

IX-017 - ANÁLISE DO IMPACTO DO USO DE RESERVATÓRIOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS SOBRE A MICRODRENAGEM

Anderson Alexandre da Silva⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba.

Leonardo Vieira Soares⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (DECA/CT/UFPB).

Endereço⁽¹⁾: Av. Castelo Branco, s/n. João Pessoa – PB. CEP: 58051-900. E-mail: anderson_alx@hotmail.com

RESUMO

O problema da escassez de água em muitas partes do planeta é alarmante, mas a possibilidade do aproveitamento de águas de chuva para utilização, com fins não potáveis, tende a amenizar essa situação e ainda ajuda a diminuir a vazão de escoamento superficial nos grandes centros urbanos. O presente trabalho trata-se de uma análise comparativa do escoamento superficial em parte de um loteamento, cujos lotes foram expostos a duas situações hipotéticas: com e sem aproveitamento de água de chuva da cobertura das residências, tendo em vista o impacto deste aproveitamento no dimensionamento dos elementos da microdrenagem ante a diferença de vazão. O método de abordagem partiu da adoção hipotética de duas quadras e uma rua onde, aplicando-se a intensidade obtida por uma das curvas de IDF, publicadas para o município de João Pessoa – PB, calcula-se a vazão para cada situação. Foram dimensionados os elementos da microdrenagem e analisada a diferença entre as duas vazões obtidas pelas situações em estudo. O dimensionamento do reservatório para o aproveitamento das águas pluviais foi feito a partir do método de Rippl, pelo fato deste levar em consideração o consumo mensal de água para fins não potáveis. E para o cálculo do volume de chuva foram utilizadas as estatísticas dos últimos anos no município de João Pessoa – PB. Dessa forma, observou-se que houve uma redução no número de elementos presentes na microdrenagem de uma situação para outra, além da diminuição considerável da vazão, colaborando com a redução de pontos de alagamentos, e ainda, observa-se que o consumo de água potável na residência tem uma redução notável, sendo essa uma medida favorável ao desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Água de chuva, Escoamento superficial, Microdrenagem.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental à existência de vida em nosso planeta, não obstante sua abundância, somente uma pequena parcela desse recurso se encontra disponível à utilização pelo homem. Em termos globais, essa água disponível é superior ao total consumido pela população, no entanto, a sua distribuição é desigual nas diversas regiões do planeta.

Na escala regional, o ciclo da água é aberto, pois há perda de água para atmosfera e seu retorno pela precipitação não se dá sempre na mesma proporção. Somados a estes fatores naturais temos a intervenção do homem que, por meio de captação de água de mananciais e águas subterrâneas, em proporções cada vez maiores, devido ao crescimento populacional, faz com que a água venha se tornando cada vez mais limitada ao longo dos anos, levando a sua escassez em diversas localidades.

As ações antrópicas provocam alterações no ciclo hidrológico, acelerando o escoamento superficial e retirando a capacidade de infiltração do solo devido à necessidade de explorar ambientes naturais e expandir ou até criar novos espaços para suportar o crescimento populacional, como por exemplo a urbanização de novas áreas. Desta forma são construídas estradas, rodovias pavimentadas, praças, prédios e casas, aumentando a impermeabilização da área que outrora era totalmente natural. Esses usos solos devido a sua ocupação, muitas vezes desordenada, culmina na diminuição do tempo de escoamento das águas precipitadas e ainda no aumento

da vazão escoada, colaborando assim para a ocorrência de enchentes em determinados locais onde não há um sistema de drenagem urbana eficiente.

A drenagem e o manejo de águas urbanas têm de fazer parte dos planos de saneamento básico que todos os municípios brasileiros devem elaborar de acordo com a Lei Federal nº 11.445/2007. O saneamento básico foi definido, pela citada lei, como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais relativos aos processos de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

O saneamento básico se faz necessário por completo nos municípios, porém não é o que acontece de fato, muitos municípios deixam de fazer a parte relacionada à drenagem de águas pluviais, sendo este um grande problema de infraestrutura de água no ambiente urbano. Segundo Tucci (2005), muitas cidades ao invés de programarem uma rede de drenagem urbana eficaz, optam por fazer apenas redes de esgotamento sanitário, que muitas vezes não tem seu devido tratamento, ocasionando as frequentes inundações em virtude do aumento da impermeabilização do solo.

