

## **Manejo integrado de bacias urbanas e planos diretores de drenagem urbana:**

### **Porto Alegre e Caxias do Sul - RS - Brasil**

Adolfo O. N. Villanueva, Ruth Tassi e Daniel G. Allasia  
*Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul*  
Caixa Postal 15029 CEP 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil,  
adolfo@iph.ufrgs.br, rutinei@bol.com.br, dgallasia@yahoo.com

**Resumo:** A prática tradicional em projetos de drenagem urbana tem sido a de soluções localizadas dos alagamentos, o que freqüentemente resulta em que o problema é só transferido para jusante. Além de não solucionar realmente os problemas, essa política pode acabar gerando situações insustentáveis, já que o acúmulo de vazão nos trechos a jusante da bacia pode exceder em muito a capacidade de escoamento disponível (ou até a possível mediante ampliações). Outro caso que aparece é o de regiões muito planas ou, pior ainda, altas declividades seguidas de regiões planas. Nessas situações acontece uma forte transmissão de efeitos entre diferentes componentes do sistema de drenagem urbano, as vezes muito distantes entre si, e que parecem independentes. Além desses problemas, ao se considerar as bacias de maneira integral, através de uma divisão criteriosa da cidade, é geralmente possível obter soluções mais eficientes e econômicas. O desenvolvimento dos Planos Diretores de Drenagem Urbana de Porto Alegre e de Caxias do Sul não só verificou essas questões, como também evidenciou a importância de focar as bacias de forma integral. Neste trabalho são apresentados alguns dos casos mais claros de interdependência e de necessidade de tratamento conjunto dos sistemas de drenagem urbano, e como isso tem contribuído a desenvolver soluções mais completas e de melhor qualidade.

### **Introdução**

A prática tradicional em projetos de drenagem urbana tem sido a de soluções localizadas dos alagamentos. Um dos principais problemas da análise pontual de alternativas é não levar em consideração os processos resultantes da combinação dos efeitos isolados. O projeto de drenagem é realizado, na maioria das vezes, procurando resolver um problema localizado, e não são identificados os impactos que essa solução pode gerar nas regiões a jusante. Muitas vezes, uma alternativa pode ser aparentemente razoável quando pensada e planejada isoladamente, mas inviável ou ineficiente quando o conjunto da bacia é considerado.

Na elaboração dos Planos Diretores de Drenagem Urbana das cidades de Porto Alegre e Caxias do Sul, tanto a necessidade quanto a utilidade de um enfoque integrado ficaram evidentes, já que foram enfrentadas situações em que soluções puramente locais teriam sido técnica e/ou economicamente inviáveis.

Cabe mencionar que, embora este trabalho se refira às medidas estruturais de controle recomendadas, esse não foi o único enfoque adotado. Nos dois casos mencionados (Porto Alegre e Caxias do Sul), as medidas de controle na fonte, e outras de tipos não estrutural foram também incluídas, principalmente como forma de prevenir o impacto da urbanização futura.

### **Porto Alegre – Bacia do Arroio Areia**

A bacia do arroio Areia ocupa uma área de aproximadamente 12 km<sup>2</sup>, e está localizada em uma região intensamente urbanizada de cidade de Porto Alegre. A drenagem principal é realizada pelo Arroio Areia, curso principal que recebe diversas contribuições de pequenos canais ao longo do

mesmo, e na parte superior a rede se abre em seis nascentes nos morros (figura 1). A região de jusante é a mais densamente urbanizada a jusante, com predomínio de zonas comerciais e industriais. A montante a ocupação está se desenvolvendo rapidamente com ocupação principalmente residencial.

O sistema de proteção contra enchentes isola as áreas sujeitas à inundações através de um conjunto de diques, e prevê que todas aquelas regiões localizadas acima da cota 9,00 m sejam drenadas por gravidade, e as demais através de bombas. Nesta bacia, aproximadamente 95% da área é drenada por gravidade e o restante pela Casa de Bombas Sílvio Brum. Ambos os sistemas confluem para o Rio Gravataí em uma galeria composta por 2 células de 3x3m, que, por passar por baixo da pista do aeroporto de Porto Alegre não pode ser ampliada.

