

IX-036 - ANÁLISE DO IMPACTO DA LEGISLAÇÃO ATUAL DE JOÃO PESSOA SOBRE O CONTROLE DA GERAÇÃO DE ESCOAMENTO

Raphael Carvalho Wanderley⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba.

Adriano Rolim da Paz

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH-UFRGS.

Endereço⁽¹⁾: Rua José Rosas, 179 - Mangabeira I – João Pessoa – Paraíba – CEP: 58055-430 – Brasil - Tel: +55 (83) 3228-2724 - e-mail: raphael.wanderley@hotmail.com.

RESUMO

O processo de urbanização da cidade de João Pessoa cresceu de forma acelerada e desordenada, gerando impermeabilização em boa parte do solo da cidade, o que em períodos chuvosos, acarreta na transferência de maiores vazões em um curto período de tempo para as zonas mais baixas. Com base na problemática relacionada às cheias ocasionadas na capital paraibana, este trabalho pretende avaliar o impacto da atual legislação deste município relacionada ao controle de escoamento superficial na fonte, comparando-a com outras capitais brasileiras e métodos com maior eficiência relacionados a este controle. Além disso, através da análise de custo associada à eficiência do amortecimento de cheia, propõe estudar a implantação simultânea de área permeável, impermeável e reservatório de detenção, como alternativa a medida de controle do escoamento superficial estabelecido no decreto municipal desta capital.

PALAVRAS-CHAVE: Controle, Escoamento, Legislação, Impermeabilização.

INTRODUÇÃO

Visando mitigar os impactos causados a jusante devido à impermeabilização das cidades, algumas legislações municipais estabelecem diretrizes que proporcionam a redução do escoamento superficial através de dispositivos de controle na fonte, conforme preconiza a visão moderna da drenagem urbana. Entretanto, há uma grande variação entre o tipo de controle adotado para cada cidade, devido à variação do tipo de clima da região e do interesse da região em controlar estes impactos ocasionados pela impermeabilização.

Devido a esta grande variação nas legislações municipais relacionadas a drenagem urbana, este trabalho propõe comparar as exigências mínimas da legislação da capital paraibana com outras existentes no país, através das vazões resultantes nos lotes, calculadas de acordo com as exigências municipais relacionadas ao percentual de área permeável no terreno, além de outras medidas de controle do escoamento superficial da água da chuva.

Além disso, o presente trabalho ainda propõe quantificar e analisar o custo de implantação da combinação de pavimento permeável, impermeável e reservatório, em diferentes cenários, para um empreendimento comercial situado na cidade de João Pessoa, como uma das alternativas de melhoria à legislação atual desta cidade.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para analisar a eficiência da atual legislação de João Pessoa relacionada ao controle de escoamento na fonte consiste em etapas que determinam: a chuva de projeto pelo método dos blocos alternados, a chuva excedente e o hidrograma de projeto via Hidrograma Unitário, para diferentes cenários de estudo.

O primeiro objetivo pretende analisar as vazões resultantes nos lotes, calculadas de acordo com a quantidade de área permeável exigida nas legislações municipais das cidades de João Pessoa, Natal e Belo Horizonte, já o

segundo objetivo visa combinar a utilização de áreas permeáveis e reservatórios de contenção na fonte, com base no Plano Diretor de Porto Alegre, para análise do custo de implantação.

Para análise do segundo objetivo, primeiramente será calculado o volume de armazenagem para cada cenário, através da determinação das vazões máximas e posteriormente serão realizados orçamentos para cada cenário estudado.

- **ESTUDO DE CASO**

Para o estudo de caso, tomou-se como base o projeto de implantação de uma edificação comercial, situada na capital paraibana, que prevê um reservatório enterrado com 25m² em planta, e uma parcela de área permeável. O terreno possui uma área total de 1.000 m² sendo 337 m² de telhado, 40m² de área permeável e 623 m² de área impermeável, conforme a figura 1.



