



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

CONTROLE DE ESCOAMENTO NA FONTE COMO ALTERNATIVA COMPENSATÓRIA PARA OS ALAGAMENTOS EM ÁREA DO RECIFE-PE.

*Ricardo Ferraz Xavier Filho*¹; *Marcos Antonio Barbosa da Silva Junior*²; *Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral*³ & *Anísia Oliveira Gomes*⁴

RESUMO – O presente trabalho consiste em avaliar a implantação da Lei Municipal Nº 18.112/2015, como uma medida compensatória em drenagem urbana, numa área fortemente urbanizada e com problemas de alagamentos na cidade do Recife-PE. Dentre os instrumentos de controle de escoamento superficial apresentados na Lei, foi analisada a utilização dos reservatórios de acúmulo e de retardo nos lotes urbanos, situados na área de contribuição ao ponto crítico de alagamento. Verificou-se que, para eventos de chuva com recorrências de 2 e 5 anos, quando utilizado os reservatórios de acúmulo, as reduções de volume de escoamento são da ordem de 36% e 31%, respectivamente. Para os reservatórios de retardo, observou-se um aumento no tempo de concentração da área de montante ao alagamento e uma redução nas vazões de pico de 11% e 24% para os períodos de retorno de 2 e 5 anos, respectivamente. A partir dos resultados, concluiu-se que a utilização dos reservatórios proporcionaram uma redução nos picos de vazão e uma diminuição dos alagamentos, além de servir como acumulador de águas pluviais para posterior reúso.

ABSTRACT – The present work consists of assessing the deployment of Municipal Law # 18.112/2015, as a compensatory measure in urban drainage, in a heavily urbanized area with problems of flooding in the city of Recife-PE. Among the superficial flow control instruments presented in the Law, the use of accumulation and delay reservoirs in urban lots, situated in the area of contribution to the critical point of flooding, was analyzed. It was found that, for rain events with recurrences of 2 and 5 years, when the accumulation reservoirs were used, the reductions in the runoff volume are of the order of 36% and 31%, respectively. For delay reservoirs, an increase in the concentration time of the buildup area to flooding, and a reduction in the of peak flows of 11% and 24% for return periods of 2 and 5 years, respectively, were observed. From the results, it was concluded that the use of reservoirs provided a reduction in peak flow and a decrease in flooding, in addition to serving as rainwater accumulators for later reuse.

Palavras-Chave – Controle de escoamento na fonte, reservatórios, lotes urbanos.

1) Graduando em Engenharia Civil pela UFPE, Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE. E-mail: ricard.ferraz@gmail.com.

2) Mestre em Engenharia Civil pela UPE, Rua Benfica, 455, Madalena, Recife - PE. E-mail: marcos15barbosa@hotmail.com.

3) Professor Titular da UFPE, Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE. E-mail: jcabral@ufpe.br.

4) Mestre em Tecnologia Ambiental pelo ITEP, Av. Prof. Luiz Freire, 700 - Cidade Universitária, Recife - PE. E-mail: anigomes@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, discussões relacionadas à drenagem urbana vêm crescendo consideravelmente, uma vez que ao longo da história de urbanização do Brasil, as cidades brasileiras mantiveram um padrão de crescimento desordenado, gerando diversos problemas relacionados à infraestrutura urbana (transporte, abastecimento, saneamento, etc) e com pouca ação do poder público.

Em meio a tais problemas, com o sistema de drenagem urbana não foi diferente, e tratando especificamente da cidade do Recife, que apresenta problemas históricos relacionados a alagamentos e inundações, as soluções previstas foram sempre para resolver problemas pontuais, sem a finalidade de prevenção.

Além destas limitações, o município ainda possui características físicas que acentuam os problemas de drenagem local, relacionados principalmente à uma ausência de planejamento urbano e o fato de está situada no estuário formado por diversos rios, favorecendo a influência direta da ação das marés (SILVA JUNIOR, 2015).

O agravamento desses problemas vem despertando maior interesse do poder público, assim como vem mudando a cultura das ações, onde começa a se pensar em prevenção, planejamento e responsabilidade ambiental, e não somente em solução para os problemas existentes.