Para a elaboração do Plano Diretor (DEP-IPH, 2000) a bacia foi dividida em 11 sub-bacias, e a análise foi realizada para os cenários atual e futuro de ocupação. O cenário atual foi definido a partir da densidade populacional dos bairros da região, já o cenário futuro foi obtido a partir da regulamentação de uso do solo, definida no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade.



Figura 1 – Bacia do arroio Areia

As simulações realizadas para o cenário atual confirmaram os problemas observados na maior parte da rede de drenagem, já que os condutos foram insuficientes para uma chuva com só 2 anos de período de retorno. Para a ocupação futura, a situação seria ainda mais crítica, e as simulações mostraram que a rede atual ficaria gravemente sub-dimensionada.

Até recentemente, o tratamento dado aos problemas era procurar soluções locais, geralmente em resposta às queixas da população ou quando e onde a situação se tornava muito crítica.

Para ilustrar o problema, pode-se citar o caso da sub-bacia da Av Teixeira Mendes (bacia A na fig. 1), caracterizada por apresentar uma declividade muito acentuada, e baixa capacidade dos condutos da rede de drenagem. A alternativa convencional para a solução do problema, que já tinha sido projetada, era a ampliação da rede. No entanto, essa alternativa não contempla os efeitos gerados pelo acréscimo de vazão a jusante, que agravariam uma situação já problemática. A resposta ao impacto relativo à ampliação seria visível, visto que os condutos a jusante também não possuem

capacidade suficiente já para a situação atual, tornando-se completamente ineficazes a partir da ampliação da rede de montante.

O impacto resultante da ampliação da rede na região da Teixeira Mendes pode ser identificado na figura 2, para a ocupação futura, onde a diferença entre os hidrogramas para os condutos atuais e ampliados fornece uma idéia do volume de água que não consegue entrar nos condutos, e que portanto, se acumula na bacia ou escoo pelas ruas. O aumento no pico do hidrograma é da ordem de 2,40 vezes. Na realidade, o problema não seria resolvido, só transferido para jusante.

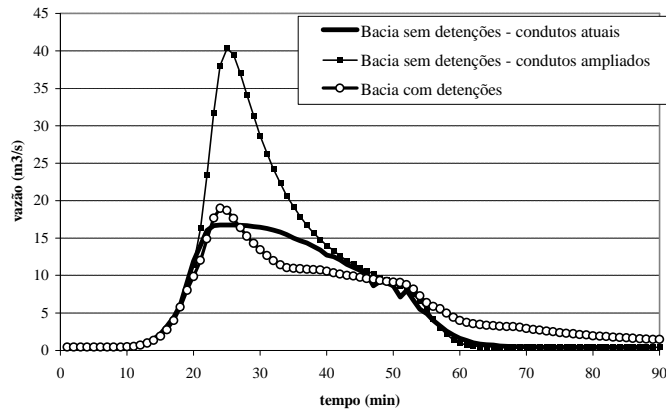


Figura 2 - Hidrogramas nos condutos atuais, ampliados e com detenções para 10 anos futuro - Bacia Av. Teixeira Mendes

Situações semelhantes à mencionada se repetem em quase todas as sub-bacias, tanto quanto aos problemas quanto ao enfoque utilizado na procura de soluções. Ou seja, a tendência seria de aumentos de vazão acumulando-se para jusante. Em teoria, a falta de capacidade dos condutos que isso geraria poderia ser resolvida com a ampliação conjunta de toda rede, mas essa solução apresenta dois problemas. O primeiro é a limitação na vazão de saída, já que canal que conduz o escoamento é extenso, e passa sob uma das pistas do aeroporto, o que torna praticamente inviável o aumento de capacidade. O outro problema é o custo de ampliar todas as redes de macrodrenagem.

