

UTILIZAÇÃO DE POLDER PARA CONTROLE DE ENCHENTES

Solução ou Problema?

Matheus Martins de Sousa¹; Osvaldo Moura Rezende²; Marcelo Gomes Miguez³ & Paulo Canedo de Magalhães⁴

RESUMO --- A utilização de um *polder* como ferramenta no controle de cheias urbanas tem sido uma medida amplamente adotada para solucionar as inundações em regiões ribeirinhas da Baixada Fluminense. Porém, essa solução, quando adotada em série ao longo do trecho de um rio, concomitante com os diques de proteção dos *polders*, podem reduzir as seções de escoamento ao longo do trecho, acarretando elevações significativas do nível d'água do rio. Neste trabalho é apresentada uma situação real em que a implantação generalizada de *polders* gerou um mau funcionamento do sistema. Além disso, foi estudada, com o auxílio de um modelo hidrodinâmico, uma proposta para desativar um *polder*, através da retirada de parte do dique de proteção, como solução para o problema de sobrelevação de níveis d'água.

ABSTRACT --- The proposition of polders as a measure for urban flood control has been widely used to solve the flood problems in riverine low land areas of Baixada Fluminense. However, this solution, when systematically used over long river reaches, may cause undesirable elevation of water levels. This work presents a real situation where the use of a sequence of polders in a river raised its water level. Besides, in this work it was also studied a proposal to remove part of a polder dike, with the aid of a hydrodynamic model, as a solution to this problem.

Palavras-chave: Modelagem hidrodinâmica, renaturalização, drenagem urbana.

¹ Aluno de Mestrado do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ – matheus@hidro.ufrj.br

² Aluno de Mestrado do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ – om.rezende@hidro.ufrj.br

³ Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro – mgmiguez@gmail.com

⁴ Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro – canedo@hidro.ufrj.br

1. INTRODUÇÃO

Uma das medidas estruturais clássicas na drenagem urbana para a proteção de regiões ribeirinhas é a implementação de diques e *polders*. Assim a região fica protegida de um possível extravasamento do rio durante a cheias.

Uma das desvantagens da construção de diques é que hidráulicamente o dique reduz a seção de escoamento e pode provocar aumento da velocidade e dos níveis de inundação (TUCCI, 2007), como pode ser visto na Figura 1.

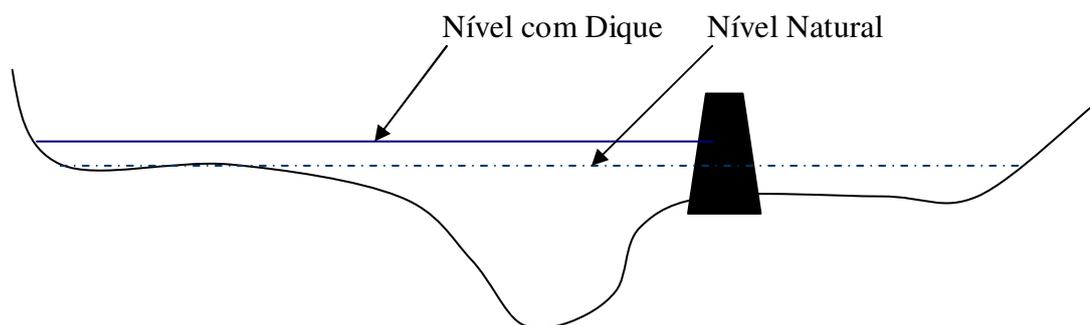


Figura 1 - Redução da seção de escoamento provocado pela implantação de um dique

Assim quando a solução por implantação de diques é sistematicamente adotada ao longo de um grande trecho do rio o efeito da elevação do nível d'água pode vir a se tornar um problema para a própria manutenção dos diques, que passam a necessitar de uma cota para a crista mais elevada.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a situação do trecho inferior do rio Iguaçu, na qual a o uso irrestrito de diques acarretou na ampliação dos níveis d'água e, também, estudar uma possível renaturalização do *polder* Cidade dos Meninos, como uma solução para rebaixar os níveis d'água no rio Iguaçu.

2. ÁREA DE ESTUDO E O PROBLEMA DE CHEIAS NO RIO IGUAÇU

O *Polder* Cidade dos Meninos localiza-se no Município de Duque de Caxias e é compreendido em uma área delimitada a leste pela margem direita do rio Pilar, a oeste pela margem esquerda do rio Capivari e a sul pelo trecho inferior do rio Iguaçu, como observado na Figura 2. O *polder* drena uma área com cerca de 15 km².