Figura 1 - Planta de coberta da edificação

Além disso, através de ensaios de sondagem e inspeção no terreno pré-ocupação, as seguintes características foram observadas: altura do lençol freático = 1,95 m de profundidade em relação a superfície do terreno; Cobertura vegetal = relva em torno de 50% da área total do lote; Descrição do solo = areia fina fofa a pouco compacta até a profundidade de 2,80 m com alta taxa de infiltração.

- **DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS A SER ESTUDADOS**

Para a comparação entre as vazões de escoamento, foram estabelecidos 3 cenários de projetos sem o controle por reservatório:

Cenário I: terreno no estado natural;

Cenário II: terreno com ocupação prevista e 4% de área permeável (conforme legislação de João Pessoa);

Cenário III: terreno com ocupação prevista e 20% de área permeável (conforme legislação de Natal e Belo Horizonte).

Após esta análise, os cenários IV-A, IV-B, IV-C, IV-D e IV-E, que propõem o controle de escoamento na fonte através da implantação de área permeável e reservatório de detenção, conforme apresentado na tabela 1, são estabelecidos para a determinação do custo de implantação da combinação destes dispositivos de controle. Estes cenários propõem controlar o escoamento da fonte com o amortecimento do tempo de pico, através do armazenamento da precipitação e a liberação deste volume com a mesma vazão de escoamento do terreno natural, visando um melhor controle quando comparado ao estabelecido na legislação atual de João Pessoa.

Tabela 1 - Cenários de projeto para controle de escoamento superficial através de áreas permeáveis com ou sem reservatórios de detenção.

I	Terreno no estado natural
II	Terreno com 4% de área permeável (legislação de João Pessoa)
III	Terreno com 20% de área permeável (legislação de Natal e Belo Horizonte)
IV	A Dimensionamento do reservatório para condição de 0% de área permeável
	B Dimensionamento do reservatório para condição de 4% de área permeável
	C Dimensionamento do reservatório para condição de 20% de área permeável
	D Dimensionamento do reservatório para condição de 30% de área permeável
	E Dimensionamento do reservatório para condição de 40% de área permeável

Em cada cenário, foram utilizadas a formulação cinemática de Manning para determinação do tempo de concentração e o método dos blocos alternados para determinação da chuva de projeto, conforme IPH (2005). Foi considerado um tempo de retorno de 5 anos e a curva IDF de João Pessoa apresentada em Tucci e Collischonn (2004). Para a chuva excedente, utilizou-se o método do Soil Conservation Service (SCS) e em seguida foi aplicado o método do Hidrograma Unitário Sintético do SCS para determinação das vazões geradas no lote.

O dimensionamento do reservatório de amortecimento para controle na fonte foi realizado com o método simplificado de McCuen (1989) com base em IPH (2005), que recomenda reduzir o volume do reservatório necessário quando há a adoção de outras medidas de controle na fonte como a utilização simultânea de áreas permeáveis e reservatório de detenção para controle de escoamento superficial. O dimensionamento do reservatório deve levar em consideração apenas 50% da área permeável disponível no projeto de arquitetura, ou seja, metade da área permeável será considerada impermeável na determinação deste volume, conforme a Tabela 2 e o Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre.

Para a análise de custo, os orçamentos realizados em agosto de 2013 pelos sites de referência em orçamento, ORSE e Informativo SBC, consideram o reservatório enterrado sendo construído com lajes pré-moldadas e paredes de alvenaria com função estrutural, além da escavação, materiais hidráulicos, serviços e encargos sociais. Para pavimento permeável será considerado área com cobertura rasteira de grama batatais, incluindo terra vegetal, adubos, serviços e encargos sociais. Já para pavimento impermeável será adotado o pavimento de pedra caxambu, incluindo materiais, mão de obra e encargos sociais.