Para evitar, ou pelo menos diminuir, as ampliações e as transferências de efeitos para jusante, na elaboração de plano esta sendo aplicado o conceito de controle de enchentes. Em vez de simplesmente aumentar a capacidade de escoamento, procura-se reter os volumes em excesso o mais perto possível de sua origem, em reservatórios de retenção. A figura 3 mostra a bacia mencionada e os reservatórios projetados. O objetivo dos reservatórios é a redução dos volumes escoados e o retardamento dos picos dos hidrogramas gerados na bacia, procurando eliminar a necessidade de ampliação da rede de drenagem local, e os condutos de jusante. Para complementar o estudo, uma análise econômica foi realizada para esta bacia em especial. Além de resultar em diminuição das vazões de pico, a utilização dos reservatórios resultou em um custo 50% menor (R\$ 3.000.000) que aquele da alternativa convencional de ampliação (aproximadamente R\$ 6.000.000).

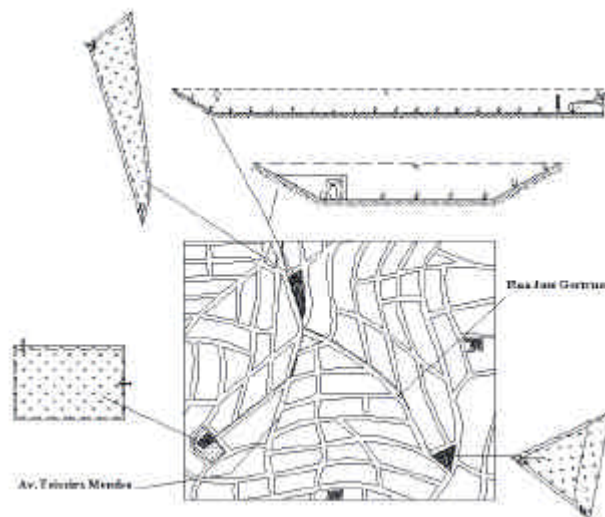


Figura 3 – Localização dos reservatórios na bacia Teixeira Mendes

No entanto, nem sempre existe espaço (viável e disponível) para fazer um reservatório nos locais onde se necessita.. Isso aconteceu por exemplo na bacia C, onde o local disponível necessitaria um volume muito grande de escavação, tornando-se uma alternativa economicamente inviável. E aí que aparece a necessidade e a vantagem de fazer o planejamento da bacia de maneira integrada. A solução adotada foi compensar a não utilização desse reservatório com a ampliação de alguns trechos, e aumento da capacidade de outros reservatórios. O efeito resultante do manejo integrado da rede de drenagem na bacia do Arroio Areia pode ser visto na figura 4, onde a vazão de pico do hidrograma tem uma redução de aproximadamente 1,9 vezes em relação à alternativa de ampliação pura. A vazão máxima que chega nas galerias de saída da bacia na situação atual (TR 10 anos) é de 30 m<sup>3</sup>/s; mas ao considerar este valor deve-se levar em conta que os alagamentos fazem a bacia funcionar como um reservatório de detenção.

Ao considerar a bacia como um todo, é possível otimizar a solução, pois o número de alternativas aumenta. Por exemplo, foi decidido não fazer reservatório na bacia C, e em compensação foram aumentadas as capacidades de outros reservatórios, onde isso era possível e barato. Em termos de custos, a solução final assim obtida pode não ser a ótima para cada sub-bacia, mas será ótima para o conjunto, ou seja, menor ou igual que a soma das soluções ótimas das sub-bacias.

Uma estimativa preliminar dos custos de implantação das alternativas foi realizada. A alternativa que contempla a simples ampliação da rede de condutos resultou em um custo de aproximadamente R\$ 43.300.000, enquanto a alternativa combinada – reservatório de detenção e aumento da capacidade dos condutos em alguns trechos – resultou em aproximadamente R\$ 23.000.000. Além de apresentar um custo 87% maior que a alternativa convencional, cabe ressaltar que a última causa um impacto menor no meio natural, menores transtornos à população que circula na região das obras, menor interferência no tráfego, e não transfere para jusante os problemas.

