



# SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

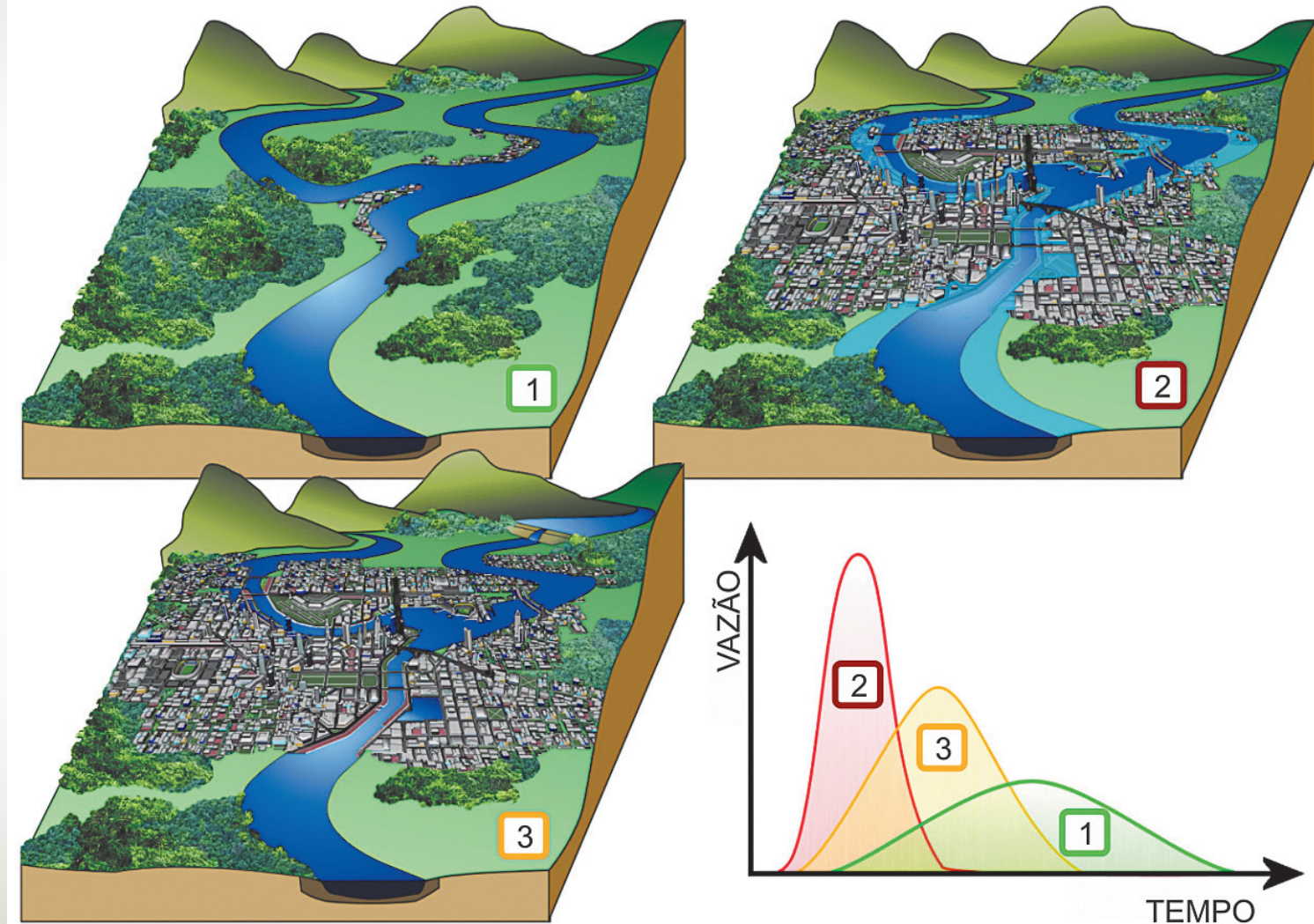
4 a 7 / novembro / 2014 ★ Natal ★ RN

## **SIMULAÇÃO DE VAZÕES MÁXIMAS EM UMA MICROBACIA URBANA EM JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ.**

*Autor(es): Renato de Oliveira Fernandes; Thaís Bento da Silva;  
Luciene Galdino da Silva; Rony Lopes Lunguinho.*

# Contextualização

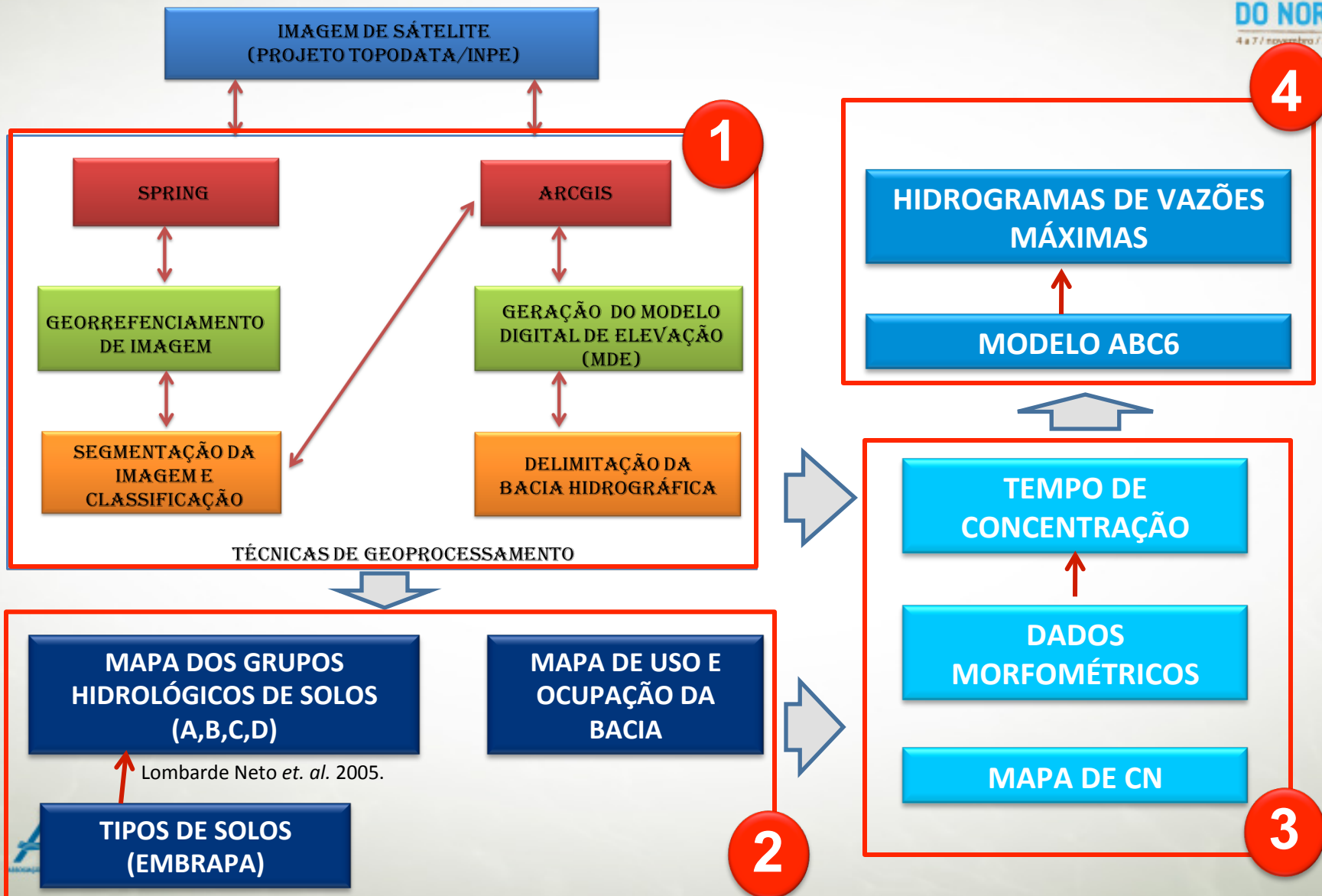
- O impacto da urbanização nas vazões máximas