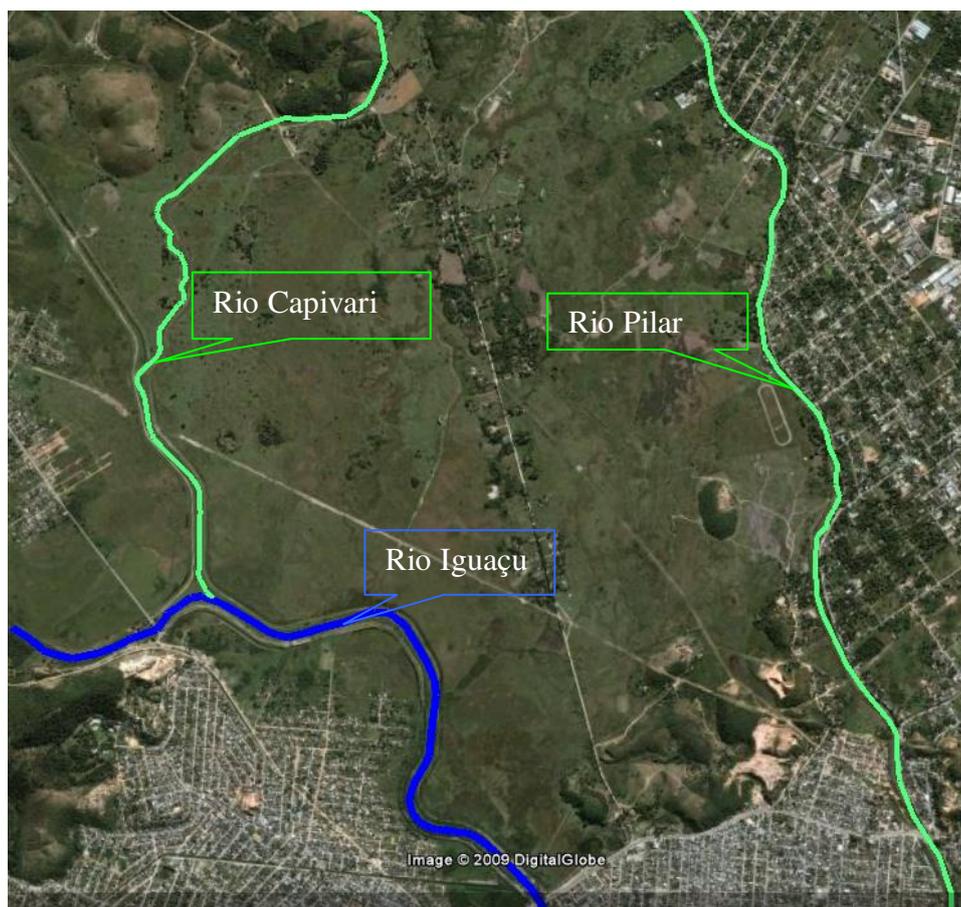


Figura 2– Região do polder Parque Cidade dos Meninos

O trecho inferior do rio Iguaçú, localizado entre a confluência do rio Botas e sua foz na Baía de Guanabara, é em quase toda a sua extensão margeado por *polders*, tendo assim sua calha restringida em ambas as margens por diques, como visto na Figura 3. Essa situação agrava as cheias da região, uma vez que as seções de escoamento do rio estão confinadas e o rio não tem áreas de várzeas para extravasamentos, acarretando o aumento do nível d'água.

No passado, os diques existentes ao longo dos rios que margeiam o *polder* Cidade dos Meninos foram construídos com o objetivo de proteger a área interna do polder das cheias desses rios. Atualmente, a região do Polder Cidade dos Meninos possui baixo grau de ocupação, apresentando apenas isoladas habitações ao longo da estrada Caioaba.

Sendo essa região um vazio urbano, uma das questões importantes a ser considerada é a utilização da área interna do *polder* como área de armazenamento para o rio Iguaçú, possibilitando a renaturalização desse trecho. Essa questão é atualmente importante, uma vez que essa região é de interesse da prefeitura de Duque de Caxias para uma futura expansão urbana.

