

**IX-061 – APLICAÇÃO DO IPTU HIDROLÓGICO EM ESCALA DE LOTE URBANO NA SUBBACIA DO MINEIRINHO****Ivie Emi Sakuma Kawatoko<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Mestranda em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

**Eduardo Mário Mendião<sup>(2)</sup>**

Professor Doutor da Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Trabalhador São Carlense, 400 São Carlos- SP – Brasil Tel (18) 8128-6376 e-mail: [ivie\\_iesk@hotmail.com](mailto:ivie_iesk@hotmail.com)

**RESUMO**

Problemáticas de planejamento aliadas ao aumento da impermeabilização contribuem para a redução do amortecimento das águas, o que possibilita a ocorrência das enchentes urbanas. Assim, é imprescindível a adoção de instrumentos e ferramentas que permitam um adequado gerenciamento dos recursos hídricos, bem como de sua drenagem. Nesse sentido, o presente trabalho consiste em aplicar os cálculos do IPTU hidrológico, com base em variáveis hidráulicas e hidrológicas, de forma a serem criados diferentes cenários prospectivos (2010, 2025, 2040) para tal medida não-estrutural em escala de lote urbano. A metodologia consiste na análise dessas variáveis sobre a influência de alterações na capacidade de armazenamento do solo, vazão máxima e adoção de medidas compensatórias de drenagem urbana. Tais resultados foram incorporados ao valor monetário do IPTU Hidrológico e posteriormente, deram origem a 4 cenários em escala prospectiva atual, de 25 e 40 anos: *Global Orchestration*, *Order from Strength*, *Adapting Mosaic*, *TechnoGarden*. Desta forma, ao final dos estudos, foram extraídas justificativas pertinentes à adoção dessa inovadora medida não-estrutural de drenagem urbana, sob o contexto de “Águas Urbanas” da Lei Federal de Saneamento Básico nº 11.445/07.

**PALAVRAS-CHAVE:** IPTU Hidrológico, Drenagem Urbana, Medidas Não-Estruturais.

**INTRODUÇÃO**

O crescimento desordenado da população urbana sempre vem acompanhado às problemáticas de planejamento, como verificado no caso dos sistemas de drenagem, inadequações referentes ao saneamento, ocupação de áreas de risco. Tais questões, aliadas ao aumento da impermeabilização e, conseqüente, acréscimo do escoamento superficial, contribuem para a redução do amortecimento das águas, o que possibilita a ocorrência de grandes desastres, como as enchentes urbanas. Diante dessa abordagem, torna-se imprescindível a adoção cada vez mais corriqueira de instrumentos e ferramentas que permitam um adequado gerenciamento dos recursos hídricos bem como, a nível urbano, de sua drenagem.

Desta forma, o presente trabalho busca abordar medidas não-estruturais de drenagem urbana, as quais estão fundamentalmente baseadas na introdução de normas, regulamentos e programas que visam, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação dos sistemas de apoio à conscientização da população e manutenção dos diversos componentes do sistema de drenagem e outros. Em suma, tais medidas não-estruturais podem ser estabelecidas como instrumentos para a melhoria da gestão dos recursos hídricos, no caso o IPTU com base hidrológica.