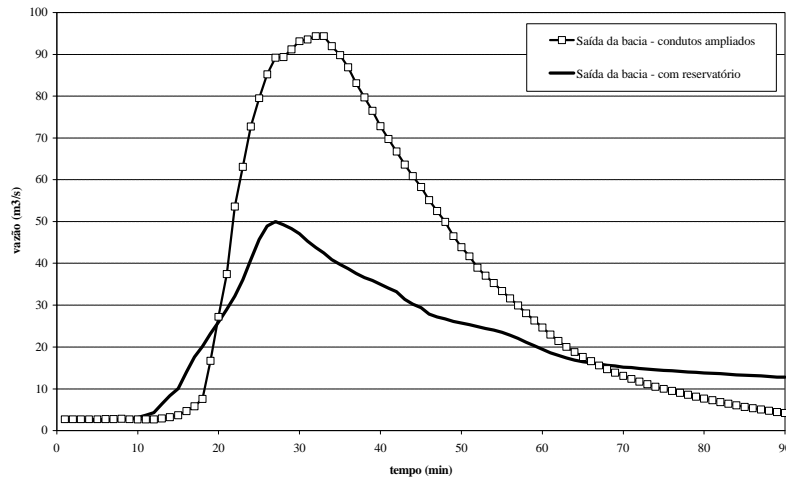


Figura 4 - Hidrogramas de toda a bacia do arroio Areia, ocupação futura,  $T_r = 10$  anos

### Caxias do Sul - Sistema Tega

Caxias do Sul tem uma população de aproximadamente 350.000 hab., e constitui um importante pólo de desenvolvimento industrial no interior do estado de Rio Grande do Sul (Brasil). A forte dinâmica de crescimento da cidade, aliada à falta de planejamento, resultou na ocupação indiscriminada das margens dos cursos de água. Os arroios da cidade correm encaixados entre casas, ou por baixo de prédios industriais, e recebem o esgoto sanitário crú do sistema misto. Isto significa que um grande número de moradias está em situação de risco e com deficientes condições de salubridade. Portanto, a concepção das soluções propostas no Plano Diretor de Drenagem Urbana (SAMAE-IPH, 2001) conciliou os aspectos de drenagem pluvial e esgotamento sanitário; as propostas para resolver os problemas do esgotamento pluvial devem levar em conta o tratamento de esgotamento sanitário e vice-versa.

As mesmas questões mencionadas no item anterior (bacia do arroio da Areia), sobre as vantagens de um enfoque integrado no tratamento da drenagem urbana, se aplicam aqui. No entanto, a necessidade desse tipo de enfoque é reforçada aqui pelas características do relevo, que causam um alto grau de transmissão de efeitos entre os diversos braços da rede de macrodrenagem.

O sistema Tega (fig. 5) é a principal bacia de macrodrenagem da cidade de Caxias do Sul. É composta de quatro sub-bacias principais: ao norte a sub-bacia Maestra, ao nordeste a Dalbo, ao leste a sub-bacia Lazer e ao sul o centro comercial de Caxias do Sul. Como pode ser visto na figura 6, as sub-bacias tem cursos de água encaixados, com fortes declividades nas áreas de cabeceira, e baixas declividades na região a jusante, onde elas confluem, e o arroio passa a ser denominado Herval (figura 5). Isto provoca uma situação extremamente crítica para o escoamento, dado que as águas descem com alta velocidade, gerando o encontro das mesmas na região plana. Assim, a bacia tem uma alta velocidade de resposta nas áreas da cabeceira, que se contrapõe com a baixa capacidade de drenagem da região plana.