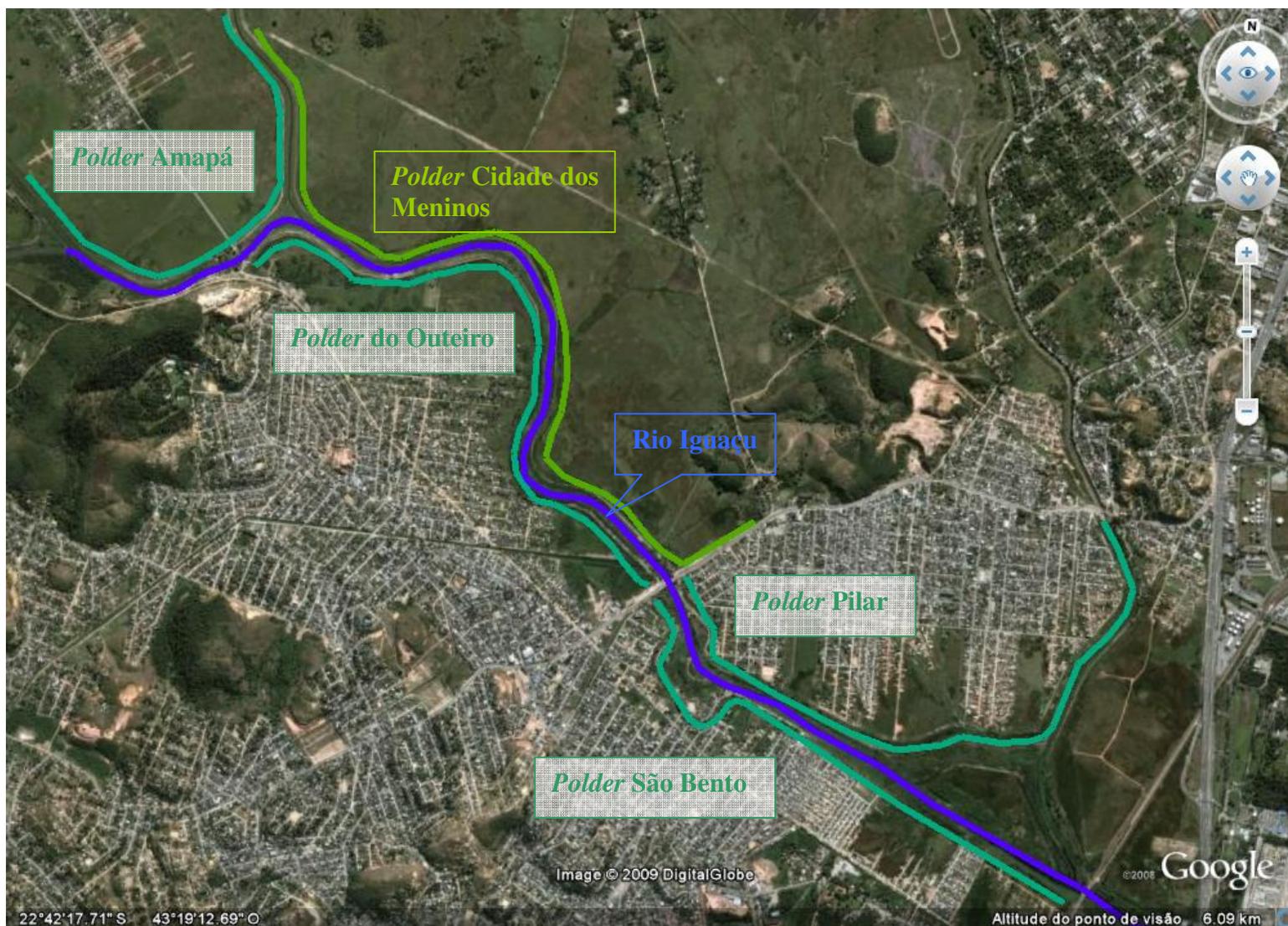


Figura 3- Polders que ocupam o trecho inferior do rio Iguaçu

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi baseado em um estudo desenvolvido pelo Laboratório de Hidrologia e estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ, dentro projeto do Plano Diretor de Recursos Hídricos, Controle de Inundações e Recuperação Ambiental da Bacia do Rio Iguaçu/Sarapui. Esse estudo tem como objetivo avaliar e dimensionar o comportamento hidrológico de vários cenários para a utilização da área interna do *Polder* Cidade dos Meninos como área para amortecimento das cheias do rio Iguaçu. Para esse fim, foi utilizado como ferramenta de modelagem o Modelo de Células de Escoamento – Mod-CEL, desenvolvido por Miguez e Mascarenhas (2005), e com apoio de um modelo hidrológico capaz de gerar vazões a partir de chuvas de projeto, modelo Hidro-Flu, desenvolvido por Magalhães (2005).

4. SISTEMA DE MODELAGEM HIDRODINÂMICA – MODELO DE CÉLULAS DE ESCOAMENTO

As bacias de rios naturais ou canalizados, em áreas urbanas, geralmente em áreas aproximadamente planas, têm potencial para formar grandes áreas alagáveis. Ao sair da rede de drenagem, o caminho da água pode ser qualquer, ditado pelos padrões de urbanização. Calçadas marginais tornam-se vertedouros para os rios, cujas águas extravasadas ao chegarem às ruas fazem destas verdadeiros canais, podendo alagar construções, parques ou praças, que então podem funcionar como reservatórios, indesejadamente, concentrando águas que não retornarão à rede de drenagem.

Nessa situação, pode-se perceber que águas extravasadas podem ter comportamento independente da rede de drenagem, gerando seus próprios padrões de escoamento, especialmente, quando a micro-drenagem não corresponde à função que dela se espera. Em um caso extremo, onde a micro-drenagem não funcione, o que não é incomum, por falhas de manutenção e entupimentos, por exemplo, ou onde ela estiver sub-dimensionada, alagamentos em áreas urbanas podem-se iniciar mesmo sem extravasamento da rede de macro-drenagem, gerando também um padrão de escoamento particular e distinto daquele dos canais.

Nesse contexto, percebe-se que há indicações para o uso do modelo de células. A representação do espaço urbano através de compartimentos homogêneos, que cobrem toda a superfície da bacia e faz toda ela se integrar e interagir em função do escoamento que sobre ela ocorre caminha ao encontro dos objetivos da modelação das enchentes urbanas.

As células podem representar a natureza isoladamente ou em conjuntos, formando estruturas mais complexas. Um conjunto resumido de tipos de células pode eventualmente já fornecer grande capacidade de representação, ao se pensar em suas possíveis associações. Porém, a definição do conjunto de tipos de ligação, que são representativas de leis hidráulicas que traduzem determinados escoamentos, pode fazer grande diferença na tentativa de reproduzir a multiplicidade dos padrões de escoamento de um cenário urbano.

A atividade de modelação topográfica e hidráulica deve então contar com um conjunto pré-definido de tipos de célula e de tipos possíveis de ligações entre células. A Figura 4 mostra, esquematicamente, os tipos de células existentes em uma situação típica da paisagem urbana, bem como as funções assumidas por estas células.

Conjunto tipo de células pré-definido:

- de **rio**, ou **canal**, por onde se desenvolve o escoamento principal da drenagem à céu aberto, podendo ser a seção simples ou composta;
- de **galeria**, subterrânea, complementando a rede de drenagem;
- de **planície**, para a representação de escoamentos a superfície livre em planícies alagáveis, bem como áreas de armazenamento, ligadas umas às outras por ruas, englobando também áreas de encosta, para recepção e transporte da água precipitada nas encostas para dentro do modelo, áreas de vertimento de água de um rio para ruas vizinhas e vice-versa e áreas de transposição de margens, quando é preciso integrar as ruas marginais a um rio e que se comunicam através de uma ponte;
- de **reservatório**, simulando o armazenamento d'água em um reservatório temporário de armazenamento, dispondo de uma curva cota x área superficial, a partir da qual, conhecendo-se a variação de profundidades, pode-se também conhecer a variação de volume armazenado. A célula tipo-reservatório cumpre o papel de amortecimento de uma vazão afluente.

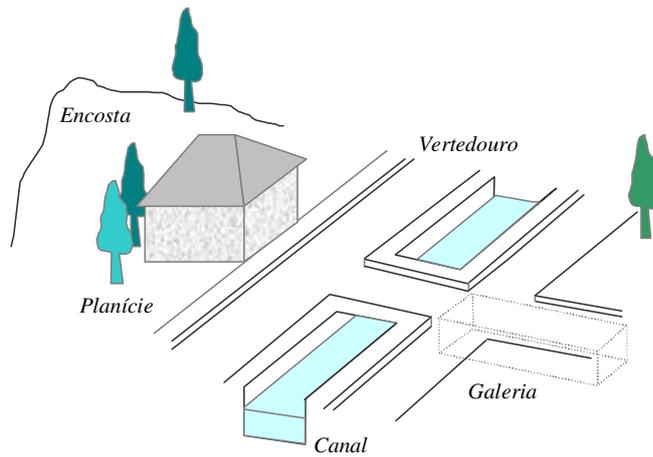


Figura 4- Tipos de célula

Na Figura 5 é apresentada uma representação, mostrando o escoamento superficial das encostas para a região alagável e as interações entre estas, os vertedouros e os rios. A definição dos limites das áreas alagáveis, mostrada nestas figuras, por exemplo, pode-se dar por marcas de inundações históricas mapeadas para a bacia.