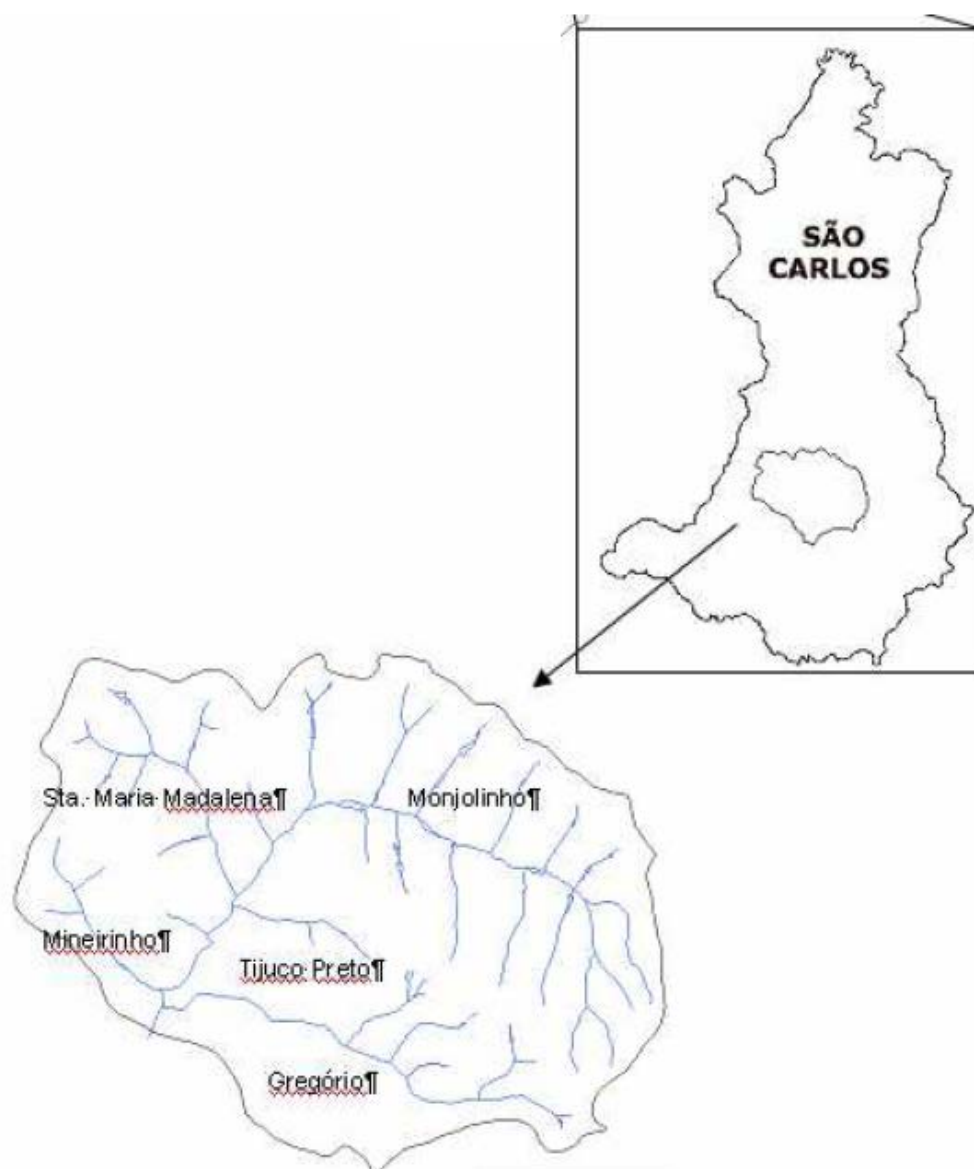
Nesse sentido, a proposta se baseia em incluir no cálculo de IPTU “tradicional” uma componente ambiental com base em variáveis hidráulicas e hidrológicas, denominando-o como “IPTU Hidrológico”, conforme metodologia proposta por Mendião (2007).

Conseqüentemente, a partir da aplicação do IPTU com base hidrológica - como instrumentos de gestão - pode-se, finalmente, elaborar diferentes cenários prospectivos em escala de lote, de modo a obter um diagnóstico da influência de aplicação de medidas estruturais no grau de neutralidade dos impactos das águas urbanas. De forma que a construção de cenários foi baseada nos estudos denominados Millenium Ecosystem Assesment

(MA) - um programa de trabalho internacional sobre os impactos que as mudanças nos ecossistemas causam ao bem-estar humano e as opções de respostas a essas mudanças - foi desenvolvido com o intuito de atender às necessidades de informações científicas dos tomadores de decisões.