Isso está ligado também à mudança de paradigmas relacionados ao tema, onde hoje não se trata apenas de coletar e drenar a vazão precipitada, caracterizada por uma visão higienista, mas sim de realizar boas práticas para o manejo eficiente das águas urbanas, garantindo dessa forma, as características de pré-urbanização e possibilidades para o reúso desta água.

Como consequência desta mudança de paradigmas, a partir dos anos 2000, cidades brasileiras como: Guarulhos-SP (2000), Nova Iguaçu-RJ (2001), São Paulo-SP (2002), Rio de Janeiro-RJ (2004), Porto Alegre-RS (2005), Curitiba-PR (2007), Niterói-RJ (2008), Belo Horizonte-MG (2010) e Santos-SP (2012) - começaram a dispor de instrumentos legislativos de controle das águas urbanas, regulando o uso de reservatórios de retenção nos lotes urbanos.

Em janeiro de 2015, foi sancionada em Recife a Lei Municipal Nº 18.112, que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do “telhado verde”, e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

Segundo a referida Lei, os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400m² de área de cobertura deverão prever a implantação de telhado verde para a aprovação do órgão gestor da drenagem na cidade. Para lotes com área superior a 500 m² (quinhentos metros quadrados), edificados ou não, com área

impermeabilizada superior a 25% (vinte e cinco por cento) da área total do lote deverão ser executados reservatórios de águas pluviais como condição para aprovação de projetos iniciais.

Baseado neste contexto, a proposta do presente artigo é avaliar a importância da aplicação da sobredita Lei Municipal, como uma medida compensatória em drenagem urbana, numa área fortemente urbanizada e com problemas de alagamentos. Dentre os instrumentos apresentados na Lei, serão avaliados apenas os reservatórios de acúmulo e de retardo.

O ponto de alagamento estudado está localizado nas limítrofes dos bairros de Santo Amaro, Soledade e Boa Vista, mais especificamente no cruzamento da Avenida João de Barros com a Rua Joaquim Felipe (Figura 1). A área de contribuição ao ponto de alagamento é apresentada na Figura 2.

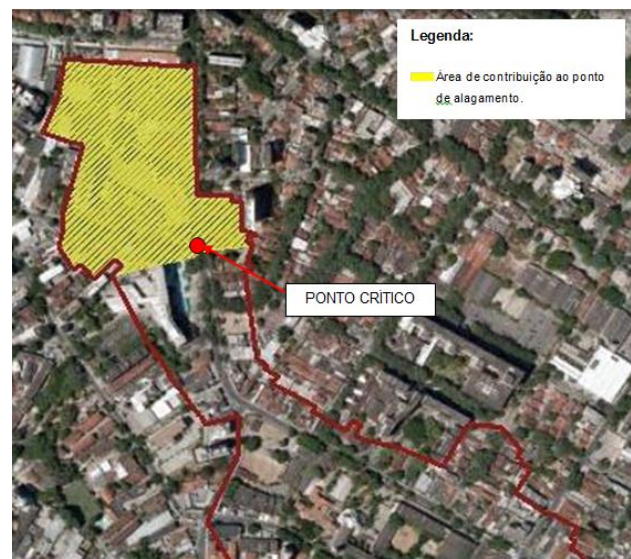
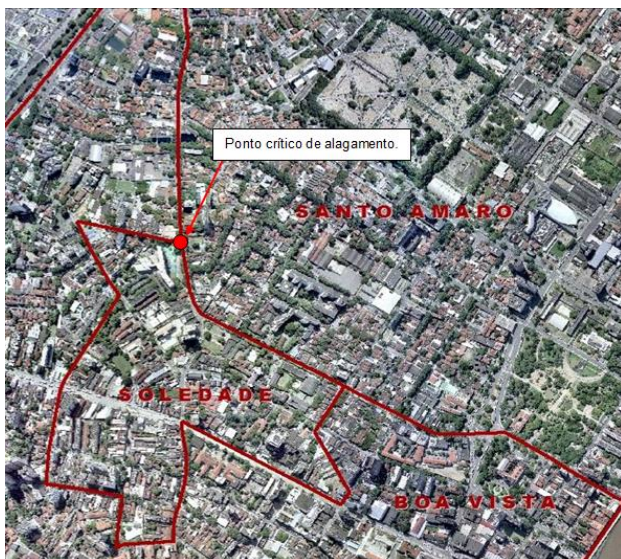


Figura 1. Localização do ponto crítico de alagamento e a delimitação dos bairros.
Fonte: Silva Junior (2015).