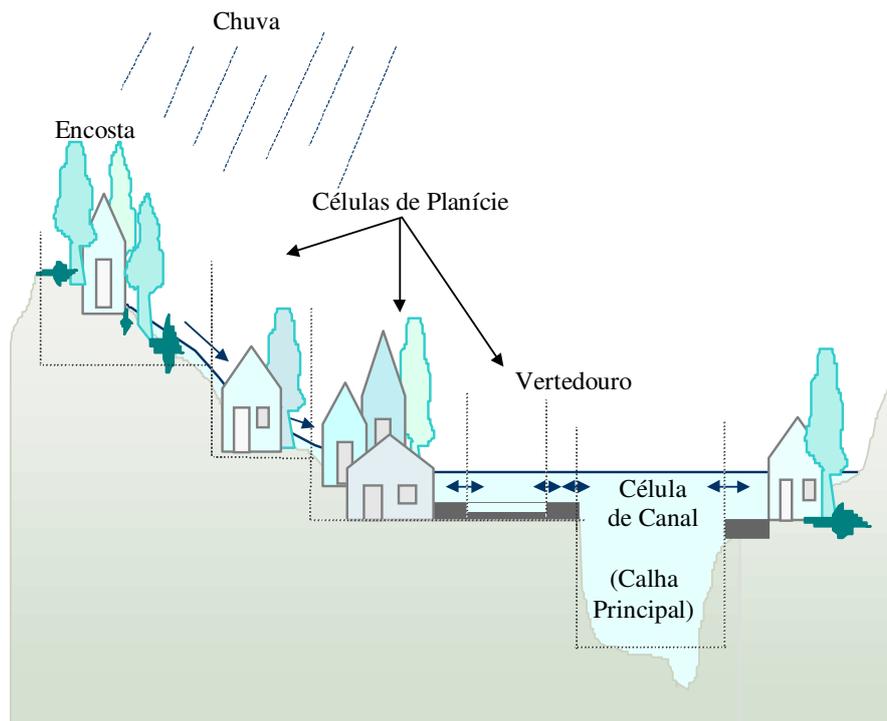


Figura 5 - Representação por células da região apresentada na figura 8, mostrando interfaces dos escoamentos superficiais

5. MODELAGEM DA BACIA DO RIO IGUAÇU-BOTAS

A modelagem da bacia do rio Iguaçú-Botas considera toda a bacia do rio Iguaçú-Sarapuí. A modelagem hidrodinâmica abrange o curso principal do Botas, suas planícies marginais e o trecho final do rio Iguaçú a jusante da confluência, até a sua foz na Baía de Guanabara.

Os principais cursos d'água contribuintes aos rios Iguaçú e Botas foram considerados como condições de contorno e as planícies adjacentes à calha foram discretizadas como células de escoamento, permitindo assim a análise dos escoamentos das águas mesmo fora da calha principal do rio, fornecendo níveis d'água mais condizentes com a realidade.

Os dados topográficos foram retirados de um conjunto de plantas na escala 1:10000 e 1:2000, referentes ao levantamento realizado pela fundação CIDE em 1996, abrangendo todo o curso do rio Botas desde a cabeceira da bacia até sua foz no rio Iguaçú. Também foram utilizadas seções de projeto do rio Botas provenientes dos estudos iniciais da bacia realizados pelo Laboratório de Hidrologia e Meio Ambiente da COPPE, datados de novembro de 2007 para a 1ª Fase do Projeto de Controle de Inundações e Recuperação Ambiental das Bacias dos Rios Iguaçú/Botas e Sarapuí e já em implementação pelas obras do PAC – Plano de Aceleração do Crescimento.

Para a caracterização hidrológica da região foram considerados os estudos hidrológicos do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçú-Sarapuí (SERLA, 1996).

O modelo de células do rio Botas/Iguaçú abrange o trecho que vai desde a confluência dos valões Cacua e Palmares na cabeceira da bacia, juntando-se ao rio Iguaçú mais a jusante e terminando na Baía de Guanabara após a confluência do rio Sarapuí, totalizando 79 células de canal representativas dos cursos principais desses rios, mais 227 células em seu entorno, representando a planície e o funcionamento aproximado de alguns reservatórios pulmão, como o Polder do Outeiro, totalizando 306 células. O esquema de divisão das células de escoamento pode ser observado na Figura 6 e o esquema topológico na Figura 7.