Na visão da gestão de águas urbanas, algumas medidas podem ser feitas para ajudar a controlar o escoamento superficial, como por exemplo, facilitar a infiltração das águas nos terrenos ou até mesmo fazer o armazenamento das águas pluviais, podendo ou não fazer uso das mesmas posteriormente de acordo com a qualidade da água captada. Esses tipos de medidas chamadas de medidas de controle na fonte têm como seu principal objetivo reduzir a vazão de escoamento superficial e também retardar o tempo de escoamento das águas precipitadas, e ainda, a opção de armazenamento faz com que se reduza o consumo de água potável e assim conduzir essa economia de água para outra pessoa ou região que dela necessite.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo fazer a comparação entre duas situações de vazão de escoamento superficial proveniente das águas pluviais. A partir da precipitação sobre duas quadras hipoteticamente convencionadas, com rua pavimentada, residências em todos os lotes e terrenos calçados sem muitas superfícies livres. Na primeira situação será utilizada toda a área para o cálculo da vazão, enquanto que na segunda situação a área da cobertura das residências é descartada, pois há uma medida de controle no lote do tipo reservatório de armazenamento para captação das águas precipitadas na cobertura. Deste modo, a partir das vazões das duas situações verifica-se o impacto das mesmas no dimensionamento das partes da microdrenagem (sarjetas, bocas de lobo e galerias).

MATERIAIS E MÉTODOS

Como método de pesquisa, utilizou-se uma abordagem hipotética dedutiva, onde a partir de uma situação criada hipoteticamente foram aplicados os estudos relacionados ao assunto, com fito de obter resultados aptos a solucionar a problemática aduzida.

Área de estudo

O local de estudo foi definido como sendo: duas quadras de um loteamento hipotético no município de João Pessoa – PB, divididas em vinte e dois lotes cada, cujo escoamento ocorre em apenas um lado da quadra em direção à rua estudada, ou seja, apenas onze lotes de cada quadra. Os lotes possuem medidas de 12 x 22 m e 15 x 22 m, sendo as quadras simétricas e paralelas entre si e a rua largura de 12 metros. As figuras 1 e 2 apresentam o desenho esquemático do loteamento e as direções do escoamento respectivamente. Definiu-se, ainda, que há residências em todos os lotes e que estes são calçados, sem áreas permeáveis, e a rua é pavimentada com declividades longitudinal e transversal de 3%.

A residência adotada para o estudo foi o projeto padrão de casas populares de 42 m² da Caixa Econômica Federal, elaborado pela GIDUR/VT em 2007. Este tipo de residência foi escolhido por ser um modelo padrão quanto à construção de novos loteamentos. A mesma possui: dois quartos, um banheiro social, cozinha, sala e uma área de serviço externa. A edificação possui área construída de 41,87 m² e uma área de cobertura de 55,85 m².

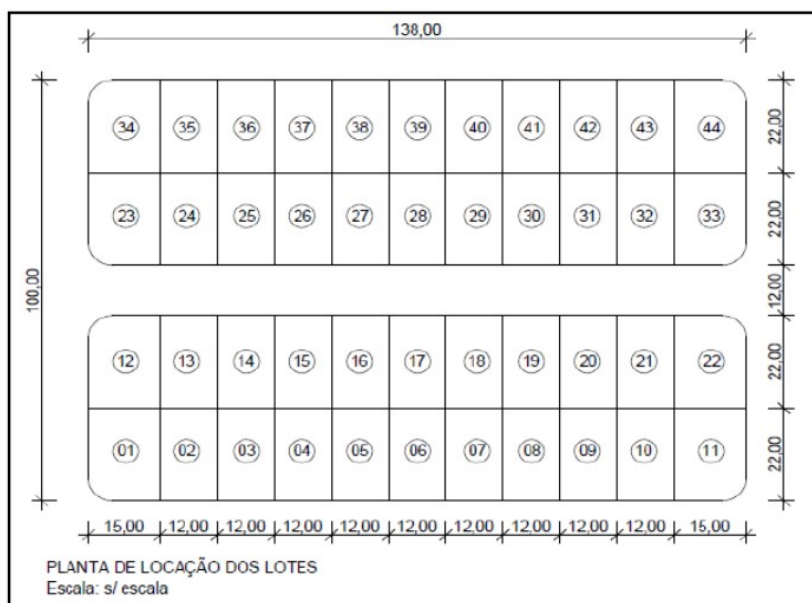


Figura 1: Desenho Esquemático do Loteamento.