Figura 2. Área de contribuição ao ponto de alagamento.

O sobredito ponto crítico também foi objeto de um estudo realizado por Silva Junior (2015), que apresentou soluções mitigadoras para o problema, a partir dos resultados apontados pelas simulações no modelo SWMM. As soluções apresentadas foram de ordem estrutural, com intervenções na rede de drenagem local, verificando 02 possibilidades: adequação da rede de drenagem e implantação de reservatório de retenção.

Ainda com base nesse estudo, foram feitas simulações para recorrências de 2 e 5 anos, equivalentes aos eventos de chuva ocorridos na cidade em 25-26 de junho de 2014 e 17 de maio de 2013. Perpassada as etapas de simulação hidráulica-hidrológica, o citado estudo mostrou que a adequação da rede de drenagem não resolveria os problemas de alagamentos locais, apenas atenuaria e aumentaria a sobrecarga dos condutos à jusante do sistema modificado, enquanto o

reservatório de detenção poderia resolver o problema dos alagamentos, simulados para um evento de dois anos.

2. METODOLOGIA

A partir dos dados obtidos no estudo de Silva Junior (2015) e considerando a área de contribuição ao ponto de alagamento apresentada na Figura 2, foram identificados, cadastrados e quantificados todos os lotes localizados dentro da citada área. Isto porque, as intervenções estudadas neste artigo foram consideradas para cada lote, conforme define a Lei objeto deste estudo.

Para isso, foram utilizados recursos como mapas e imagens de satélite da cidade do Recife, além do auxílio do software AutoCAD 2015 para a identificação, cadastramento e quantificação dos lotes; e de visitas in loco para identificar o tipo de uso de cada lote (imóvel residencial ou comercial, e terrenos).

Concluída esta etapa, foram calculados os reservatórios de detenção e de acumulação para cada lote, com base nas características físicas dos mesmos e nas premissas de dimensionamentos recomendadas pela Lei 18.112/2015.

A citada Lei estabelece que os reservatórios de águas pluviais possam ser:

- I. **Reservatórios de Acumulação**, destinados ao acúmulo de águas pluviais para reaproveitamento com fins não potáveis, com captação exclusiva dos telhados;
- II. **Reservatórios de retardo**, destinados ao acúmulo de águas pluviais para posterior descarga na rede pública, captadas de telhados, coberturas, terraços, estacionamentos, pátios, entre outros.

No Art.4º desta Lei, são apresentadas as formulações necessárias para a obtenção da capacidade total dos reservatórios, na qual deverá ser calculada a partir da seguinte equação:

$$V = K \times A \times I \quad (1)$$

Onde: V – Volume calculado do reservatório (m³);

K – Coeficiente de abatimento (adimensional);

A – Área total do lote (ha);

I – Intensidade da chuva de vazão média de cheias na cidade do Recife (m/h).

Ainda no Art.4º, também são apresentadas as premissas de cálculo para os 2 tipos de reservatórios adotados:

§ 1º - Para os **Reservatórios de Acumulação** devem ser considerados: K = 0,15; I = 0,06 m/h; Prever um extravasor que deverá ser instalado em cota de modo a permitir o vertimento quando o

reservatório atingir 90% do volume calculado, de forma que esta água excedente seja direcionada para a infiltração em área de solo natural do lote.

§ 2º - Para os **Reservatórios de Retardo** devem ser considerados: $K = 0,25$; $I = 0,06$ m/h; O escoamento para o sistema público se dará através de orifício com vazão de restrição em função do coeficiente de escoamento de pré-urbanização. Associado ao orifício, a Lei estabelece que os reservatórios de retardo também sejam dotados de extravasores. O modelo adotado para a determinação da vazão de restrição é o Método Racional (Equação 2).

$$q_r = (C_r \times I \times A) / 360 \quad (2)$$

Onde: Q_r – Vazão de restrição em m^3/s ;

I – Chuva de projeto = 0,06 m/h;

A – Área total do lote (ha);

C_r – Coeficiente de escoamento de pré-urbanização.