# Contextualização

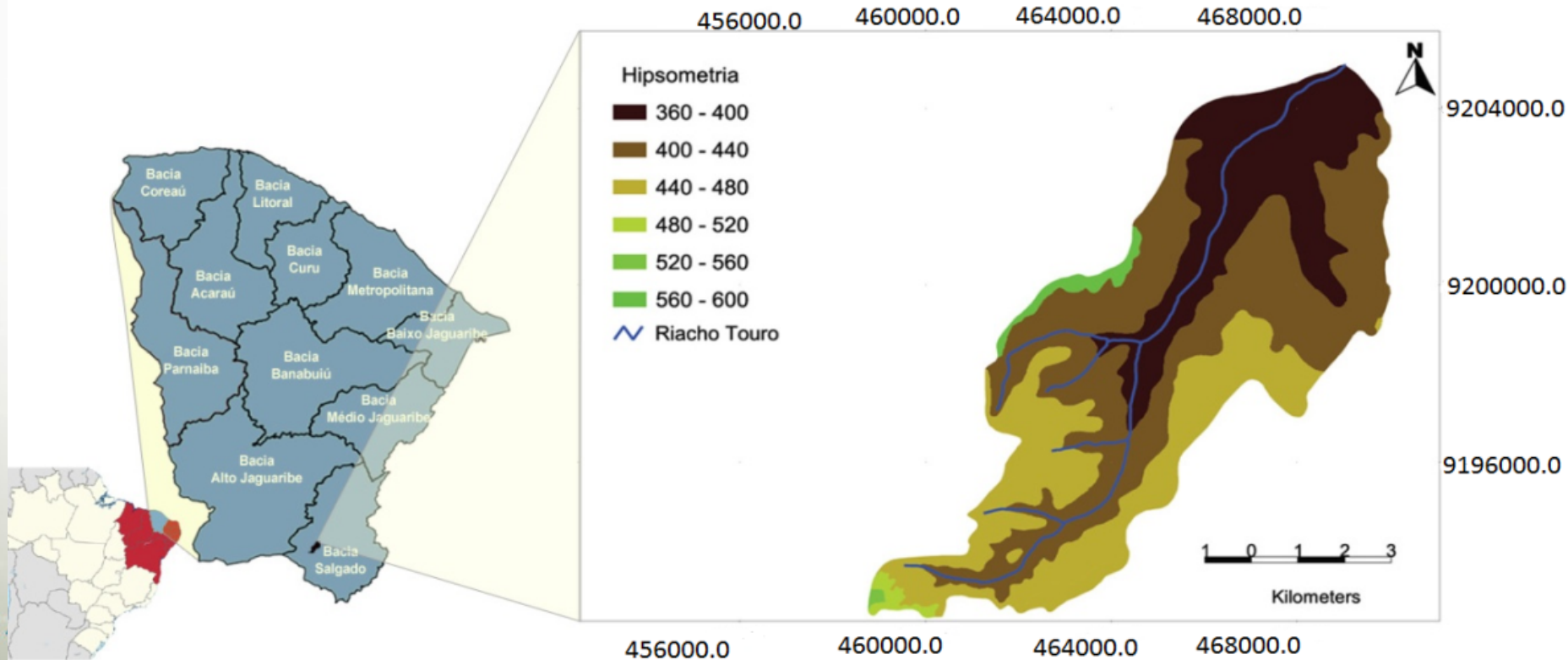
- Nas bacias hidrográficas urbanas brasileiras os dados observados de vazões são escassos ou ausentes devido à falta de instrumentos instalados nessas bacias;
- Como alternativa é comum a modelagem da vazão pelo uso de técnicas estatísticas ou de modelos hidrológicos;
  - O método do Departamento de Serviço de Conservação do Solo (SCS) dos Estados Unidos (atual *Natural Resources Conservation Service - NRCS*) que usa a Curva Número (CN) para representar os tipos, usos e ocupação dos solos é um dos métodos mais usados.

# Metodologia adotada



# Área de estudo

- A caracterização morfométrica da microbacia Riacho dos Touros foi realizada com auxílio do ArcGIS 9.3<sup>©</sup> (ESRI, 2009) a partir das imagens do Modelo Digital de Elevação (DEM) do projeto TOPODATA
- Área da bacia igual a 46,97 km<sup>2</sup>; perímetro de 42,827 km; rio principal com 15.644 km de extensão e declividade média 12,26 m/km.