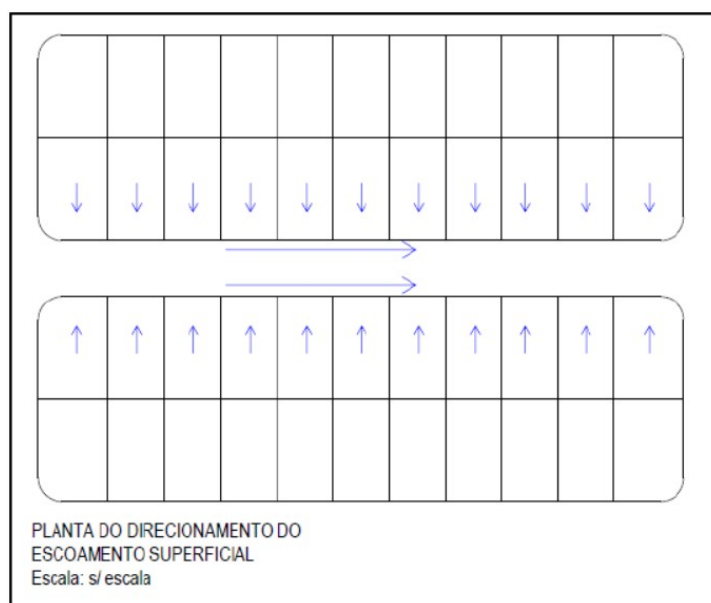


Figura 2: Planta Esquemática do Escoamento Superficial do Loteamento.

Cálculo das vazões

Para o cálculo das vazões foram definidas duas situações: na primeira, toda água precipitada, tanto nos lotes quanto na rua, nas calçadas, residências e terrenos, contribui para o cálculo da vazão, enquanto na segunda situação, a área de cobertura dos telhados foi desconsiderada, pois a água precipitada nos telhados deve ser captada e armazenada em um reservatório de controle no lote.

As vazões foram obtidas pelo Método Racional, método este amplamente utilizado para cálculo da vazão para bacias com menos de dois km², sendo este, portanto, o recomendado para estimativa de vazões na microdrenagem. Segundo o Tucci (2005), o método racional considera a chuva de projeto como uma só intensidade durante todo o evento chuvoso, sendo esta retirada diretamente da curva de intensidade-duração-frequência (IDF), conforme Equação 1.

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A$$

Equação 1

Onde: C é o coeficiente de escoamento; i é a intensidade da precipitação (mm/h); A é a área da bacia (km²); Q é a vazão máxima (m³/s).

Os coeficientes de escoamento adotados para o projeto em estudo foi de $C_1 = 0,55$, para as calçadas, ruas e áreas impermeabilizadas dos terrenos, sendo esse o valor médio de áreas residenciais com unidades múltiplas e com ruas pavimentadas e $C_2 = 0,85$ para os telhados das residências, sendo este o valor médio para superfícies de telhados.

Para a primeira situação descrita, isto é, sem aproveitamento das águas pluviais, é necessário fazer a média ponderada em relação ao coeficiente de escoamento, o que se obtém por meio da Equação 2.

$$C_{S1} = [(C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2)]/A_T \quad \text{Equação 2}$$

Onde: C_1 é o coeficiente de escoamento para calçadas, ruas e áreas impermeabilizadas; A_1 é a área correspondente ao tipo do coeficiente de escoamento (m²); C_2 é o coeficiente de escoamento para telhados; A_2 é a área dos telhados das residências (m²); A_T é a soma das duas áreas (m²); C_{S1} é o coeficiente de escoamento da primeira situação.

Já o coeficiente de escoamento para a segunda situação foi de $C_{S2} = 0,55$.

Para o cálculo da intensidade de chuva foram adotados: tempo de retorno (Tr) de 2 anos, por se tratar do risco mais frequente de ocorrer para áreas residenciais; tempo de duração de chuva (t) de 10 minutos e a curva IDF proposta por Pfafstetter (1982) apud CETESB (1989), Equação 3.

$$C_{S1} = (886,013 \times Tr^{0,164})/(t + 20)^{0,727} = (886,013 \times 2^{0,164})/(10 + 20)^{0,727} = 83,74 \text{ mm/h} \quad \text{Equação 3}$$

A área de drenagem delimitada para a primeira situação foi parte da quadra que tinha seus lotes voltados para a rua em que serão dimensionadas as partes da microdrenagem e ainda metade da rua, pois a mesma possui declividade transversal de 3%. Na segunda situação esta área de drenagem é semelhante, porém o telhado das residências é desconsiderado dessa área de drenagem.

Pela simetria das quadras, as áreas de drenagens adotadas para ambas as situações foram feitas apenas para um lado da rua, sendo assim, por analogia o dimensionamento é o mesmo para o lado oposto.

Dimensionamento da microdrenagem

Os critérios adotados para o dimensionamento das sarjetas são: a água escoar apenas por esta sarjeta de 80 cm de largura, de 9% de declividade transversal e coeficiente de rugosidade de Manning de 0,017, utilizado para pedras, que nesse caso não paralelepípedos. A capacidade da sarjeta é calculada pela Equação 4.

$$Q = (A \times R_h^{2/3} \times S^{1/2})/n \quad \text{Equação 4}$$

Onde: Q é a vazão máxima teórica da sarjeta (m³/s); A é a área da seção transversal da sarjeta (m²); R_h é o raio hidráulico (m); S é a declividade longitudinal da sarjeta (m/m); n é o coeficiente de rugosidade de Manning.