Para este trabalho, foi adotado o coeficiente de escoamento de pré-urbanização (C_r) igual ao coeficiente de escoamento superficial (runoff) do início do processo de urbanização do Recife, que era da ordem de 0,15 (EMLURB, 2013 apud SILVA JUNIOR, 2015).

Quanto ao tipo de reservatório a ser adotado, a Lei deixa a escolha a critério do proprietário do lote. Neste estudo, para efeito de comparação da redução do volume de alagamento no ponto crítico estudado, foram dimensionado para cada lote que se enquadra na Lei, os dois tipos de reservatórios exigidos, e na comparação, serão analisadas as seguintes possibilidades:

1. Todos os imóveis operando com Reservatório de Acumulação.
2. Todos os imóveis operando com Reservatório de Retardo.

A importância desta separação se dá pelas diferentes características de cada reservatório. O reservatório de retardo atenuará o pico do escoamento superficial originado dos lotes, por meio de uma vazão de restrição que será liberada para a rede pública de drenagem. Já o reservatório de acumulação deverá verter para infiltração na área de solo natural remanescente do próprio lote. Diante destas especificidades, é possível verificar a eficiência na implantação dos mesmos, na redução da área de alagamento no ponto crítico estudado.

3. RESULTADOS

Inicialmente foram identificados os lotes que estão situados na área de contribuição ao ponto de alagamento, a partir do cadastro de imóveis da Prefeitura do Recife, disponibilizado pelo ESIG (Sistema de Informações Geográficas da Cidade).

A área de contribuição possui aproximadamente 4,68 ha, sendo que 4,13 ha são compostos por 22 lotes e 0,55 ha é formado por ruas, calçadas, avenidas e espaços públicos.

Entre os 22 lotes identificados, 6 lotes foram unificados e convertidos em 3 lotes (116-104, 80-68, 135-119), totalizando assim, 19 lotes. A Figura 3 mostra a disposição dos lotes inseridos na área de contribuição ao ponto de alagamento, com a numeração estabelecida pelo cadastro de imóveis da prefeitura do Recife. Já a Tabela 1, apresenta a caracterização dos lotes situados na sobredita área, definindo a finalidade de uso dos mesmos.

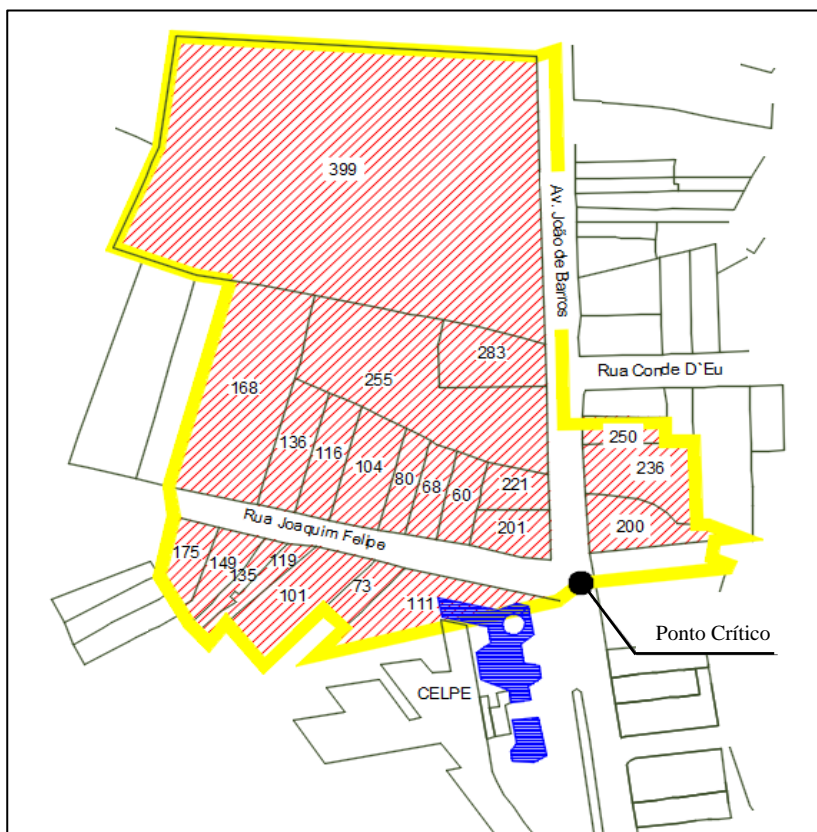


Figura 3. Identificação dos lotes inseridos na área de contribuição ao ponto de alagamento.