# O método SCS para estimativa vazões

**Precipitação efetiva:**

$$P_e = \frac{(P - 0,2.S)^2}{P + 0,8.S}, \text{ se } P > 0,2.S$$

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254$$

Em que:

$P_e$  – é a precipitação efetiva, ou escoamento superficial (mm)

$P$  – é a precipitação acumulada de um evento (mm)

$S$  – é a retenção potencial do solo (mm)

$CN$  – é chamado de “número da curva” (adimensional)

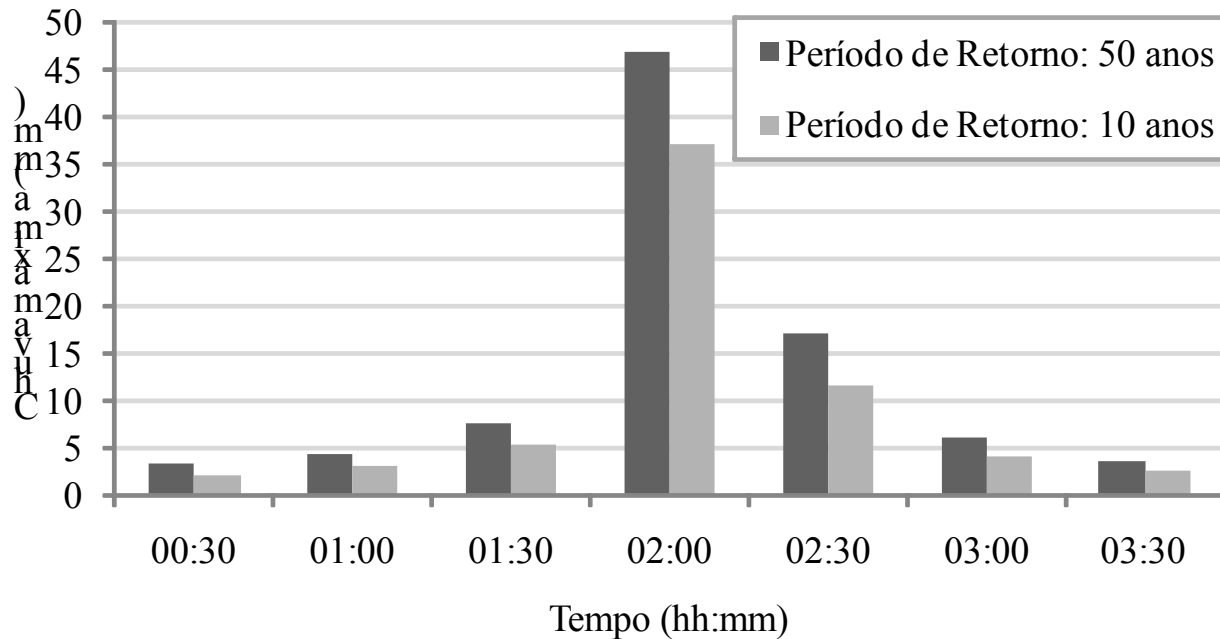
# CN para Bacias Urbanas

Uso de solo	Superfície	Solo A	Solo B	Solo C	Solo D
Residencial	Lote até 500 m <sup>2</sup> (65% impermeável)	77	85	90	92
	Lote até 100 m <sup>2</sup> (38% impermeável)	61	75	83	87
	Lote até 1500 m <sup>2</sup> (30% impermeável)	57	72	81	86
Estacionamentos	Pavimentos	98	98	98	98
	Cobertos (telhados)	98	98	98	98
Ruas e estradas	Pavimentadas, com guias e drenagens	98	98	98	98
	Com cascalho	76	85	89	91
	De terra	72	82	87	89
Áreas comerciais	85% de impermeabilização	89	92	94	95
Distritos industriais	72% de impermeabilização	81	88	91	93
Espaços abertos, parques e jardins	Boas condições, cobertura de grama	39	61	74	80
	Condições médias, cobertura de grama	49	69	79	84

Tucci (2002)

# Chuva de projeto

## IDF - Intensidade-duração-frequencia



$$i_m = \frac{K.T^a}{(D \quad b)^c}$$

PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:

K: 2847,22

a: 0,3

b: 43

c: 0,97

Local: Município de Quixeramobim

Duração da chuva (D)=3,7 horas (maior valor do tempo de concentração)



# Tempo de concentração

Nome

Equação

Bransby-Willians 
$$t_c = 306 \cdot \frac{L}{5280} \left( \frac{1}{A^{0,1} \cdot S_i^{0,2}} \right)$$

Dooge 
$$t_c = 70,8 \cdot \left( \frac{A^{0,41}}{S_i^{0,17}} \right)$$

Kerby 
$$t_c = 7,23 \cdot \left( \frac{L \cdot c}{S_i^{0,5}} \right)^{0,467}$$

Kirpich I 
$$t_c = 0,0196 \cdot \left( \frac{L^3}{h} \right)^{0,385}$$

Onda Cinemática 
$$t_c = 55 \cdot \left( \frac{n^{0,6} \cdot L^{0,6}}{I^{0,4} \cdot S_i^{0,3}} \right)$$

SCS 
$$t_c = 0,43 \cdot \frac{L^{0,8}}{S_i^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

Padrão ABC6 
$$t_c = \frac{\sqrt{A}}{2}$$

Em que:

L - é o comprimento do talvegue (m)

A - é a área da bacia (km<sup>2</sup>)

S<sub>i</sub> - é a declividade equivalente (m/km)

c - é a rugosidade de retardo (adimensional)