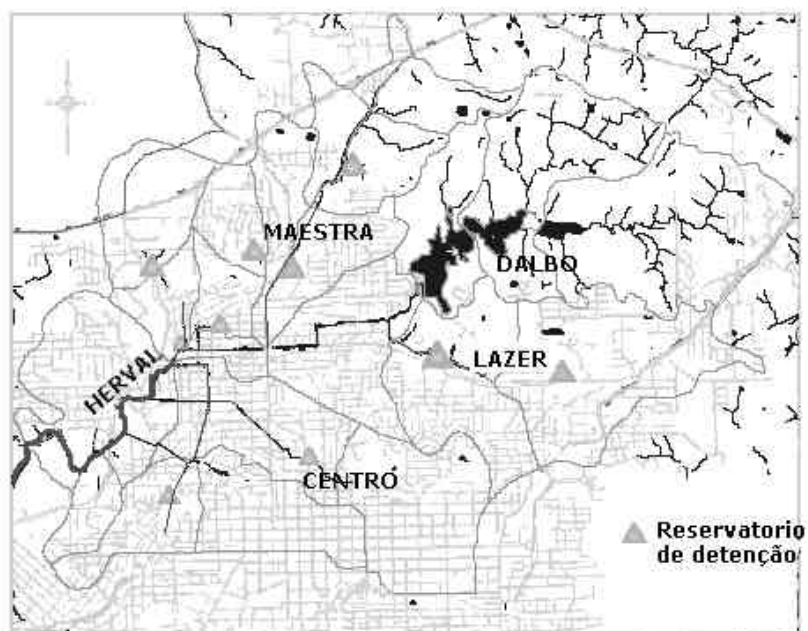


Figura 5: Sistema Tega

A escassa declividade dos arroios no seu trecho final e a alta velocidade com que chega a água, resulta em uma limitação física ao escoamento de toda a água gerada na bacia pelo arroio Herval. O encontro das águas gera um efeito de remanso que reduz a capacidade de escoamento por centenas de metros a montante, provocando contínuos alagamentos nas regiões próximas aos arroios. A região plana também atua como um nó que transmite os efeitos de uma sub-bacia para as outras, mesmo em regiões bastante a montante, indicando a necessidade de uma abordagem integrada. A análise dos sistemas isolados, sem considerar os efeitos de remanso não mostra a existência de problemas sérios para a drenagem, e conduziria a soluções ineficientes, pois os problemas seria talvez atenuados, mas continuariam.

Como exemplo dessa situação pode ser citado o trecho a montante do ponto onde a bacia Maestra encontra os cursos de água que vem das bacias Dalbo e Lazer (fig. 6). Na figura 7 (gráfico da direita) pode se ver como os níveis de água atingem quase a borda do canal para a condição de projeto, mas a vazão é aproximadamente a metade da capacidade do canal (calculada considerando a linha de água paralela ao fundo). Se o cálculo tivesse sido feito da maneira tradicional, sem considerar o efeito de remanso causado pelo encontro das vazões e pela baixa capacidade de escoamento dos trecho a jusante, o canal teria sido sub-dimensionado.

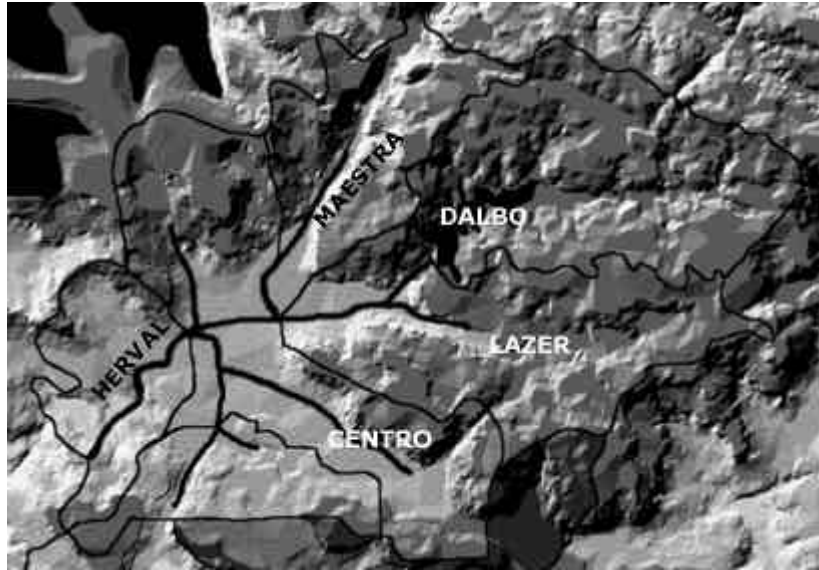


Figura 6: Modelo numérico do terreno do sistema Tega.