Tabela 1. Classificação dos lotes inseridos na área de contribuição ao ponto de alagamento.

Caracterização dos lotes		
ID dos lotes	Nº de lotes	Utilização
283, 168, 201, 175	4	Edifícios residenciais multifamiliares
136, 116-104, 80-68, 60, 149, 135-119, 101, 73, 250, 236, 200	11	Edifícios comerciais
255, 221	2	Terrenos sem uso
111	1	Edifício da sede da Companhia Energética de Pernambuco (CELPE)
399	1	Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco.

Uma vez identificados e caracterizados os lotes, a Lei estabelece que os mesmos estejam sujeitos à regulação quando apresentarem áreas superiores a 500m² ou 0,05 ha e 25% da área impermeabilizada.

Assim, para verificar o impacto da implantação dos reservatórios especificados na Lei 18.112/2015 para o controle dos alagamentos da área estudada, os lotes foram analisados um a um, obtendo-se as suas respectivas áreas e os percentuais de superfícies permeáveis e impermeáveis, com auxílio do AutoCAD 2015 (Figura 4). A Tabela 2 mostram os resultados obtidos no cadastramento proposto.



Figura 4. Discretização das áreas permeáveis e impermeáveis nos lotes.

Tabela 2. Resumo das áreas dos lotes.

ID do lote	Áreas				Percentuais		Enquadramento às condicionantes da Lei 18.112/2015
	Total (ha)	Imperm. (ha)	Perm. (ha)	Coberta (ha)	Imperm. (%)	Perm. (%)	
399	1,89	1,60	0,29	0,51	85%	15%	OK
283	0,11	0,02	0,09	0,02	19%	81%	Não considerado
255	0,42	0,00	0,42	0,00	0%	100%	Não considerado
168	0,36	0,35	0,01	0,12	96%	4%	OK
136	0,09	0,09	0,00	0,03	100%	0%	OK
116-104	0,19	0,18	0,00	0,10	98%	2%	OK
80-68	0,10	0,10	0,00	0,07	100%	0%	OK
60	0,05	0,04	0,01	0,03	77%	23%	OK
221	0,05	0,00	0,05	0,00	0%	100%	Não considerado
201	0,06	0,06	0,01	0,02	87%	13%	OK
175	0,06	0,06	0,00	0,04	100%	0%	OK
149	0,06	0,05	0,00	0,03	93%	7%	OK
135-119	0,07	0,07	0,00	0,05	100%	0%	OK
101	0,14	0,11	0,02	0,06	83%	17%	OK
73	0,04	0,04	0,00	0,03	100%	0%	Não considerado
111	0,15	0,06	0,09	0,00	42%	58%	OK

ID do lote	Áreas				Percentuais		Enquadramento às condicionantes da Lei 18.112/2015
	Total (ha)	Imperm. (ha)	Perm. (ha)	Coberta (ha)	Imperm. (%)	Perm. (%)	
250	0,04	0,04	0,00	0,02	100%	0%	Não considerado
236	0,13	0,05	0,08	0,04	38%	62%	OK
200	0,10	0,06	0,03	0,03	65%	35%	OK
TOTAIS	4,13	3,00	1,13	1,20	-	-	-
	MÉDIA				73%	27%	-

Como visto na Tabela 2, os lotes 283, 255 e 221 não estão enquadrados nas condicionantes da Lei, no que se refere à área impermeabilizada (menores que 25%), assim como os lotes 73 e 250, por possuírem áreas inferiores a 500m².

Para o cálculo dos reservatórios especificados na Lei analisada, com finalidade de acumulação, as áreas dos telhados foram obtidas considerando que a captação do reservatório se dará exclusivamente pelo telhado, e, portanto, toda a área residual (composta pelo restante da área do lote) contribuirá normalmente, sem redução, para o sistema de drenagem pública.

Aplicando as equações de dimensionamento dos reservatórios apresentados no item de metodologia, encontrou-se os seguintes resultados considerando o funcionamento de acumulação e retardo (Tabela 3).

Tabela 3. Volume dos reservatórios de acumulação e retardo.