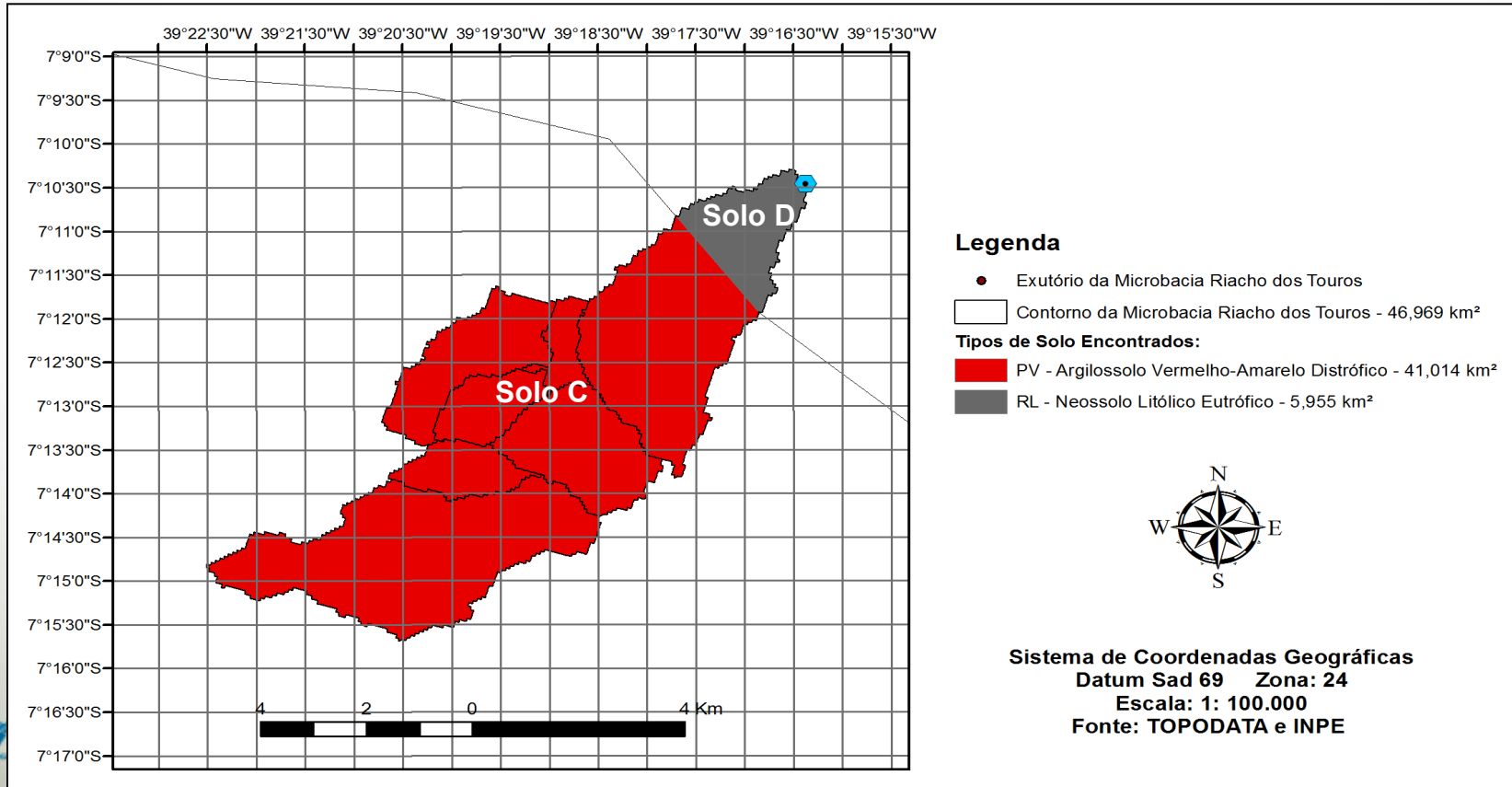
h - é a diferença de cotas (m)

n - é a rugosidade de Manning (adimensional)

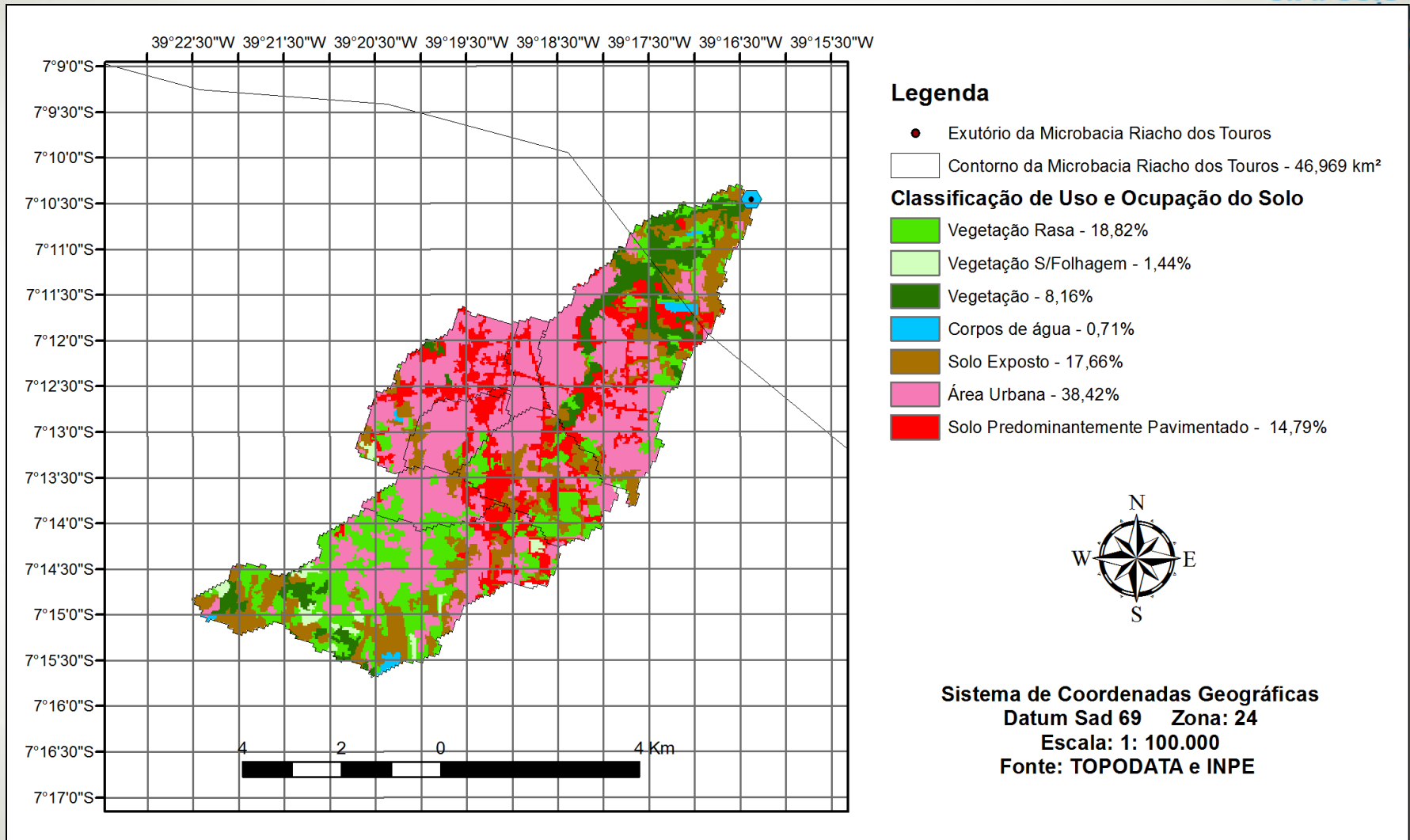
I - é a intensidade da chuva (mm/h)