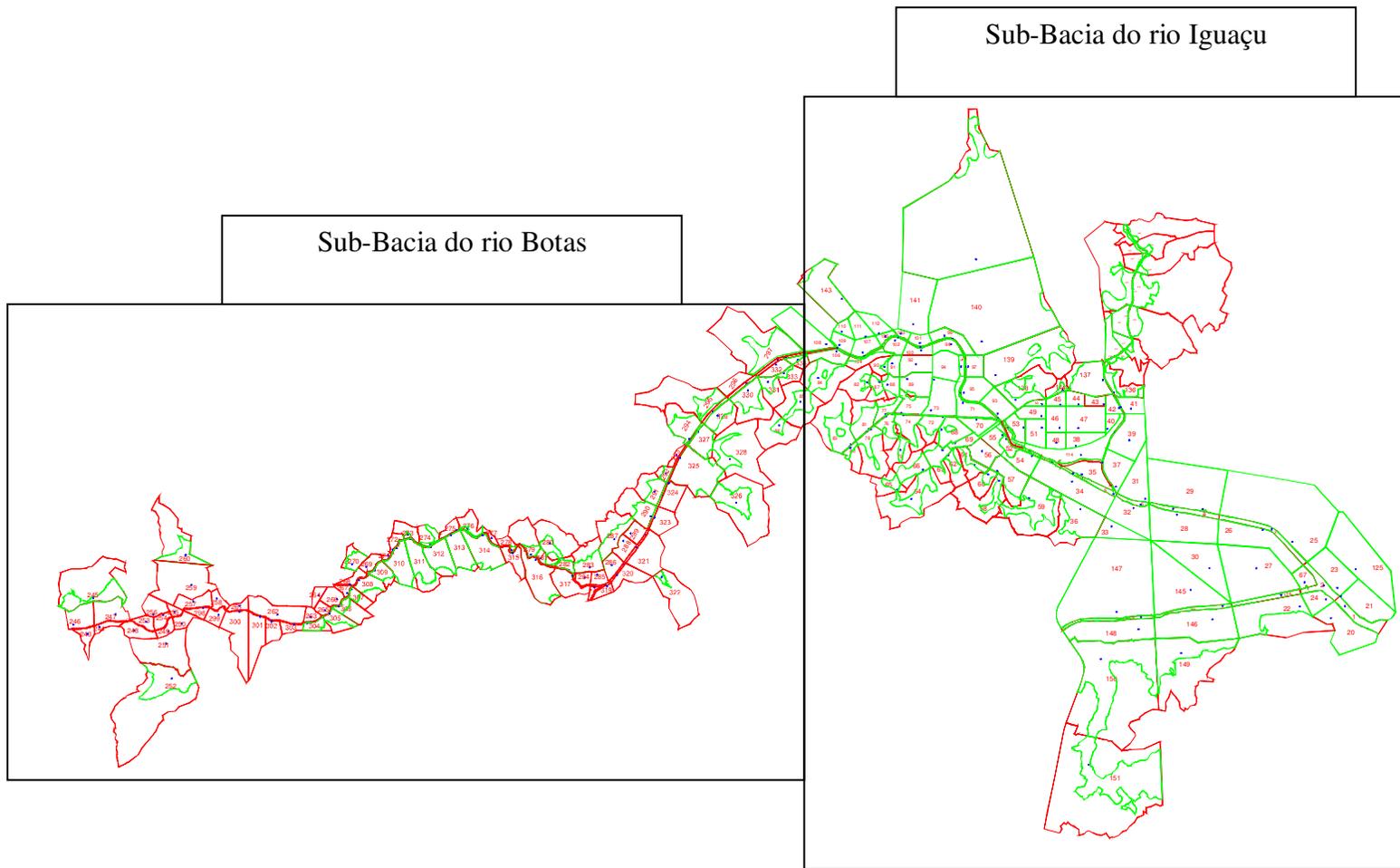


Figura 6– Células do Modelo Hidráulico do rio Iguazu-Botas

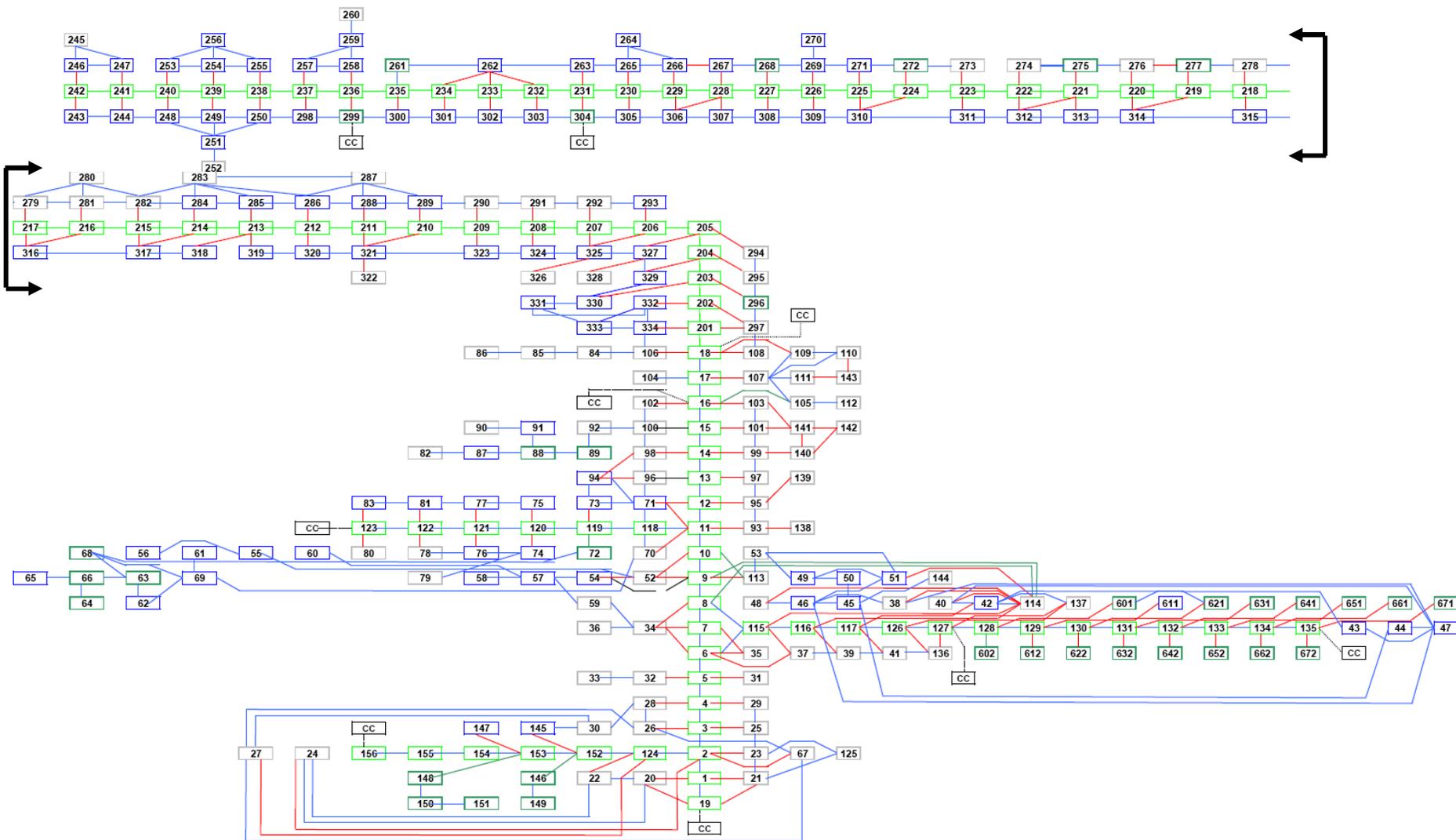


Figura 7 - Esquema topológico da Bacia do rio Botas

6. CENÁRIOS MODELADOS

Com a modelagem hidrodinâmica do rio Botas-Iguaçu pronta, foi possível simular a abertura de um trecho do dique do *polder* Cidade dos meninos, existente na margem esquerda da confluência do rio Capivari com o rio Iguaçu, num total de 100 metros de extensão, rebaixando o trecho para a cota similar a cota do terreno de 1,3 metros, como visto na Figura 8.

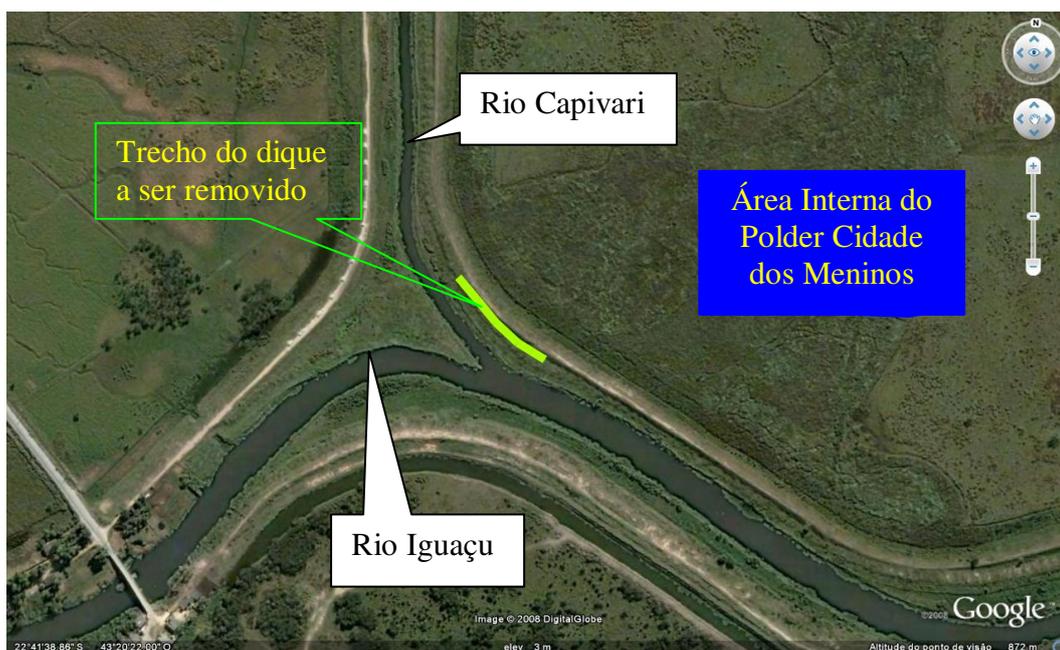


Figura 8– Localização do trecho de dique a ser retirado para permitir o extravasamento das águas dos rios Capivari e Iguaçu

Para auxiliar o poder público na tomada de decisão de qual área deverá ser parte do reservatório e qual área será destinada à expansão urbana, foram simulados 4 cenários para o *polder*.

6.1 Cenário 1

Todo a região interna ao *polder* dos meninos será passível de alagamento, uma área de cerca de 11 km², com diferentes cotas, como observado na Figura 9.



Figura 9 – Área de armazenamento no cenário 1

6.2 Cenário 2

Apenas a região às margens do rio Iguazu seria passível de alagamento, totalizando uma área de cerca de 3 km², com diferentes cotas. As demais áreas seriam urbanizadas em cotas superiores ao alagamento. A ligação entre um lado e outro da estrada da Caioaba se daria por meio de canalizações, como observado na Figura 10.