Depois de calculada a vazão real da sarjeta, compara-se esta vazão com a encontrada pelo método racional. A razão entre a vazão real da sarjeta e a vazão pelo método racional é a quantidade de bocas de lobo necessárias para a parte em estudo da rua, sendo esta quantidade o número inteiro imediatamente superior ao encontrando na razão, nos casos de valores fracionados. Existem vários tipos de bocas de lobo e cada uma delas é adequada a cada tipo de situação. A boca de lobo selecionada para este projeto é do tipo boca de lobo de guia ou ralo de guia. Dentre esse tipo de boca de lobo há duas situações, sem depressão e com depressão, a adotada para este projeto é a boca de lobo sem depressão, e considerando que a lâmina d'água é inferior à abertura na guia, será então dimensionada baseada na equação de vertedor de parede espessa conforme Equação 5.

$$Q = 1,7 \times L \times y^{2/3} \quad \text{Equação 5}$$

Onde: Q é a vazão de engolimento da boca de lobo (m^3/s); L é o comprimento da soleira (m); y é a altura da água próxima à abertura na guia (m).

A última parte da microdrenagem são as galerias, cujo dimensionamento é realizado com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme, como a de Manning e Chezy, dentre outras. Para este trabalho foi utilizada a de Manning e o coeficiente de rugosidade de Manning adotado igual a 0,014.

Dimensionamento do reservatório/cisterna de cada lote

Para o dimensionamento do reservatório do lote visando o aproveitamento das águas pluviais decorrente da captação do telhado da residência, a NBR 15.527/2007 da ABNT recomenda alguns métodos e, para aplicação neste projeto, o método escolhido para o dimensionamento foi o método de *Rippl*. Segundo Tomaz (2003), o método mais utilizado para dimensionamento do reservatório é o método de *Rippl*, conhecido como método de Diagrama de Massas, o qual regulariza a vazão no reservatório garantindo o abastecimento constante de água em qualquer período, sendo ele úmido ou seco. Para o dimensionamento do reservatório foram utilizados dados pluviométricos dos anos de 2009 a 2013 do município de João Pessoa – PB. Como no município existem quatro postos de monitoramento pluviométrico, foi feita a média aritmética dos postos para assim determinar a precipitação média do município.

O dimensionamento do reservatório pelo método de *Rippl* possui duas opções válidas: a demanda mensal sendo constante ou sendo variável. Para este estudo foi adotada a demanda mensal sendo constante para todos os meses, assim, a demanda foi calculada pela Equação 6.

$$D_M = (Hab \times q \times d \times \%NP)/1000 \quad \text{Equação 6}$$

Onde: D_M é a demanda no mês (m^3); Hab é o número de pessoas que moram na residência (hab); q é o consumo per capita ($\text{L}/\text{hab}.\text{dia}$); d é a média de dias por mês (dias) e $\%NP$ é o uso de água não potável na residência (%).

O valor adotado do consumo per capita (q) foi a média dos 3 anos 2009, 2010 e 2011, conforme informação do SNIS (2013), e igual a 109,8 $\text{L}/\text{hab}.\text{dia}$.

Para o cálculo do volume da chuva mensal é necessário determinar a área de captação, que no caso em estudo é a coberta da residência e o coeficiente de escoamento.

O coeficiente de escoamento utilizado para o cálculo é o $C_1 = 0,85$. Assim, pode-se calcular o volume da chuva a partir da Equação 7.

$$V = (C \times P \times A)/1000 \quad \text{Equação 7}$$

Onde: V é o volume da chuva mensal (m^3); C é o coeficiente de escoamento; P é a média da precipitação mensal (mm) e A é a área de captação (m^2).

Após a obtenção dos valores das demandas mensais e dos volumes de chuvas mensais, é necessário fazer o somatório desses valores e compara-los, se o somatório dos valores do volume de chuvas mensais for maior que o somatório das demandas mensais, o método de *Rippl* pode ser aplicado. Sendo assim, faz-se a diferença entre a demanda mensal e o volume de chuva, os valores negativos indicam que o reservatório está escoando, ou seja, o volume de chuva é maior que a demanda, caso contrário o reservatório está secando e a demanda é maior que o volume de chuva, sendo o mesmo dimensionado a partir da diferença acumulativa dos valores positivos até o momento que o reservatório esteja em estado de esvaziamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Vazões de drenagem

As áreas de drenagem calculadas foram $A1$, como sendo a área de drenagem sem os telhados, igual a 3.249,65 m²; $A2$, como sendo a área dos telhados, igual a 614,35 m².

O coeficiente de escoamento para a situação 1 (CS_1), sem aproveitamento das águas pluviais, é 0,5977 (Equação 3).

Sendo a intensidade de chuva (i) igual a 83,74 mm/h, a vazão para a primeira situação é $Q_{S1} = 53,77$ l/s.