CN - é o número da curva número do método SCS

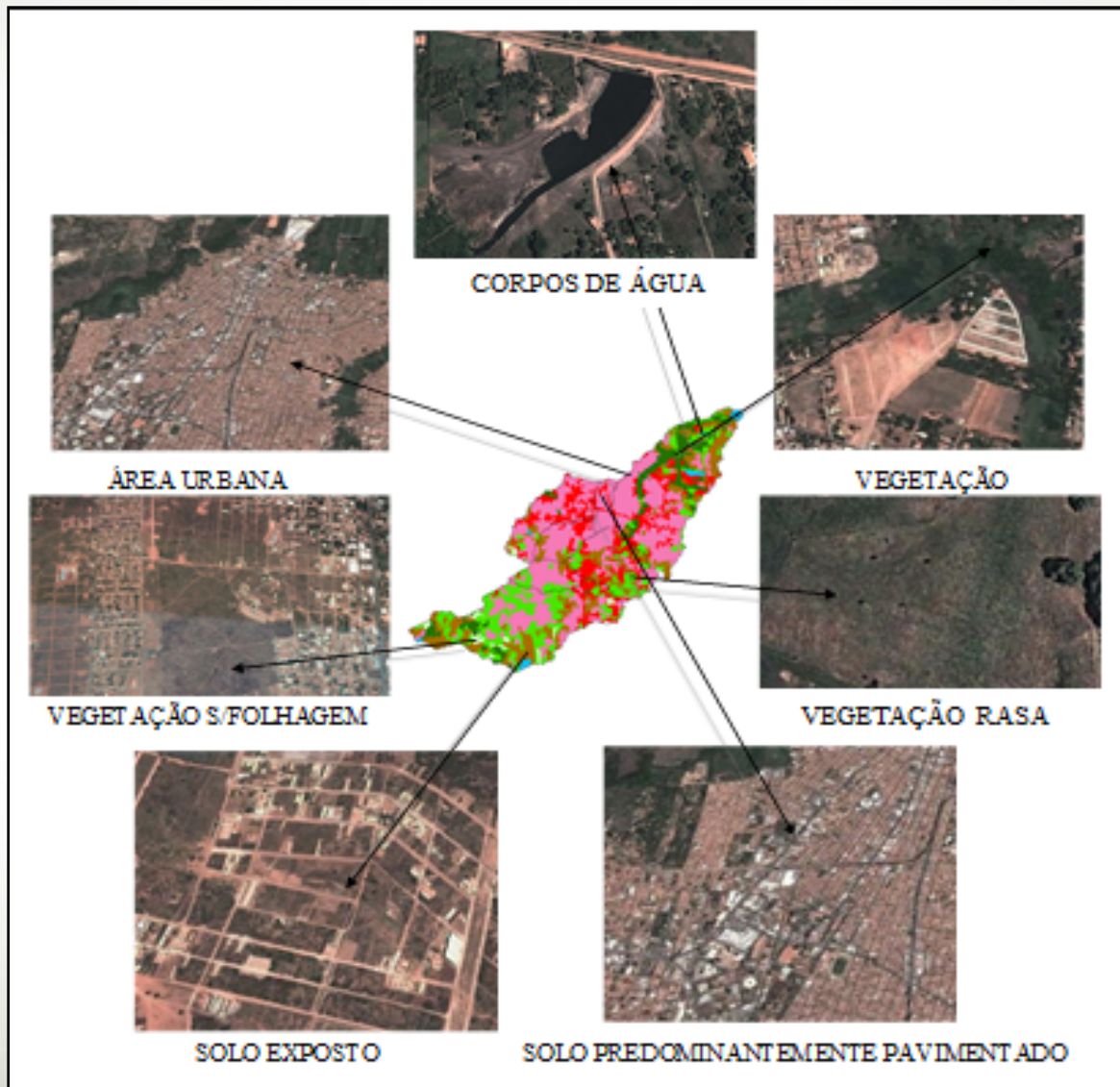
# Tipos de solos



# Tipos de uso e ocupação do solo com detalhe da drenagem existente na microbacia do Riacho dos Touros



# Verificação do mapa de uso e ocupação do solo da microbacia Riacho dos touros



$$CN_{médio} = \frac{\sum(CN_i \cdot A_i)}{A_t}$$

Em que:

$CN_{médio}$  - valor do CN médio

$CN_i$  - valor do CN de cada classe de uso e cobertura do solo da bacia

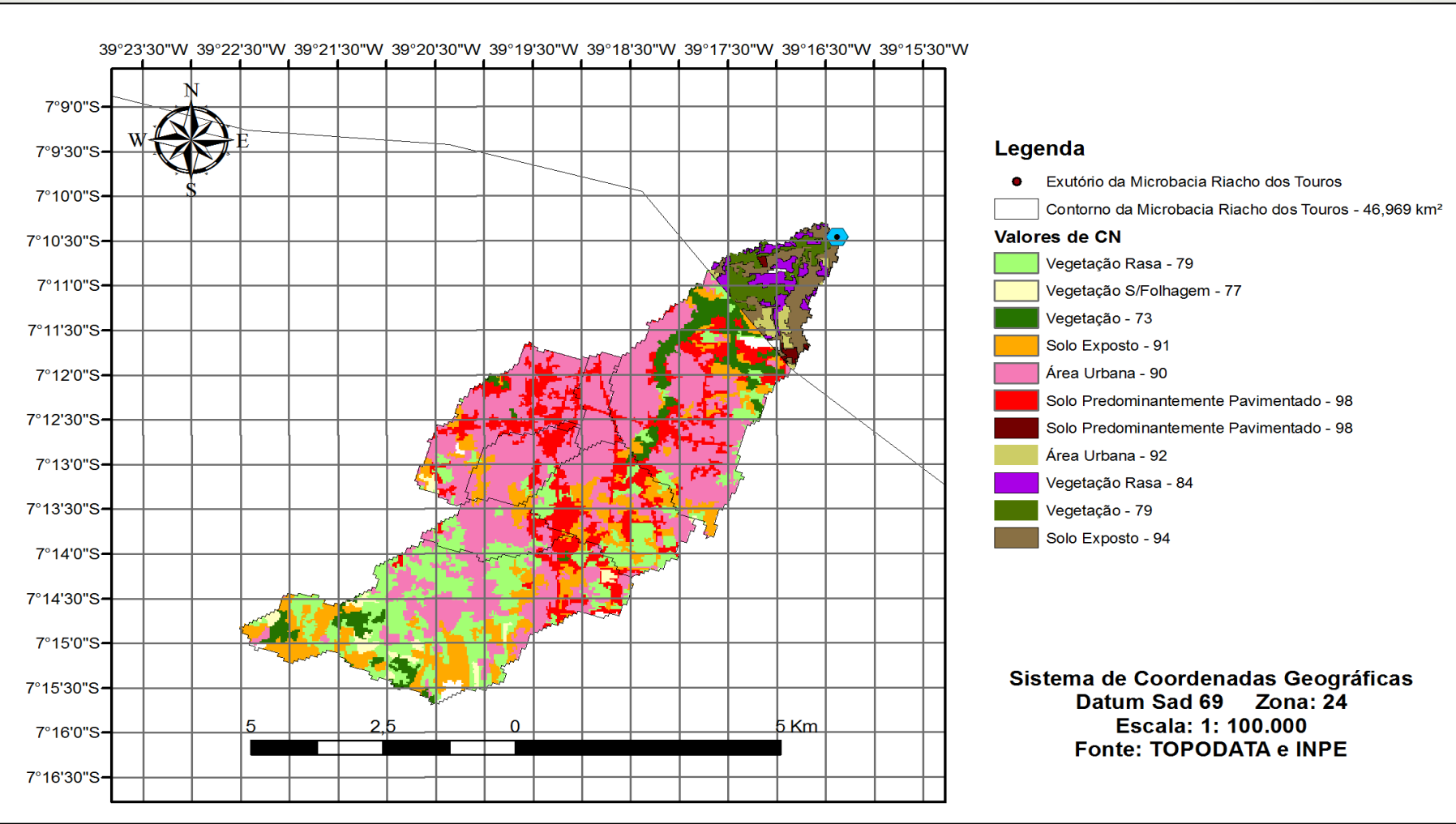
$A_i$  - área de cada classe de uso e cobertura do solo da bacia (km<sup>2</sup>)

$A_t$  - área total da bacia (km<sup>2</sup>)

A estimativa do valor do CN médio para a bacia indicou o valor de 89. Este valor foi usado no método SCS para estimar a vazão máxima na bacia por três equações para estimativa do tempo de concentração associado aos períodos de retorno de 10 e 50 anos.

# Mapa de CN (Curva Número)

**Mapa dos Tipos de solos + Mapa do Uso e Ocupação =  
Mapa de CN**



Valores de CN em função da cobertura e do tipo hidrológico de solo (C e D) para a condição II de umidade do solo na bacia Riacho do Touros

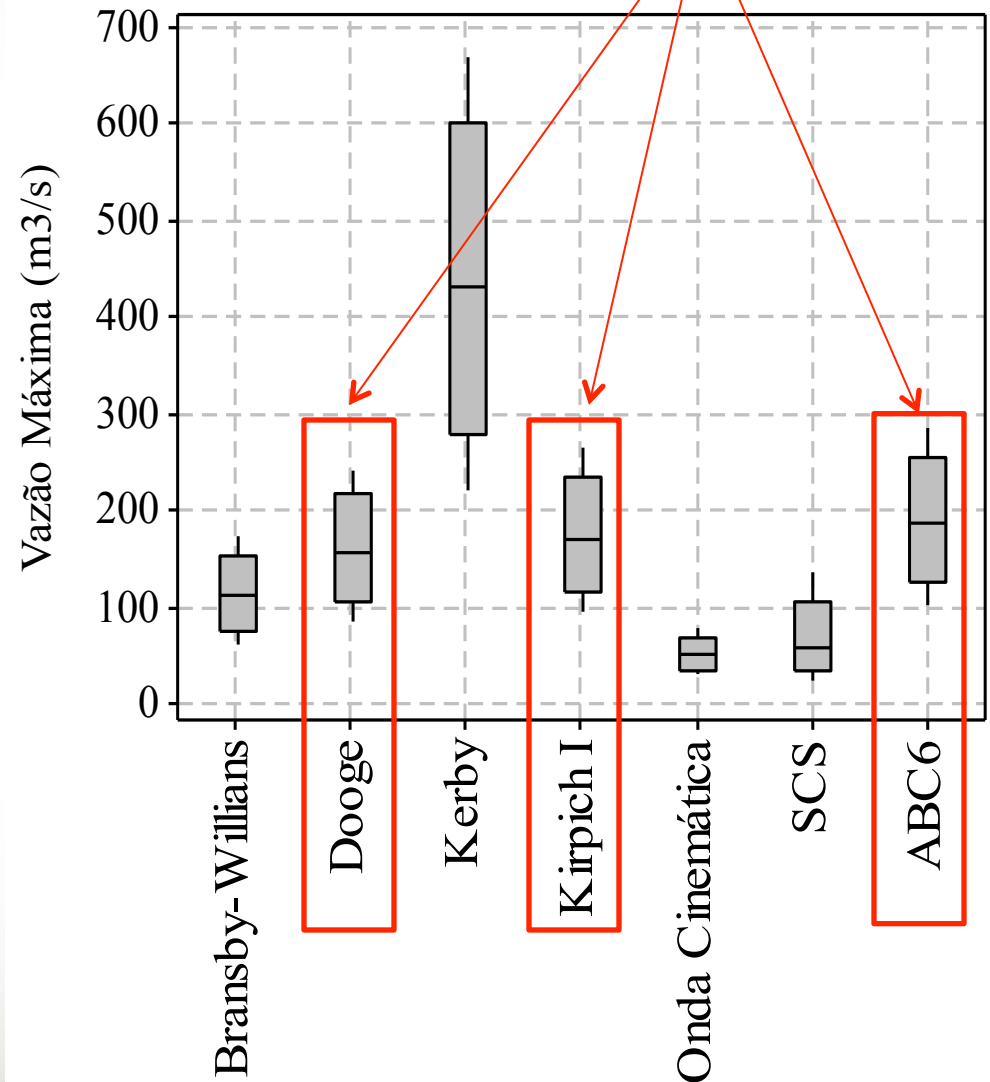
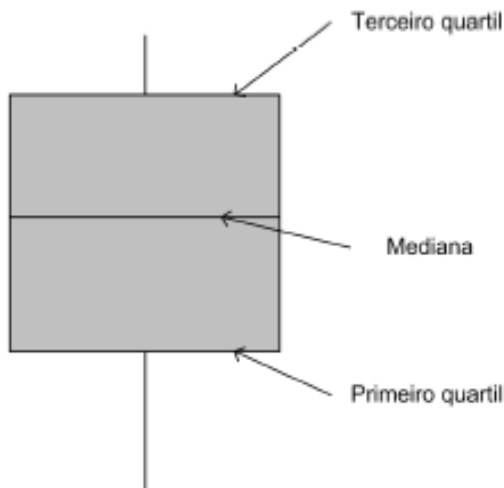