Figura 10 – Área de armazenamento no cenário 2

6.3 Cenário 3

Apenas a região às margens do rio Iguazu seria passível de alagamento, totalizando uma área de cerca de 5 km² com diferentes cotas. As demais áreas seriam urbanizadas em cotas superiores ao alagamento. A ligação entre um lado e outro da estrada da Caioaba se daria por meio de canalizações, como observado na Figura 11.



Figura 11 – Área de armazenamento no cenário 3

6.4 Cenário 4

Apenas a região entre o rio Capivari e a estrada da Caioaba seria passível de alagamento totalizando uma área de cerca de 6 km², com diferentes cotas. As demais áreas seriam urbanizadas em cotas superiores ao alagamento, como observado na Figura 12.



Figura 12 – Área de armazenamento no cenário 4

7. Resultados da Modelagem

Nas Figura 13 e Figura 14 são apresentados os perfis da linha d'água do rio Iguaçu com os tempos de recorrência de 20 e 50 anos, respectivamente. Em cada figura é apresentado o perfil nos quatro cenários modelados e na situação atual (dique fechado). É possível observar uma redução do nível máximo nas áreas próximas ao Polder Cidade dos Meninos em cerca de 20 centímetros para o tempo de recorrência de 20 anos e de 40 centímetros para o tempo de recorrência de 50 anos no cenário com maior área.