Para o cálculo da vazão para a segunda situação, a área de drenagem desconsidera a área da cobertura das residências, sendo esta a área $A1$, o coeficiente de escoamento utilizado é o C_{S2} e a intensidade é a mesma da situação anterior, assim, a vazão para esta situação é igual a 41,61 l/s, ou seja, 12,16 l/s menor que a da primeira situação.

Dimensionamento da microdrenagem

Para ambas as situações as vazões teóricas e reais da sarjeta não mudam, pois as características físicas das sarjetas são as mesmas. A Tabela 1 apresenta o valor da capacidade de escoamento da sarjeta, bem como a quantidade de bocas de lobo necessárias em cada situação proposta.

Tabela 1: Capacidade de Escoamento da Sarjeta¹.

Situação	Vazão Máxima real	Vazão de Drenagem	Quantidade de Bocas de Lobo
	(L/s)	(L/s)	
Sem controle (1)	25,61	53,77	3
Com controle (2)	25,61	41,61	2

Como mostrado na Tabela 1, são necessárias 3 bocas de lobo para suportar a vazão da primeira situação, uma vez que se trata de valor fracionado, sendo a área de contribuição dividida por três para o cálculo da vazão, adotando-se, assim, uma boca de lobo a 1/3 do início da rua e as outras duas também espaçadas 1/3 do comprimento da rua, dessa forma a vazão reduzida a 1/3 e o cálculo da largura da boca de lobo pode ser feito a partir dessa nova vazão (Equação 8).

$$L_{BL} = Q_{S1} / (0,8 \times 1,7 \times y^{3/2}) = [53,77 / (3 \times 1000)] / (0,8 \times 1,7 \times 0,072^{3/2}) = 0,6821 \text{ m} \quad \text{Equação 8}$$

Como não existe boca de lobo com largura de 0,6821 m, adota-se o valor padrão para abertura de bocas de lobo que é de 1 m.

Para a segunda situação são necessárias duas bocas de lobo para suportar a vazão, sendo a área de contribuição apenas a metade da área de contribuição total para o cálculo da vazão, adotando dessa forma uma boca de lobo na metade da rua e outra no final, assim a vazão é reduzida pela metade e o cálculo da largura da boca de lobo pode ser feito a partir dessa nova vazão (Equação 9).

$$L_{BL} = Q_{S2} / (0,8 \times 1,7 \times y^{3/2}) = [41,61 / (2 \times 1000)] / (0,8 \times 1,7 \times 0,072^{3/2}) = 0,7918 \text{ m} \quad \text{Equação 9}$$

Adota-se a boca de lobo padrão também neste caso, largura igual a 1 m.

Nota-se, a partir dessa diferença de vazão que, na primeira situação são necessárias três bocas de lobo para suportar a vazão escoada e conduzida pelas sarjetas, enquanto na segunda apenas duas bocas de lobos são necessárias. Destarte, para a primeira situação há duas formas de disposição das bocas de lobo, a primeira delas é colocando-as espaçadas igualmente uma das outras, ou seja, a área de contribuição para cada boca de

¹ Comprimento da sarjeta de 138,0 m; Largura da sarjeta de 0,80 m; Declividade transversal de 0,09 m/m; Altura máxima de 0,072 m; Área de escoamento de 0,0288 m²; Coeficiente de Manning de 0,014; Declividade longitudinal de 0,03 m/m;

lobo será um terço da área total da drenagem para um dos lados da rua, a segunda forma é locando a primeira a um terço do início da rua e as outras duas bocas de lobo juntas no fim da rua, para ambos os casos há uma diferença construtiva relativa à segunda situação, sendo necessária em uma a construção de mais um poço de visita ou caixa de ligação e na outra o tubo de ligação entre a boca de lobo e o poço de visita ou caixa de ligação tem que ter diâmetro maior. Segundo Botelho (2011), o diâmetro mínimo quando há uma boca de lobo é de 300 milímetros e para duas bocas de lobo juntas o diâmetro mínimo é de 400 milímetros.

Logo, para a primeira situação foi adotado que as três bocas de lobo terão espaçamentos iguais entre si. Com relação às larguras das bocas de lobo, em ambas as situações, a largura a ser adotada foi a padrão de 1 m.

Como no dimensionamento da parte anterior foi necessária a implantação de três bocas de lobo, para a primeira situação, e duas para a segunda, haverá para a primeira situação três trechos e para a segunda situação apenas dois trechos. Para cada trecho da primeira situação a área de contribuição será a área de drenagem total dividida por três, enquanto que na segunda situação dividida só por dois. O dimensionamento da tubulação dos trechos da galeria está expresso nas tabelas 2 e 3, respectivamente para a primeira e segunda situação.