## MATERIAIS E MÉTODOS

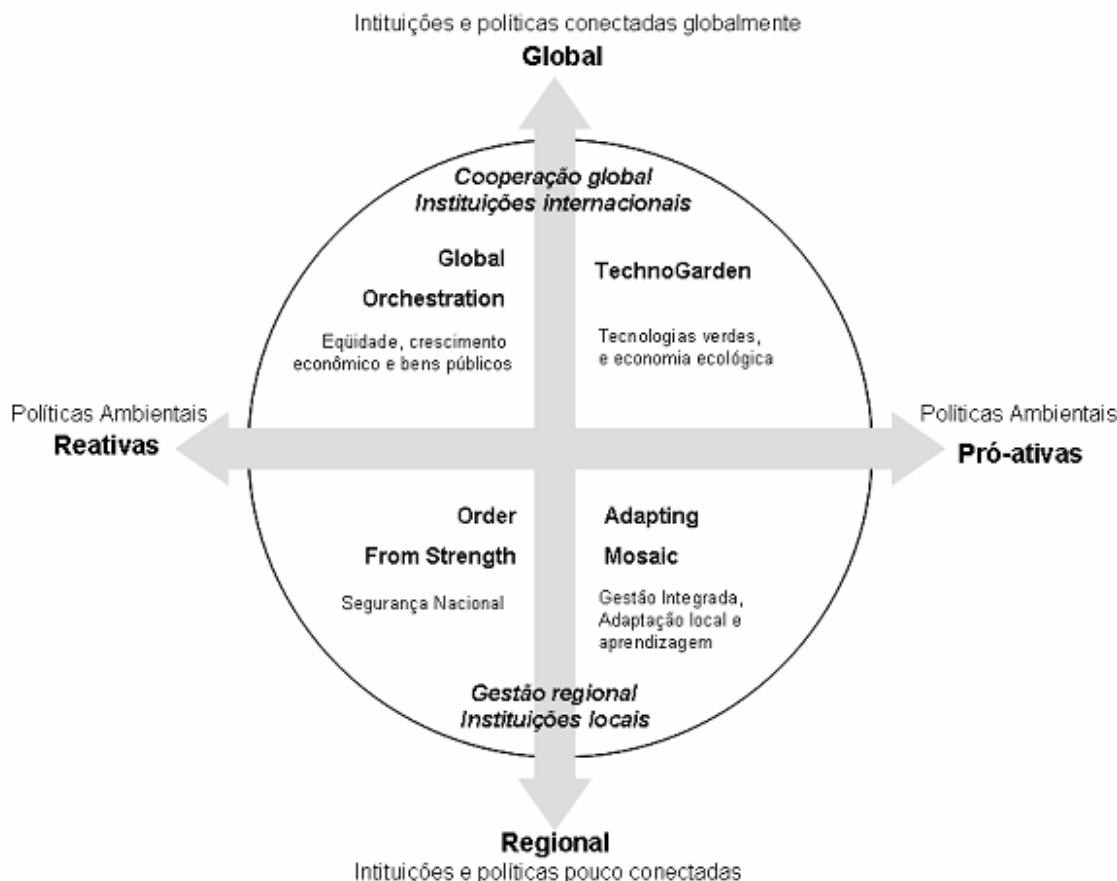
A área em estudo é a sub-bacia do Mineirinho (5,7 Km<sup>2</sup>), pertencente à bacia do Monjolinho (78 Km<sup>2</sup>) (Figura 1). Para determinação do IPTU foi escolhido um lote dentro da área de estudo com área 200m<sup>2</sup>.



**Figura 1: Localização do lote urbano (subbacia do Monjolinho)**  
(SOUZA, 2008)

Neste trabalho, desenvolveram-se quatro cenários globais prospectivos (Figura 2), que exploraram duas linhas de desenvolvimento global: globalizado e regionalizado; e duas abordagens diferentes de gestão dos ecossistemas: uma com ação reativas, e outra em que a gestão dos ecossistemas é pró-ativa com políticas de longo prazo (MA- SCENARIO WORKING GROUP, 2005).

Seguindo a AEASC (2009) que instituiu o Código de Obras da cidade, para o lote urbano de 200m<sup>2</sup>, consideraram-se tempos de retorno ( $Tr$ ) entre 0,5 a 10 anos, sob a suposição que a relação IDF permaneça constante no tempo em escala prospectiva de cenários: atual, 2025 e 2040.