Tabela 2 - Valores das áreas permeáveis utilizadas no dimensionamento dos reservatórios

Cenário IV	Área Permeável do lote (m ²)	Área permeável considerada no cálculo do reservatório (m ²)
A	0	0
B	40	20
C	200	100
D	300	150
E	400	200

RESULTADOS

Na Figura 2, é observado que a vazão de pico com a implantação do empreendimento no cenário II é cerca de 21 vezes maior que a vazão de pico do cenário natural, representando um aumento de 2010%. Já o cenário III tem uma vazão de pico cerca de 5 vezes maior, o que representa um aumento de 465% quando efetuada a mesma comparação.

Além disso, é perceptível que o tempo necessário para se atingir a vazão de pico é tanto menor quanto maior a área impermeável do empreendimento, chegando a uma redução de até 84% quando comparado os cenários I e II e 64% do cenário I para o III.

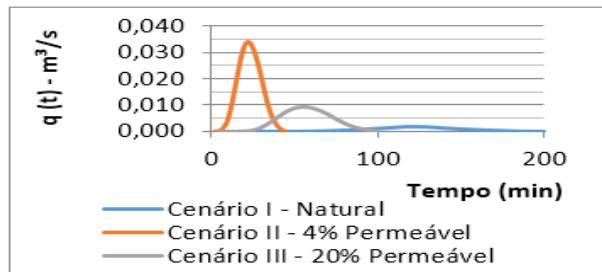


Figura 2 - Comparação entre as vazões resultantes nos diferentes cenários

A Tabela 3 apresenta os valores da vazão de entrada no reservatório para cada cenário, em função da variação da área permeável do lote, assim como o tempo de concentração para os diferentes cenários e os volumes de reservatórios dimensionados necessários para controlar a vazão de saída do lote ao nível da vazão gerada na condição de terreno natural.

Tabela 3 - Determinação do volume dos reservatórios

Cenário	Área Permeável do lote (m ²)	Tempo de conc. (min)	Q entrada (m ³ /s)	Volume Reservado. (m ³)
IV-A	0	7,68	0,0717	32,32
IV-B	40	11,22	0,0398	25,75
IV-C	200	20,40	0,0164	18,13
IV-D	300	25,23	0,0113	14,69
IV-E	400	29,72	0,0091	13,37

Através da Tabela 3 é possível observar que o aumento da área permeável no lote proporciona uma redução no volume do reservatório da ordem de até 59% quando comparado o cenário IV-A ao IV-E.

Apesar da redução do custo de implantação do conjunto formado pelo reservatório, área permeável e impermeável ir reduzindo conforme se aumenta a área permeável (Tabela 4), na elaboração do projeto deve-se levar em consideração outros fatores, como o custo de manutenção da grama ao longo dos anos.

Entretanto, verificando-se a eficiência, o custo de implantação e manutenção em relação ao controle de escoamento na fonte, a implantação de pavimentos permeáveis de concreto ou asfalto consistem em alternativas de substituição da grama.

Tabela 4 – Custo de implantação da área permeável, impermeável e reservatório

Cenário IV	Custo do Reservatório	Custo da área permeável	Custo do Pavimento impermeável	Custo total	Redução do custo de implantação comparado ao cenário A
A	R\$ 9.355,62 (25%)	R\$ - (0%)	R\$ 28.422,81 (75%)	R\$ 37.778,43	-
B	R\$ 8.583,45 (24%)	R\$ 788,80 (2%)	R\$ 26.708,01 (74%)	R\$ 36.080,26	4%
C	R\$ 7.604,97 (24%)	R\$ 3.944,00 (13%)	R\$ 19.848,81 (63%)	R\$ 31.397,78	17%
D	R\$ 7.205,61 (25%)	R\$ 5.916,00 (21%)	R\$ 15.561,81 (54%)	R\$ 28.683,42	24%
E	R\$ 7.004,61 (27%)	R\$ 7.888,00 (30%)	R\$ 11.274,81 (43%)	R\$ 26.167,42	31%