Tabela 2²: Dimensionamento da galeria para situação 1 sem controle na fonte.

Trecho	L (m)	A (m ²)	t _c (min)	IDF (mm/h)	Q (l/s)	I (m/m)	n	φ (mm)	v (m/s)	t _p (min)
1	42,84	2576	10,00	83,74	35,84	0,03	0,014	300	1,79	0,40
2	34,84	5152	10,40	82,94	71,00	0,03	0,014	300	2,15	0,27
3	11,17	7728	10,67	82,41	105,82	0,03	0,014	300	2,36	0,08

Tabela 3²: Dimensionamento da galeria para situação 2 com controle na fonte.

Trecho	L (m)	A (m ²)	t _c (min)	IDF (mm/h)	Q (l/s)	I (m/m)	n	φ (mm)	v (m/s)	t _p (min)
1	50,00	3249,65	10,00	83,74	41,61	0,03	0,014	300	1,86	0,45
2	19,20	6499,30	10,45	82,84	83,22	0,03	0,014	300	2,24	0,14

A partir dos resultados mostrados nas tabelas 2 e 3, pode-se notar que no trecho 1 demonstra maior vazão na situação com controle na fonte do que na situação 2, sem controle na fonte. Esse fato é decorrente que na situação sem controle na fonte, a vazão de drenagem é maior que a capacidade de escoamento da sarjeta, sendo dessa forma necessárias três bocas de lobo para cada lado da rua, consequentemente, a área de drenagem contribuinte para o trecho 1 na situação sem controle é de 1/3 da área de drenagem total, enquanto que na situação com controle, a vazão para o trecho 1 é 1/2 da área total. Por causa da necessidade de três bocas de lobo na primeira situação, a rede foi dividida em três trechos, enquanto que na segunda situação foram necessários apenas dois trechos, dessa forma a comparação das vazões deve ser feita entre a vazão do trecho 3, para a situação sem controle, com a do trecho 2 da situação com controle.

Para ambas as situações o dimensionamento dos trechos não foi superior ao diâmetro de 300 milímetros, este sendo o diâmetro mínimo a ser adotado, dessa forma, para a diferença de vazão da primeira para a segunda situação não há impacto no dimensionamento da galeria. Há uma diferença no diâmetro calculado de aproximadamente 40 milímetros, que não influenciou muito visto que o estudo só abrangia o dimensionamento de uma única rua.

As figuras 3 e 4 representam o projeto de microdrenagem para a rua em estudo após o dimensionamento para as duas situações propostas.

² L é o comprimento do trecho; A é a área de contribuição; t_c é o tempo de concentração; IDF é a intensidade de chuva; Q é a vazão de drenagem; I é a declividade longitudinal do trecho; φ é o diâmetro; v é a velocidade e t_p é o tempo de percurso.

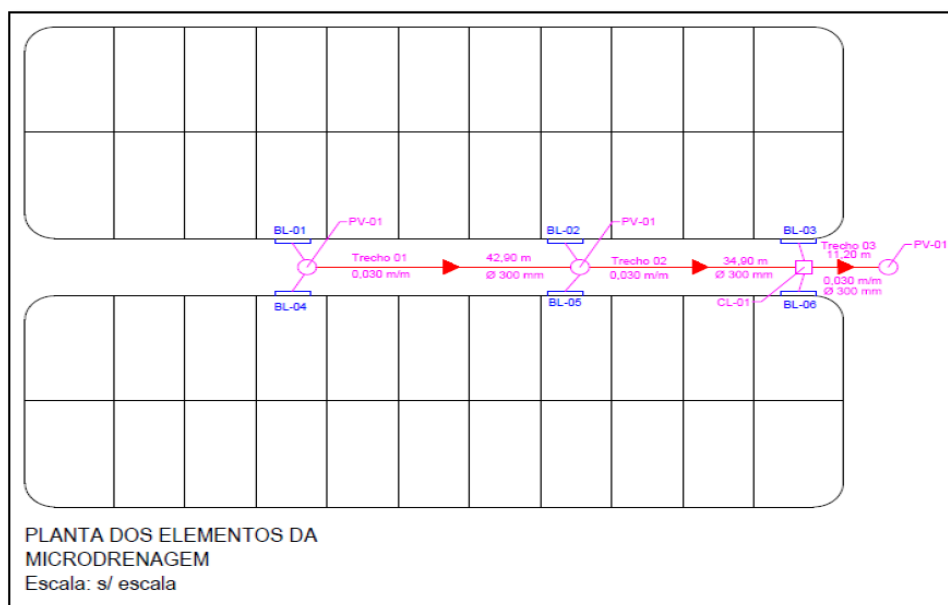


Figura 3: Planta dos elementos de microdrenagem da situação sem controle na fonte.