**Figura 2: Estrutura dos cenários**  
(MA, 2005)

A precipitação utilizada foi a média anual de 1200 mm extraída de SOUZA (2008). O potencial de armazenamento de água no solo foi obtido em termos de CN e a vazão obtida através da precipitação máxima. A determinação do Curve Number (CN), para o tipo de solo "B", foi baseada em TUCCI (1998). Considerou-se valor venal do imóvel de R\$50.000,00. Assim, a alíquota para cálculo do IPTU é de 0,7%. Portanto, partiu-se de um valor aproximado de IPTU para 200m<sup>2</sup>, em 2005, de R\$535,00.

### IPTU com base hidrológica

O IPTU com base hidrológica proposto promove incentivos ambientais, em valores monetários (R\$), partindo das seguintes variáveis (equação 1):

- se  $\Delta S(t) \neq 0$ , então calcular:  $IPTU(t)_S = f_2(t, \Delta S)$ ;
  - se  $\Delta Q_{m\acute{a}x}(t) \neq 0$ , então calcular:  $IPTU(t)_{Q_{m\acute{a}x}} = f_1(t, \Delta Q_{m\acute{a}x})$ ;
- equação [1]

Em que:

$\Delta Q_{m\acute{a}x}(t)$  : variação máxima de vazão

$\Delta S(t)$ : variação máxima de armazenamento

Assim, o IPTU do Código de Obras é um balanço dos impactos de  $f_1$  e  $f_2$  (equação 2) a partir de pesos dados no Plano Diretor (Mendonça, 2007):

$$IPTU(t)_{\text{Código\_de\_Obras}} = (W1 \cdot IPTU(t)_{S_{\max}}) + (W2 \cdot IPTU(t)_{Q_{\max}}) \text{ equação [2]}$$

sendo  $W1 + W2 = 1$ ; em que  $0 \leq W1 \leq 1$ ;  $0 \leq W2 \leq 1$ .

Em um segundo momento, foram analisadas as medidas compensatórias de contenção e reaproveitamento de águas pluviais, na forma de:

$$IPTU(t)_{\text{negociado}} = IPTU(t)_S$$

Desta forma, as metodologias adotadas para o cálculo do IPTU hidrológico com base na variação do armazenamento máximo e vazão máxima podem ser verificadas abaixo.

### ARMAZENAMENTO MÁXIMO

Com os valores de CN e CN médio para cada cenário é possível calcular uma série de parâmetros vinculados ao escoamento superficial do lote estudado. Os cálculos da capacidade de armazenamento do solo ( $S_{\text{médio}}$ ), precipitação ( $P^*$ ), perdas iniciais ( $Ia$ ), escoamento ( $Pe$ ) e infiltração durante o escoamento ( $Fa$ ) são efetuados a partir das seguintes equações.

O IPTU em questão é calculado de acordo com os valores de potencial de armazenamento de água no solo.

Armazenamento de água (equação 3)

$$S_{\text{médio}} (mm) = \frac{25400}{CN_{\text{médio}}} - 254 \text{ equação [3]}$$

onde  $CN_{\text{médio}}$  é (equação 4)

$$CN_{\text{médio}} = \sum CN_i \cdot xA_i \text{ equação [4]}$$

Perdas iniciais (equação 5)

$$Ia_{\text{médio}} = 5\% S_{\text{médio}} \text{ equação [5]}$$

Lâmina de escoamento (equação 6)

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \text{ equação [6]}$$

Essa equação é válida para  $P > Ia$  e  $PE$ ,  $P$ ,  $Ia$  e  $S$  são dados em (mm).

Equação da continuidade (equação 7)

$$Fa = P - Pe - Ia \text{ equação [7]}$$

Ainda, adota-se uma relação proporção de  $Ia = 0,05 \cdot S$ , verifica-se  $C = Pe \cdot P^{-1}$  e considera-se o  $CN$  como um coeficiente adimensional tabelado para uso e ocupação, enquanto  $P$  é obtido de curvas IDF locais.

Correção do IPTU tipo 1 (equação 8)

$$IPTU_{\text{ano}} = IPTU_{\text{ano-base}} \cdot \left(1 - \frac{Smáx_{\text{ano}} - Smáx_{\text{ano-base}}}{Smáx_{\text{ano-base}}}\right) \text{ equação [8]}$$

## VAZÃO MÁXIMA

Foi avaliada também a possibilidade de implantação de um IPTU hidrológico com base nas vazões máximas de escoamento superficial geradas no lote.