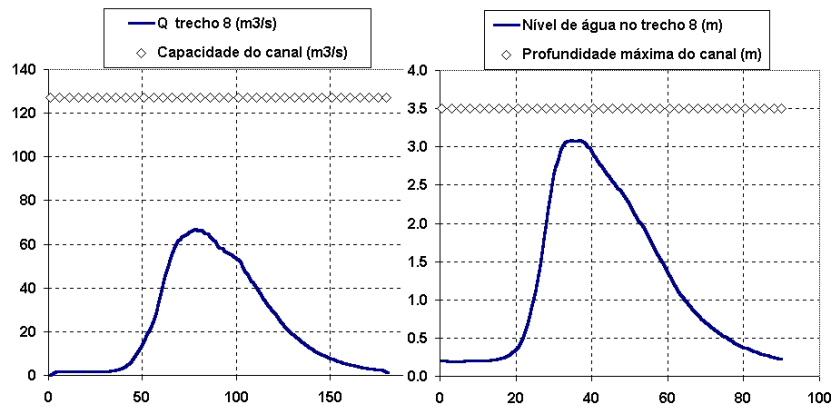


Figura 7: Condições de escoamento a montante da entrada da bacia Maestra.

Outra região com problemas semelhantes é a bacia que esco o centro comercial de Caxias, com o agravante da alta densidade de ocupação e de trechos com declividade muito baixa que exigem grandes canais para a drenagem da região, combinado com falta de espaço para reservatórios de detenção.

Além de permitir levar em conta essas interações, a visão integrada da bacia possibilitou adotar em cada região as medidas mais adaptadas às possibilidades. Nas regiões norte e leste do

sistema Tega, onde existe mais espaço disponível, o volume destinado a amortecimento em reservatórios de detenção foi bem maior que na região do centro. Os reservatórios de detenção amorteceriam os hidrogramas gerados nessa região, ao mesmo tempo em que a água do centro seria escoada rapidamente, mediante túneis e galerias, até regiões a jusante da entrada do sistema no arroio Herval. Dessa maneira pode ser evitado o problema causado pela sincronização dos hidrogramas das bacias, que chegam quase simultaneamente na região plana.

No processo de dimensionamento do sistema de canais e reservatórios foi claramente visível a alta correlação de efeitos entre as sub-bacias. Mudanças relativamente pequenas nas características de um reservatório ou de um canal resultavam na necessidade de revisar o dimensionamento dos restantes, mesmo que em lugares distantes da rede de drenagem.

### **Conclusões**

Dos casos apresentados se desprende que a análise integral da bacia é necessária para determinar as verdadeiras causas dos problemas de drenagem urbana, e agir sobre as verdadeiras causas e não sobre os sintomas, especialmente em situações complexas. Além disso, trabalhando dessa maneira é possível chegar a soluções mais eficientes e econômicas, mais adequadas às características da bacia e de seus problemas.

Os Planos Diretores de Drenagem Urbana constituem a ferramenta de implementação do estudo integral da bacia, sentando as condições de contorno para a resolução dos problemas em escalas menores, evitando desta forma que soluções para áreas específicas transfiram os problemas para as regiões vizinhas.

A importância dos efeitos de remanso do caso citado em Caxias do Sul (e outros semelhantes encontrados em Porto Alegre) mostram a necessidade de verificar sistematicamente a existência desses efeitos. Isso pode ser feito com ferramentas tradicionais, como a análise da linha de energia, ou com outras mais sofisticadas como modelos hidrodinâmicos de redes. A metodologia adotada dependerá da complexidade do caso a analisar, mas a tendência atual a simplesmente ignorar a existência desses efeitos ou interações deve ser evitada.

### **Referências Bibliográficas**

- DEP-IPH, 2000. Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, 1era etapa, Volume IV: Bacia do Arroio da Areia. Departamento de Esgotos Pluviais, Prefeitura Municipal de Porto Alegre; Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SAMAE-IPH, 2001. Plano Diretor de Drenagem Urbana de Caxias do Sul. Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto, Prefeitura Municipal de Caxias do Sul; Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.