### Valores de CN

Ocupação do solo	Área do solo C (Km <sup>2</sup> )	CN equiv.	Área do Solo D (Km <sup>2</sup> )	CN equiv.
Vegetação rala	7.968	79	0,87	84
Vegetação sem folhagem	0.678	77	-	-
Vegetação	2.861	73	0,97	79
Corpos de água	0.335	-	-	-
Solo exposto	6.713	91	1,58	94
Área urbana	17.747	90	0,30	92
Áreas predominantemente pavimentado	6.731	91	0,10	98
<b>CN Representativo da bacia:</b>				<b>89</b>

# Análise de sensibilidade

- CN: 70 a 95, incremento de 5;
- Período de retorno: 10 anos;





# Tempo de concentração

Equação	$t_c$		Equação
	minutos	horas	
Dooge	224	3,7	$t_c = 70,8 \cdot \left(\frac{A^{0,41}}{S_i^{0,17}}\right)$
Kirpich I	181	3,0	$t_c = 0,0196 \cdot \left(\frac{L^3}{h}\right)^{0,385}$
Padrão ABC6	205,6	3,4	$t_c = \frac{\sqrt{A}}{2}$
Tempo médio	203,5	3,4	-

Em que:

L- é o comprimento do talvegue (m) = 17,524 m

A – é a área da bacia (km<sup>2</sup>) = 46,969 Km<sup>2</sup>

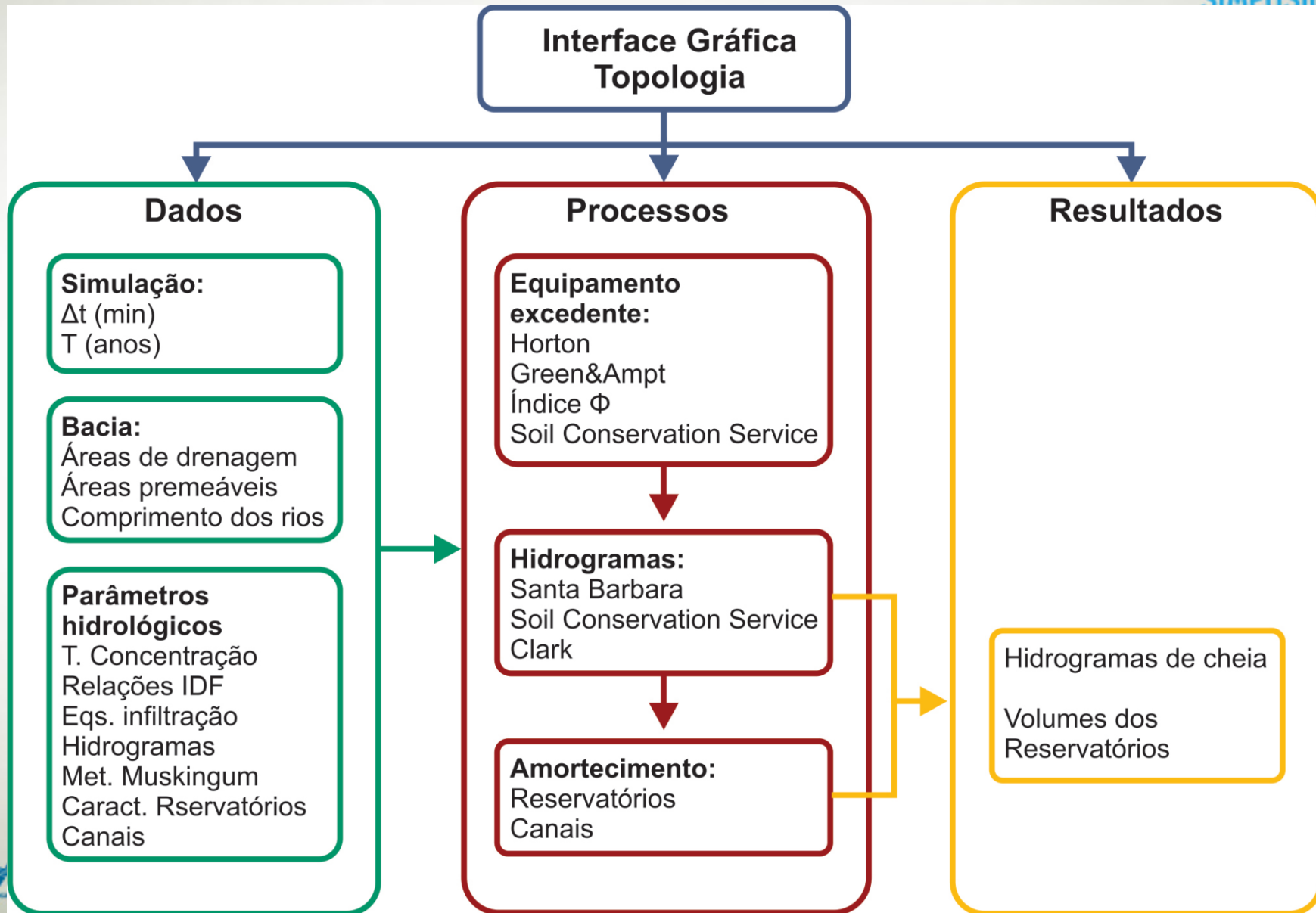
$S_i$  –é a declividade equivalente (m/km) = 12,26%