Intensidade da chuva – Curva IDF (equação 9)

$$i(mm/h) = \frac{1519 \times Tr^{0,236}}{(d + 16)^{0,935}} \quad \text{equação [9]}$$

onde d = minutos e Tr = anos.

Vazão – Método Racional (equação 10)

$$Q(m^3/s) = 0,278 \cdot i_{\text{crítico}} \cdot CE \cdot A \quad \text{equação [10]}$$

onde  $i_{\text{crítico}}$  = mm/h e A = Km<sup>2</sup>. O coeficiente de escoamento é dado por: CE = Pe/P.

Correção do IPTU tipo 2 (equação 11)

$$IPTU_{ano} = IPTU_{ano-base} \cdot \left(1 + \frac{Q_{máx_{ano}} - Q_{máx_{ano-base}}}{Q_{máx_{ano-base}}}\right) \quad \text{equação [11]}$$

## RESULTADOS ESPERADOS

Uma abordagem inovadora da aplicação do IPTU Hidrológico será a elaboração de diferentes cenários prospectivos (2025 e 2040), em que serão aplicadas condições diversas relativas à capacidade de armazenamento de água no solo, à vazão máxima e à adoção de medidas compensatórias de drenagem urbana. De forma a se obter um diagnóstico da influência de cada condição no valor final de IPTU com base hidrológica a ser cobrado.

A tabela 1 apresenta as características de uso e ocupação do solo do cenário de ano base (2010).

**Tabela 1: Características do lote urbano de 200m<sup>2</sup>**

Uso e ocupação	CN	Área (m <sup>2</sup> )
área impermeável	98	100
área impermeável conectada	100	36
solo descoberto	82	10
Vegetação	68	30
Gramma	66	24

A partir da tabela anterior, foi obtido um valor de CN<sub>médio</sub> de 89,22 para o lote de 200m<sup>2</sup> e assim, de acordo com a equação de continuidade, foram calculados o armazenamento máximo, perdas e a lâmina de escoamento formada (Tabela 2).

**Tabela 2: Precipitação, Armazenamento, Perdas e Lâmina de Escoamento**

Precipitação (mm)	1200
Armazenamento de água	74,12298
Perda (I <sub>médio</sub> )	3,706149
Lâmina de Escoamento	1126,496

As tabelas 3, 4, 5 e 6 apresentam as considerações relativas ao uso e ocupação do solo para cada cenário prospectivo: Global Orchestration, Order from Strength, Adapting Mosaic e TechnoGarden, respectivamente.

**Tabela 3: Características do lote urbano pertencente ao cenário Global Orchestration**

Cenário	G.O.	2025	G.O.	2040
	m²	CN	m²	CN
Área Impermeável	40	98	110	98
Área Impermeável diretamente conectada	104	100	44	100
Solo Descoberto	14	82	14	82
Medidas compensatórias	-	-	-	-
Vegetação	12	68	12	68
Gramma	30	66	20	66
Área Total (m²)	200	-	200	-
CN global		90,68		92,32
Armazenamento S (mm)		26,11		21,13

**Tabela 4: Características do lote urbano pertencente ao cenário Order from Strength**

Cenário	O.S.	2025	O.S.	2040
	m²	CN	m²	CN
Área Impermeável	50	98	110	98
Área Impermeável diretamente conectada	104	100	60	100
Solo Descoberto	14	82	16	82
Medidas compensatórias	-	-	-	-
Vegetação	24	68	7	68
Gramma	8	66	7	66
Área Total (m²)	200	-	200	-
CN global		92,34		95,15
Armazenamento S (mm)		21,07		12,95

**Tabela 5: Características do lote urbano pertencente ao cenário Adapting Mosaic**

Cenário	A.M.	2025	A.M.	2040
	m²	CN	m²	CN
Área Impermeável	100	98	94	98
Área Impermeável diretamente conectada	36	100	32	100
Solo Descoberto	6	82	6	82
Medidas compensatórias	+	-	+	-
Vegetação	32	68	42	68
Gramma	26	66	26	66
Área Total (m²)	200	-	200	-
CN global		88,92		87,38
Armazenamento S (mm)		31,65		36,68