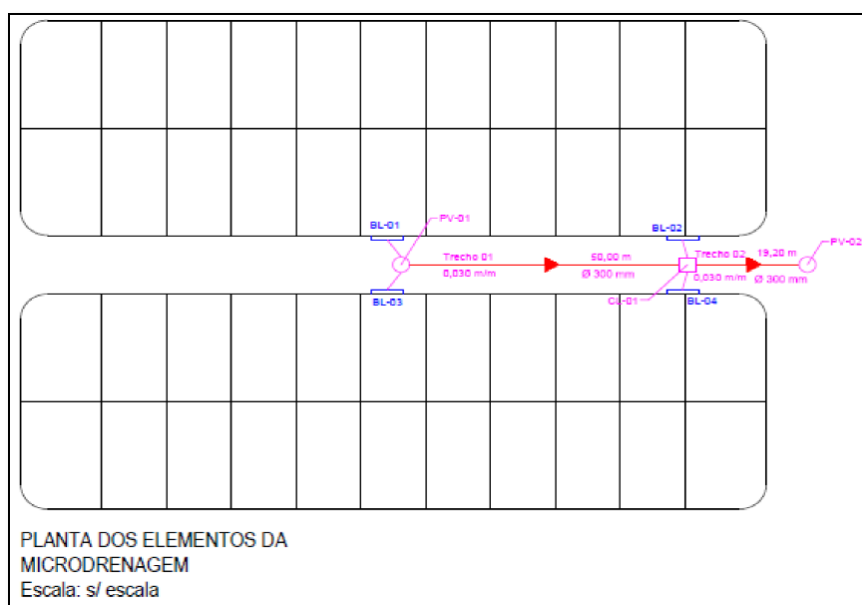


Figura 4: Planta dos elementos de microdrenagem da situação com controle na fonte.

Dimensionamento do reservatório/cisterna

Pelo método de *Rippl*, o volume máximo obtido foi de 13,85 m³. Dessa forma o reservatório deverá ter capacidade de armazenamento de 13,85 m³ para poder suprir a demanda constante de 5,34 m³/mês. Com essa capacidade de armazenamento o reservatório é capaz de sustentar 12 meses de consumo de água não potável, sendo que em 5 meses do ano será utilizado mais do que reposto, ou seja, os meses em que a disponibilidade de chuva na região é baixa.

A Figura 5 apresenta quadro resumo do dimensionamento do reservatório pelo método de *Rippl*.

							Método de Rippl						
Meses / Ano	Precipitação (mm)						Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Vol. demanda - Vol. chuva	Dif. Acumulada dos valores positivos	Obs	
						Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	
	2009	2010	2011	2012	2013	Média	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)		
Jan	127,38	160,33	160,70	209,03	48,43	141,17	5,34	55,85	6,70	-1,36		E	
Fev	235,80	70,03	195,23	138,78	50,10	137,99	5,34	55,85	6,55	-1,21		E	
Mar	161,15	32,80	67,28	60,95	20,83	68,60	5,34	55,85	3,26	2,09	2,09	D	
Abr	344,60	143,35	451,70	33,53	262,10	247,06	5,34	55,85	11,73	-6,38		E	
Mai	456,43	58,40	369,23	164,75	188,05	247,37	5,34	55,85	11,74	-6,40		E	
Jun	232,53	239,63	217,53	547,27	367,10	320,81	5,34	55,85	15,23	-9,89		E	
Jul	384,93	181,55	460,95	290,73	339,57	331,55	5,34	55,85	15,74	-10,40		E	
Ago	140,80	173,73	197,50	63,50	219,30	158,97	5,34	55,85	7,55	-2,20		E	
Set	60,53	64,03	24,87	30,30	269,40	89,82	5,34	55,85	4,26	1,08	1,08	D	
Out	6,28	15,50	17,50	27,15	38,60	21,01	5,34	55,85	1,00	4,35	5,43	D	
Nov	32,08	6,18	34,58	1,43	36,03	22,06	5,34	55,85	1,05	4,30	9,72	D	
Dez	29,35	40,35	23,45	6,53	28,50	25,64	5,34	55,85	1,22	4,13	13,85	D	
Total (m³)							64,1232		86,02				

Figura 5: Quadro resumo do dimensionamento do reservatório pelo método de *Rippl* para demanda constante no Município de João Pessoa.

CONCLUSÕES

A análise deste trabalho mostrou-se satisfatória, pois ao desconsiderar a contribuição da cobertura das residências houve uma redução na vazão que gerou a diminuição no número de bocas de lobo necessárias na rua e em consequência a redução de um poço de visita da galeria.

A diferença das vazões entre as duas situações foi de 12,16 L/s, para um lado da rua e 24,32 L/s para os dois lados, para o escoamento nas sarjetas e bocas de lobo. Para a galeria, a diferença final foi de 22,63 L/s, por causa do acréscimo no tempo de concentração dado ao percurso na tubulação, dessa forma gerando a diminuição da intensidade da chuva e consequentemente reduzindo a vazão, acarretando assim esta pequena diferença.