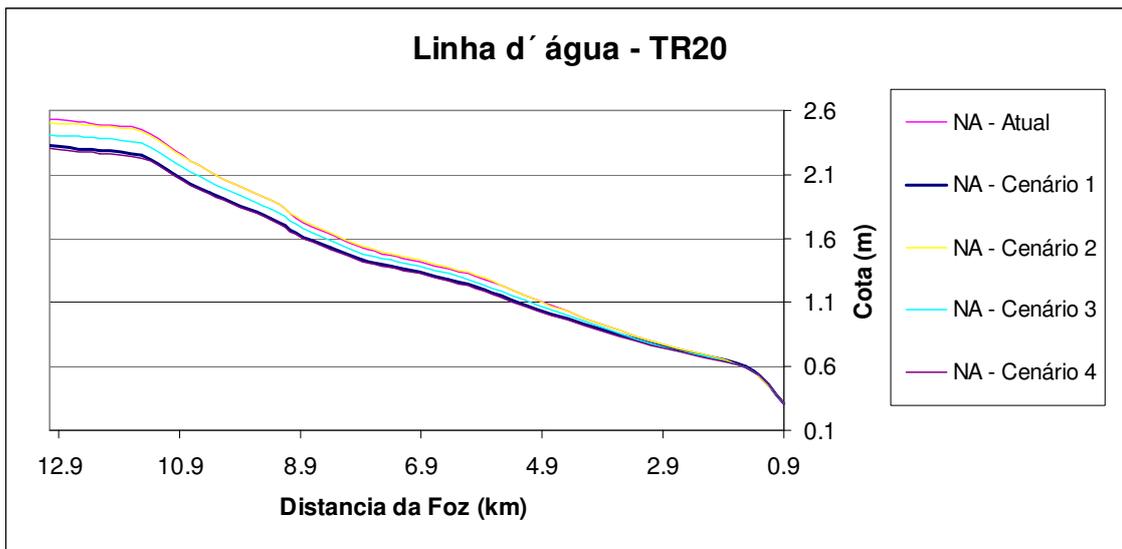


Figura 13- Perfil de Linha D'água do rio Iguaçu com TR 20 anos para os cenários modelados

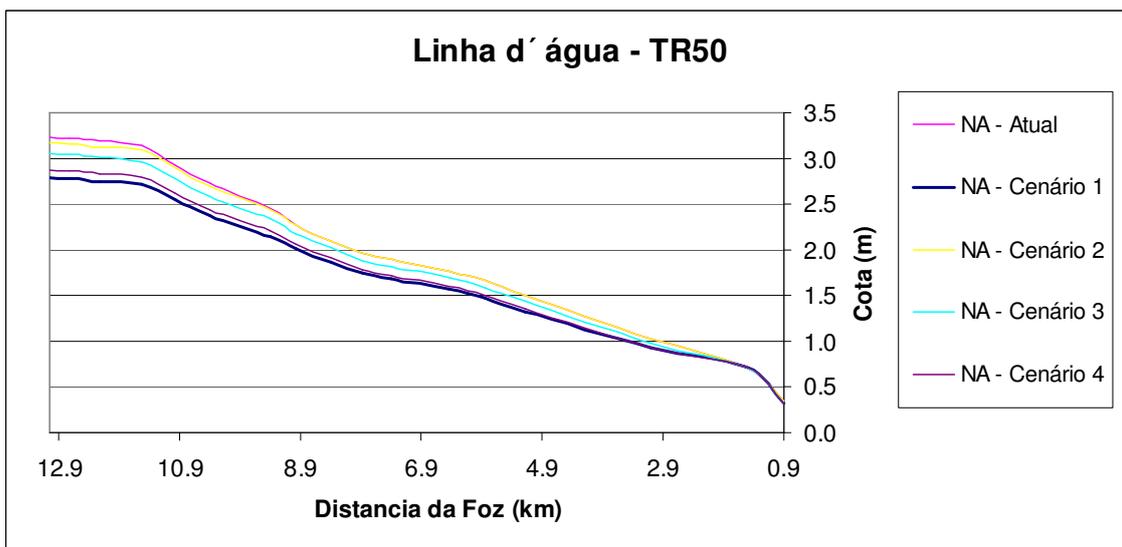


Figura 14- Perfil de Linha D'água do rio Iguaçu com TR 20 anos para os cenários modelados

Nas Figura 15 e Figura 16 são apresentados os hidrogramas correspondentes a uma seção do rio Iguazu localizada logo a jusante do *polder* Cidade dos meninos com os tempos de recorrência de 20 e 50 anos respectivamente. Em cada figura é apresentado o hidrograma para os quatro cenários modelados e para a situação atual (dique fechado). Nesses hidrogramas é possível observar uma redução de cerca de 10% do pico da cheia para o tempo de recorrência de 20 anos e de 20% para o tempo de recorrência de 50 anos, no cenário com maior área.