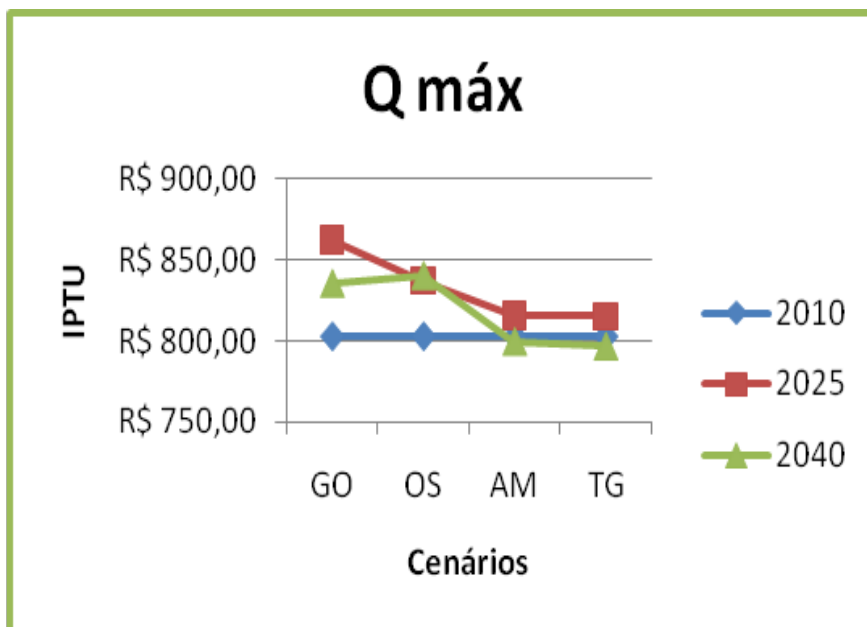
**Tabela 6: Características do lote urbano pertencente ao cenário TechnoGarden**

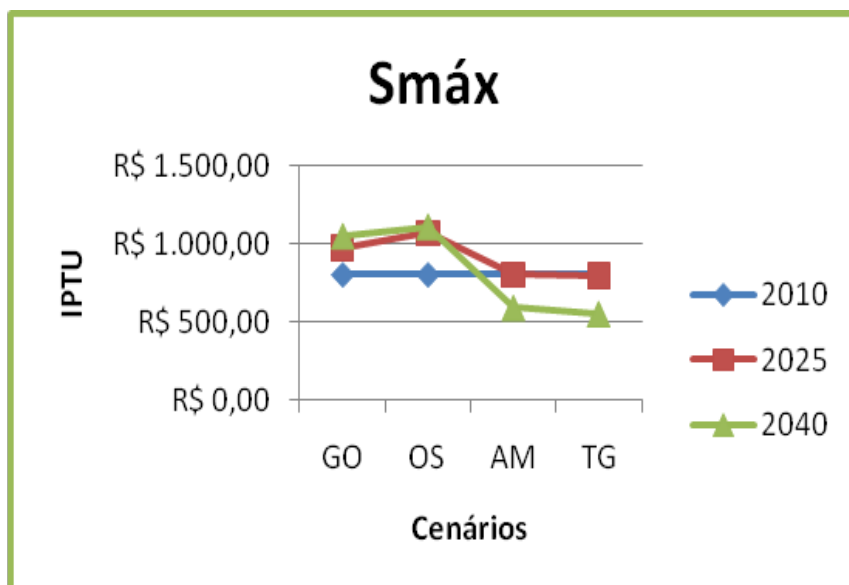
Cenário	T.G.	2025	T.G.	2040
	m²	CN	m²	CN
Área Impermeável	100	98	100	98
Área Impermeável diretamente conectada	36	100	36	100
Solo Descoberto	8	82	6	82
Medidas compensatórias	+	-	+	-
Vegetação	32	68	34	68
Gramma	24	66	24	66
Área Total (m²)	200	-	200	-
CN global		88,92		88,94
Armazenamento S (mm)		31,65		31,59

Conforme destacado anteriormente, o IPTU Hidrológico representa uma comparação do aumento do IPTU em relação aos impactos causados pela urbanização de uma determinada área. Portanto foram analisadas as duas questões inerentes à vazão máxima e ao armazenamento máximo e ao final, efetuou-se o cálculo do IPTU total a partir da ponderação dessas variáveis.