A partir da redução entre a primeira e a segunda situação na vazão percebe-se que a área da cobertura das residências é a variável primordial para que haja uma maior ou menor diferença na mesma e consequentemente diferenças no dimensionamento da microdrenagem. Para o estudo foi utilizada a cobertura de uma residência padrão que, conforme já mencionado representa cerca de 21% da área do terreno e foi obtida uma diferença de vazão em torno de 23%. Ou seja, para um lado da rua em estudo, com 11 lotes, há uma diferença notória na vazão de escoamento superficial tornando sustentável a possibilidade de implantação de medidas de controle do tipo reservatórios de armazenamento nos lotes, do ponto de vista ambiental. Do ponto de vista financeiro, a comparação que deve ser levada em conta é o custo de implantação do reservatório no lote versus o custo do acréscimo de tubulação, criação de duas bocas de lobo e um poço de visita.

Além do impacto que essa redução da vazão proporciona ao dimensionamento dos elementos da microdrenagem, podemos citar ainda que a redução da vazão é bastante benéfica se analisarmos em longo prazo, pois, devido ao escoamento das águas pluviais pelas sarjetas e bocas de lobo, principalmente, no decorrer dos anos, estas vão aos poucos acumulando resíduos que as obstruem quando não há a devida limpeza e assim diminuindo a capacidade de escoamento vão se formando nos pontos mais baixos locais de alagamentos e até mesmo inundações, já ao reduzir essa vazão que escoar pelos elementos da microdrenagem esse processo é retardado consideravelmente.

O reservatório de armazenamento do lote foi dimensionado pelo método de *Rippl* e mostra-se sustentável sua implantação, pois além de reduzir a quantidade de água escoada também auxilia na economia do consumo de água potável na residência, uma vez que com a construção do reservatório de 13,85 m³, suprirá a necessidade do consumo de águas de fins menos nobres mesmo nos meses de menos chuvas. Essa economia é notória, pois enquanto antes da implantação o consumo mensal era pouco mais que 13 m³ (109,8 L/hab.dia x 4 hab x 30,42 dias/mês), após a implantação esse consumo passa a ser de 8m³, dessa forma obtendo uma economia tanto no

consumo quanto financeira, uma vez que, segundo o Decreto Estadual nº 26.884/2006, o consumo inferior a 10 m³ passa a ser pago como tarifa mínima.

Como a residência adotada para o estudo não ocupa mais que 22% da área do lote, a implantação desse reservatório não traria grandes transtornos em relação à área de ocupação do mesmo, restando como sugestão para seu dimensionamento um quadrado com lado de 2,5 m e uma profundidade de 2,2 m, o que resultará no volume dimensionado.

Com isso, podemos notar que aplicando uma medida de controle do tipo reservatório de armazenamento no lote tanto há a economia de água na residência quanto há a redução da vazão de escoamento superficial, sendo esta uma medida que ajuda com o desenvolvimento sustentável, porém como esse tipo de medida tem de ser implantada dentro da propriedade, muitas vezes a sociedade não tem ciência do benefício desse tipo de medida. A falta das informações que deveriam ser passadas para a sociedade por meio de planos de drenagem urbana e a falta de incentivos para implantar medidas de controle no lote para evitar obras estruturais por parte dos gestores é imensa, dessa forma, estudos, teses e informações acerca deste assunto tem de ser divulgadas e repassadas para a sociedade, para que haja o crescimento e desenvolvimento sustentável do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS. Águas de Chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades. 3ª Edição – São Paulo: Edgard Blücher, 2011. 300 p.
2. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Cadernos CAIXA – Projeto padrão – casas populares de 42m². GIDUR/VT, 2007. Vitória – ES, 42 p.
3. CETESB. (1989). Drenagem urbana: manual de projeto. 3ª edição – São Paulo: CETESB/ASCETESB.
4. ESTADO DA PARAÍBA, Decreto Estadual nº 26.884, 24 de fevereiro de 2006. Disponível em: <<http://www.arpb.pb.gov.br/>>. Acesso em Fevereiro de 2014.
5. NBR 15527. 2007. Água de Chuva – Aproveitamento de Cobertas em Áreas Urbanas para Fins não Potáveis, ABNT. Rio de Janeiro, 2007.
6. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2011. Brasília: PMSS Programa de Modernização do Setor de Saneamento. Ministério das Cidades, 2013.
7. TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. 2ª ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003. 180 p.
8. TUCCI, C.E.M. (2005) Gestão de Águas Pluviais Urbanas. 4.ed. Brasília: Ministério das Cidades. 194 p.