ANÁLISE E CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que a legislação de João Pessoa apresenta baixa eficiência no controle quando comparada aos grandes centros urbanos, visto que as diretrizes municipais relacionadas a este controle remetem apenas ao parcelamento de área permeável do solo, o que em muitas situações torna insuficiente o controle do escoamento superficial para jusante, principalmente pela baixa parcela de área permeável nos lotes, a falta de zoneamento da cidade relacionada a medidas de prevenção de cheias e medidas não estruturais para contenção destas. Além disso, se observou que apesar da lei federal 11.445 preconizar que os municípios devem estabelecer percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou retenção de água de chuva, como forma de controle de escoamento na fonte visando reduzir os impactos gerados pelo grande volume de água escoado em pouco tempo devido a impermeabilização das cidades, é perceptível que apenas as cidades mais desenvolvidas e/ou as que possuem histórico de cheias, apresentam medidas de redução de impactos a jusante mais avançadas, como as expostas na legislação da cidade de São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre, as quais preconizam a utilização de dispositivos como reservatórios para o controle do escoamento superficial.

A implantação simultânea de área permeável, impermeável e reservatório de detenção, apesar de algumas ressalvas, mostrou-se como uma boa alternativa para o controle da geração de escoamento na fonte, já que além da importância no aspecto de retardar e reduzir os impactos em jusante este sistema apresenta boas condições relacionadas aos custos de implantação.

Embora o custo da área permeável se elevar à medida que o volume do reservatório e área impermeável reduz, o custo total de implantação dos dois dispositivos de controle de escoamento associado ao pavimento impermeável também é reduzido a medida que as áreas permeáveis se tornam maiores no lote. De acordo com a tabela 4, pode-se observar que a redução do custo de implantação pode chegar até 31% mais barato quando os cenários A e E são comparados. O grande responsável por esta redução de 31% do cenário A para o E foi o pavimento impermeável, visto que reduziu em torno de 17 mil reais, contra a redução de apenas R\$ 2.351,01 do reservatório e a elevação de quase 8 mil reais na implantação de área gramada. Isto se deve principalmente devido ao metro quadrado da área impermeável ser 61% mais caro que o da área gramada, tornando assim a implantação de área permeável mais barata de se implantar, independentemente de ter reservatório ou não.

A tabela 4 permite ainda a comparação em separado do custo de implantação do reservatório associado a área permeável. Quando os cenários A e E são comparados, é observado que a redução de R\$ 2.351,01 para inserir um reservatório ainda gera um custo adicional de R\$ 5.536,99 para plantação de grama, isto significa que a instalação deste conjunto apenas será viável economicamente quando houver a implantação de pavimento impermeável em conjunto, visto que redução do valor de implantação do reservatório não cobre a instalação da grama.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPH. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Plano Diretor de Drenagem Urbana. Rio Grande do Sul. 2005. Volume VI.
2. TUCCI, Carlos E. M.; COLLISCHONN, Walter. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos/Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre: UFRGS, 2004. - Vol. 1.
3. JOÃO PESSOA (Capital). Decreto Municipal Nº 5.900, de 24 de abril de 2007. Estabelece normas condições para uso e ocupação do solo urbano.
4. NATAL (Capital). Lei Complementar ao Plano Diretor da Cidade de Natal Nº 082, de 21 de Junho de 2007. Estabelece normas condições para uso e ocupação do solo urbano.
5. BELO HORIZONTE (Capital). Lei Municipal Nº 9.959, de 20 de Julho de 2010. Estabelece normas condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município.
6. CANHOLI, Aluísio Pardo. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. - São Paulo : Oficina de Textos, 2005.
7. ORSE - Disponível em <<http://187.17.2.135/orse/especificacoes.asp>> Acesso em 08 ago. 2013.
8. Informativo SBC - Disponível em <<http://www.informativosbc.com.br/>> Acesso em 08 ago. 2013.