$\Delta h$  - é a diferença de cotas (m) = 191 m

n – é a rugosidade de Manning (adimensional) = 0,580

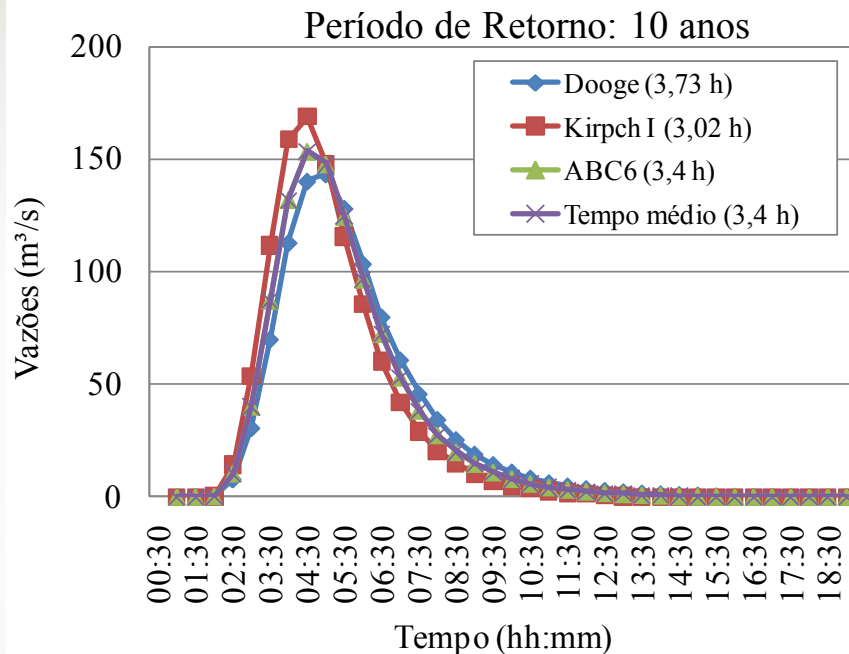
I – é a intensidade da chuva associada ao período de retorno (mm/h)

# Modelo hidrológico ABC6

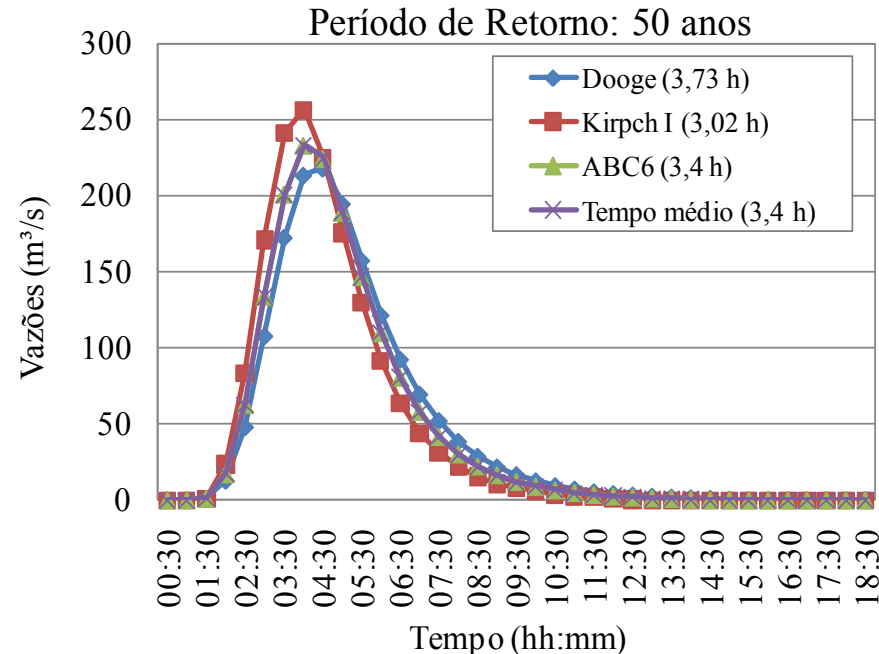


# Hidrogramas de vazões máximas

A.



B.



Hidrogramas de vazões máximas para microbacia do Riacho Touro simulados pelo método do SCS para três equações de tempo de concentração associados aos períodos de retorno de 10 (A) e 50 anos (B) e CN de 89.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Este estudo avaliou a geração de vazões máximas na microbacia do Riacho dos Touros, localizada na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará;
- A caracterização do uso e ocupação da microbacia indicou que aproximadamente 53% da área total estão urbanizadas com predominância de edificações e pavimentos rodoviários;
- As altas taxas de urbanização na microbacia, representado no método do SCS pelo o valor alto do CN, se refletiram nas vazões máximas simuladas;
- A elevação dos picos de vazões geram riscos de enchentes e alagamentos na cidade em estudo;
- Este trabalho apresentou hidrogramas de vazões máximas que podem servir como base para o dimensionamento de obras de drenagem e determinação dos riscos de inundações na microbacia.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS



- O uso de sensoriamento remoto e ferramentas de SIGs possibilitaram a caracterização morfométrica da microbacia do Riacho dos Touros e obtenção do valor do CN representativo;
- O valor do CN obtido indica que a bacia encontra-se densamente urbanizada;
- As altas taxas de urbanização na microbacia se refletiram em valores altos do escoamento superficial.
- Nos hidrogramas de vazões máximas mostrados a segu irpodemos observar que a vazão máxima simulada para o tempo de concentração médio é de  $153 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $233 \text{ m}^3/\text{s}$  para os períodos de retorno de 10 e 50 anos, respectivamente.

# REFERÊNCIAS



ALVES, P. R.; SANTOS, E. R. S.; FERREIRA, N. C.; SILVA, M. V. A.; RAMOS, H. F.

Avaliação da Impermeabilização do Solo na Área Urbana em Goiânia. Anais... XV Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de

2011, INPE p.0965. SCS – Soil Conservation Service. National Engineering Handbook: Section 4, Hydrology. 1972.

ASCE (AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEER). Curve Number Hydrology – state of practice. Richard H. Hawkinns, Timothy J. Ward, Donald E. Woodward e Joseph A. Van Mullerm.

ASCE, 2009, USA, 106 p.

CÂMARA G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS U. M.; GARRIDO J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403 May-Jun 1996.

CARVALHO Jr., N. R.; SOUZA, L. J. F.; PEREIRA Jr., L. C.; Utilização de imagem Landsat TM

na análise da ocupação urbana do município de Goiânia – GO. Anais... XV Simpósio Brasileiro de

Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE

**MUITO OBRIGADO**