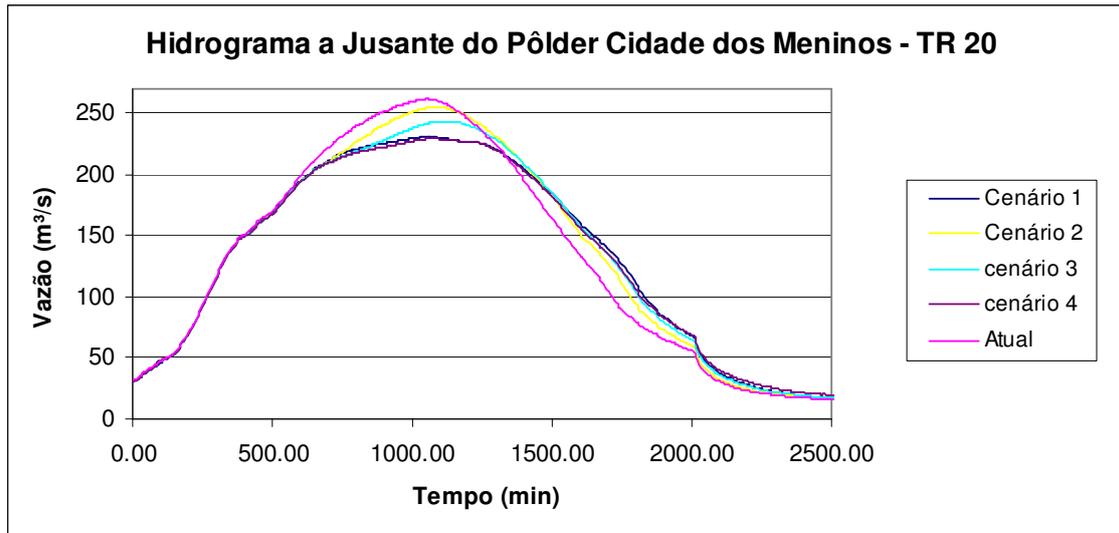


Figura 15- Hidrograma de uma seção do rio Iguazu a Jusante do Pôlder Cidade dos Meninos com TR 20 anos

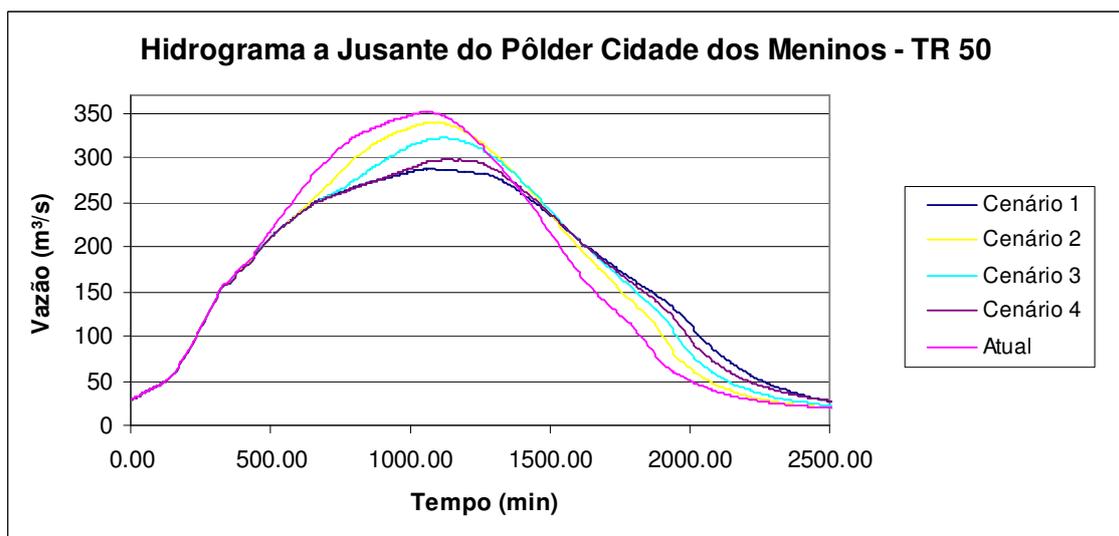


Figura 16- Hidrograma de uma seção do rio Iguazu a Jusante do Pôlder Cidade dos Meninos com TR 50 anos

8. Conclusões

Nos cenários simulados ficou evidente que quanto maior a área de armazenamento maior é o rebaixamento do nível d'água no rio Iguaçu. Porém a necessidade de espaço para expansão urbana da cidade de Duque de Caxias torna o cenário 1 impraticável.

Com auxílio dos cenários modelados, foi decidido em conjunto entre o INEA e a Prefeitura de Duque de Caxias a implementação do cenário 4, com a estrada da Caioaba sendo utilizada como dique entre a área a ser ocupada em cota condicionada e o reservatório a ser implantado.

Adotando o cenário 4, a região entre a estrada da Caioaba e o rio Pilar passa a ser uma região destinada a expansão urbana. Visando minimizar os efeitos da futura urbanização, estão sendo estudados pelo Laboratório de Hidrologia e estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ em conjunto com o INEA os futuros padrões para urbanização da região.

BIBLIOGRAFIA

- CANHOLI, A. P. (2005). *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. Oficina de Textos, São Paulo – SP, 302 p.
- MAGALHÃES, P. C.; COLONESE, B. L.; BASTOS, E. T.; MASCARENHAS, F. C. B.; MAGALHÃES, L. P. C.; MIGUEZ, M. G. (2005). “*Sistema HIDRO-FLU para apoio a Projetos de Drenagem*” in Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, Novembro 2005.
- MIGUEZ, M. G. (1994). “*Modelação Matemática de Grandes Planícies de Inundação, através de um Esquema de Células de Escoamento, com Aplicação ao Pantanal Mato-Grossense*”. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.
- MIGUEZ, M. G. (2001). “*Modelo Matemático de Células de Escoamento para Bacias Urbanas*”. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.
- MIGUEZ, M. G.; MASCARENHAS, F. C. B.; MAGALHÃES, L. P. C. (2007). “*Multifunctional Landscapes for Urban Flood Control in Developing Countries*”. International Journal of Sustainable Development and Planning, Volume 2, Issue 2.
- PÔMPEO, C. A. (2000). “*Drenagem Urbana Sustentável*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 5 n.1, pp. 15 – 23.
- SERLA, Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (1996). *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí – Ênfase: Controle de Inundações*. Relatório Final IG-RE-029-R0.
- TUCCI, C. E. M. (2007). *Inundações Urbanas*. ABRH/RHAMA, Porto Alegre – RS, 393 p.