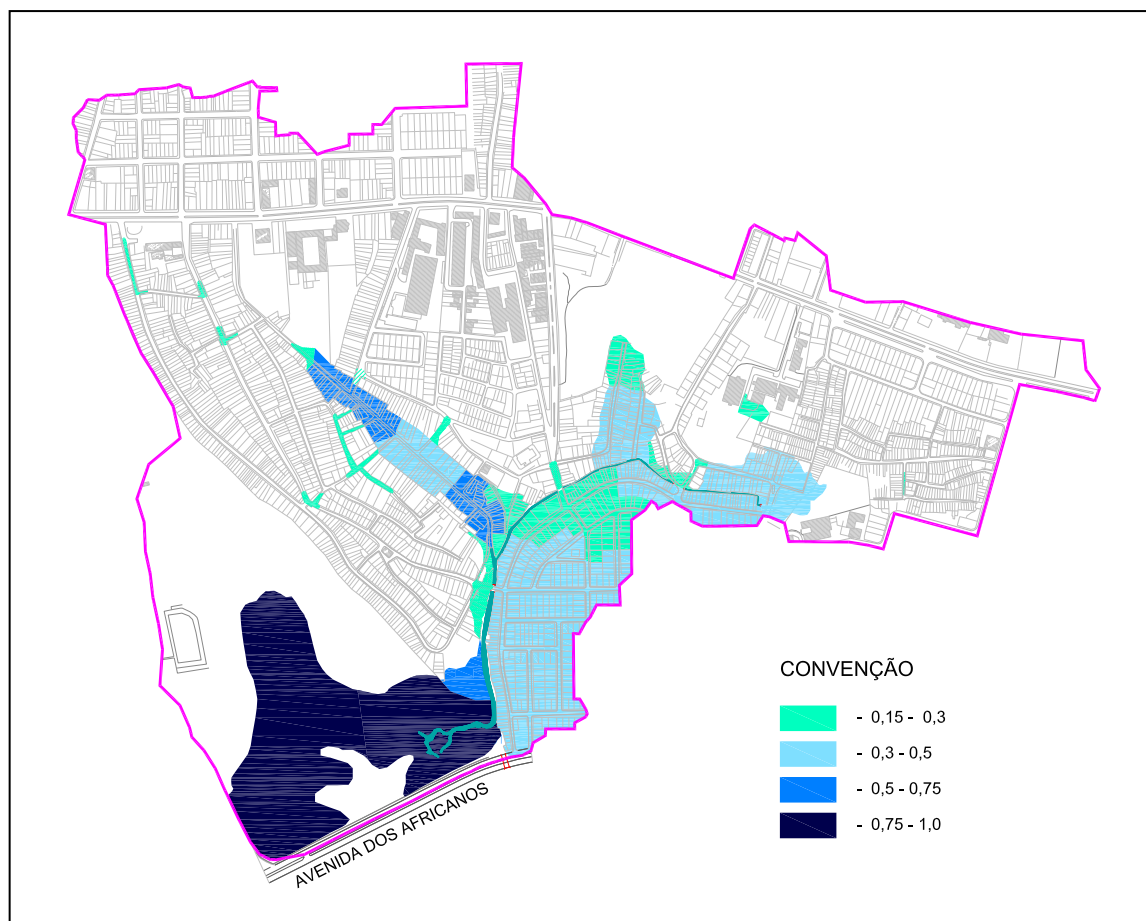
Recorte espacial - Aplicação do Modcel

Bacia do Canal do Coroado: Área: 98,83 há (1,00 km²)





Resultado da Aplicação do Model





Conclusões

- Reforça-se a idéia de criar estratégias que impeçam a ocupação em regiões próximas aos cursos d' água (resultado do IDD - áreas criticas)
- O uso do IDD como representação indireta e simples de inundações urbanas pode ser considerada uma medida preliminar eficaz para introduzir controles das causas indutoras de inundações
- Oferece a possibilidade de se fazer diversas análises, para uma mesma região, diante a novas ponderações e relevâncias



Conclusões

- A **avaliação quantitativa** oferecida pelo índice IDD permite uma comparação entre zonas críticas, podendo ser utilizada para hierarquizar e justificar obras e investimentos públicos
- Avaliação qualitativa** dos resultados obtidos, permite definir soluções diferenciadas para pontos distintos em uma mesma região
- Permite, ainda, fazer uma análise do quanto um indicador, efetivamente, apresenta-se com maior potencial de dano em relação aos outros, tendo em vista suas características específicas



COMENTÁRIO FINAL

Permanece o desafio, das gestões públicas, de promover mecanismos mais eficazes como forma de prevenção contra inundações associando:

- a gestão da drenagem urbana**
- ao controle de uso e ocupação do solo**

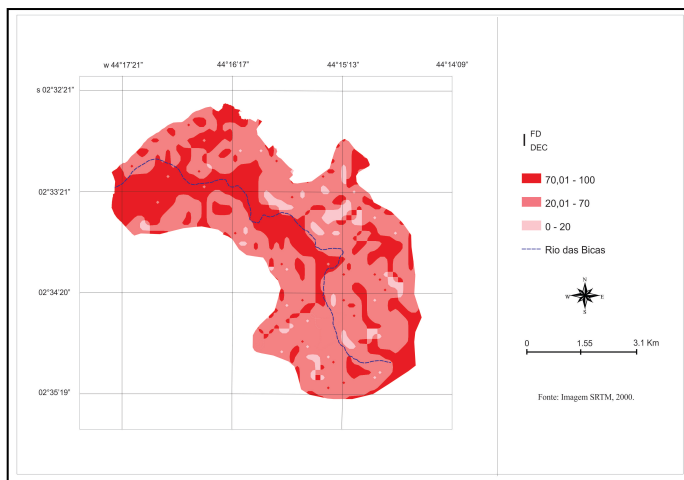


XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste
27 a 30 de novembro de 2012 – João Pessoa – PB

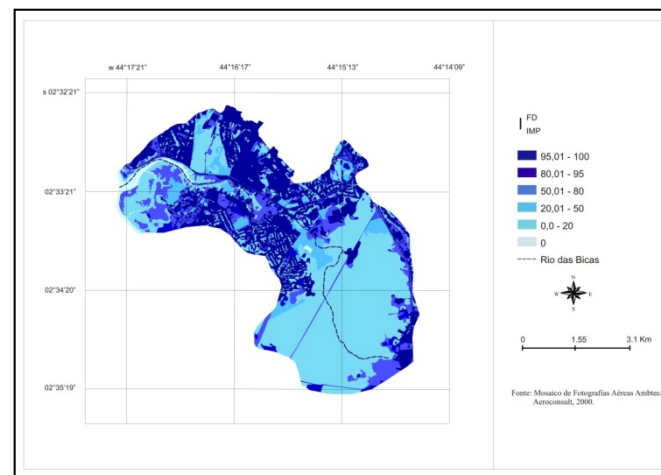


OBRIGADO

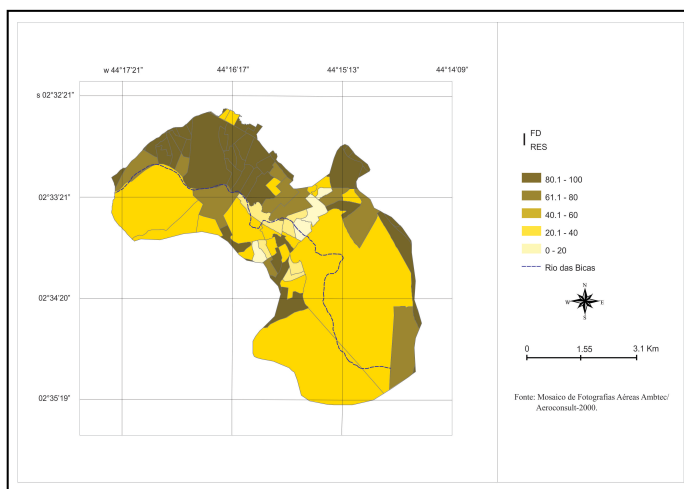
Cálculo dos Indicadores do Subíndice “FD”



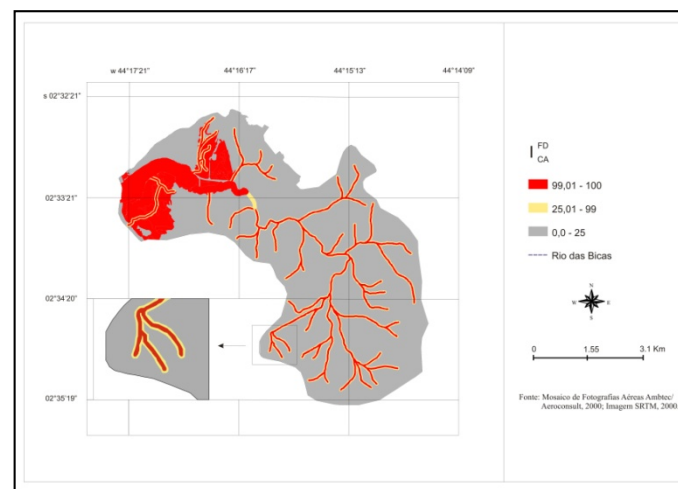
Mapa com o resultado do Indicador I_{DEC}^{FD}



Mapa com o resultado do Indicador I_{IMP}^{FD}



Mapa com o resultado do Indicador I_{RES}^{FD}



Mapa com o resultado do Indicador I_{CA}^{FD}