No entanto, vale ressaltar que poderiam ter sido incluídas outras componentes referentes às cargas poluidoras, resíduos sólidos, pegada hídrica, avanço do próprio valor do IPTU baseado na inflação do país e outras questões impactantes, o que gera possibilidades para diversos trabalhos futuros.

Na figura 2 pode-se observar a evolução dos valores de IPTU com relação a variável Q<sub>máx</sub>. Enquanto, na figura 3, constam os valores de IPTU obtidos a partir da variável S<sub>máx</sub>.

**Figura 2 - Comparação dos valores de IPTU de vazão para os cenários.**



**Figura 3 - Comparação dos valores de IPTU de vazão para os cenários.**

Por fim, após a análise dos dois tipos de IPTU, pode-se chegar ao IPTU total através da sua ponderação de influência na drenagem urbana 30% do primeiro e 70% do segundo (MENDIONDO, 2007), como pode ser visualizado na tabela abaixo.

**Tabela 7 - Valores de IPTU total para os cenários prospectivos**

Total	IPTU			
	GO	OS	AM	TG
<b>2010</b>	R\$ 802,50	R\$ 802,50	R\$ 802,50	R\$ 802,50
<b>2025</b>	R\$ 938,89	R\$ 999,63	R\$ 806,43	R\$ 802,00
<b>2040</b>	R\$ 984,11	R\$ 1.027,11	R\$ 654,16	R\$ 625,46

Por conseguinte, pôde ser verificada a tendência do cenário *Order from Strength* em ser o mais drásticos de todos, já que a sociedade mostra-se despreocupada em relação as questões ambientais. Por outro lado, em cenários – como o *TechnoGarden* - em que a sociedade otimiza os serviços ambientais, com o emprego de medidas estruturais de drenagem (trincheiras de infiltração, telhados verdes, pisos impermeáveis, etc), o valor de IPTU hidrológico apresenta-se numa taxa reduzida.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho contribuiu para a verificação da importância do estabelecimento de medidas não-estruturais como instrumentos para a melhoria da gestão dos recursos hídricos, no caso o IPTU com base hidrológica, pois os parâmetros analisados exercem influência significativa sobre a drenagem urbana e seus impactos.

No caso dos cenários prospectivos, notou-se a forte influência no valor final do IPTU hidrológico quando são adicionadas medidas compensatórias estruturais (telhado verde, trincheiras de infiltração, etc.) à drenagem urbana, de forma a mostrar a relevância de suas aplicações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AEASC/PMSC (2009) Associação de Engenheiros, Arquitetos e Agrônomos de São Carlos, **Código de Obras de São Carlos**, Minuta Preliminar, 98p.
2. BRASIL – GOVERNO FEDERAL. **Lei 11.445/07, Política Nacional de Saneamento Ambiental**, 2007, Presidência da República, Acesso em: 20/04/2010 [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)
3. MENDIONDO, E M. **What stormwater runoff P.E.T. do we know towards a 3<sup>rd</sup>G water balance?**. 2010. Virtual Water Problem #3, SHS5890, Recursos Hídricos: Aspectos Quantitativos, PPG-SHS EESC/USP, Apostila, 15p.
4. MENDIONDO, E.M. **Scenarios Water Capital Powered by Early-Warning Systems**. 2007. Submitted to Japan Hydrology. Res. Letters on 23 March (2007).
5. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA), **Scenario Working Group (2005) Four Scenarios**, In S. R. Carpenter, P.L. Pingali, E.M. BENNETT, M.B. ZUREK (editors). *Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*, Island Press: Washington, v.2., Chapter 8, p. 223-294.
6. SOUZA, T. F. **Drenagem urbana sob cenários de longo prazo visando incentivos ambientais**. São Carlos, 2007. Originalmente apresentada como Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2008.
7. TUCCI, C. E. M.. **Modelos Hidrológicos**. Editora da UFRGS e ABRH, Porto Alegre, 1998.