ID do Lote	Reservatórios de Acumulação	Reservatórios de Retardo	
	Volume (m ³)	Volume (m ³)	Vazão de Restrição (m ³ /s)
399	169,90	283,16	0,47
168	32,58	54,31	0,09
136	8,23	13,72	0,02
116-104	16,79	27,98	0,05
80-68	9,37	15,62	0,03
60	4,91	8,18	0,01
201	5,79	9,64	0,02
175	5,34	8,91	0,01
149	5,12	8,54	0,01
135-119	6,40	10,67	0,02
101	12,46	20,77	0,03
111	13,56	22,59	0,04
236	11,69	19,49	0,03
200	8,68	14,46	0,02
TOTAIS	310,82	518,03	0,86

As condições hidrológicas da área de contribuição ao ponto de alagamento foi calculada por Silva Junior (2015), considerando um tempo de concentração de 15 minutos e as recorrências de 2 e 5 anos. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos relacionando as vazões máximas e volumes gerados com reduções verificadas com a utilização dos reservatórios de acumulação e retardo, considerando os períodos de retorno mencionados.

Tabela 4. Síntese dos resultados obtidos.

Parâmetros		Variáveis	TR: 2 anos	TR: 5 anos
Condições hidrológicas na área de montante ao ponto de alagamento		Tempo de concentração (min.)*	15	15
		Vazão máxima (m ³ /s)*	0,97	1,13
		Volume gerado (m ³)	874,26	1018,89
Reservatórios	Acumulação	Redução do volume gerado (%)	36	31
		Retardo	Redução da vazão máxima gerada (%)	11
			Tempo de concentração para a vazão de restrição (min.)	17

Nota: Valores extraídos do estudo de Silva Junior (2015).

- Reservatórios de acumulação

Com base nas Tabelas 3 e 4, verificou-se que se todos os lotes considerados apresentassem um reservatório de acumulação, o volume total amortecido seria de 310 m³. Esse valor representa uma redução de 36% do volume gerado por um evento de 2 anos de recorrência, e 31% do volume gerado por um evento de 5 anos.

- Reservatórios de Retardo

Com a implantação de reservatório de retardo nos lotes, as Tabelas 3 e 4 mostram que a vazão máxima de restrição gerada na área de montante ao ponto de alagamento é de 0,86 m³/s. Isso significa uma redução no pico de vazão na ordem de 11% para eventos de 2 anos de recorrência e 24% para eventos de 5 anos. Com redução dos picos de vazão, tem-se um retardo no tempo de concentração da área. Para eventos de 2 anos, verificou-se que o tempo de concentração passou a ser de 17 minutos (um aumento de 2 minutos). Já para eventos de 5 anos, o incremento foi de 5 minutos, resultando num tempo de concentração igual a 20 minutos.

Para atendimento da vazão de restrição, a Lei prevê o dimensionamento de um orifício de descarga associado a um extravasor. Em termos médios, verificou-se que, a partir das vazões de restrições calculadas em cada lote, o diâmetro médio adotado para os orifícios é da ordem de 0,30 cm. Este orifício deverá ser ligado à rede de drenagem através de condutos e/ou tubulações com diâmetro equivalente a vazão de restrição do orifício acrescida da vazão máxima vertida no extravasor.

4. CONCLUSÃO

De uma maneira geral, observa-se que, para a área estudada, o uso de reservatórios de detenção em nível de lote, previstos na Lei Municipal Nº 18.112/2015, apresenta-se como uma das

possibilidades para a redução dos picos de cheia e conseqüentemente alagamentos, mostrando também que pode servir como um acumulador de águas pluviais para posterior uso.

Segundo a citada Lei, os reservatórios para acumulação ou retardo das águas pluviais poderão ser construídos na área de solo natural, correspondente em até 10% desta área. Com a adoção desta técnica, evita-se o bombeamento imediato da água de drenagem dos prédios situados na Rua Joaquim Felipe, no momento em que está chovendo.

Além das medidas indicadas, outras também são necessárias, como o controle efetivo da urbanização, evitando a impermeabilização excessiva das poucas áreas de solo exposto ou com vegetação, existentes na área de contribuição ao ponto de alagamento.

BIBLIOGRAFIA

RECIFE. *Lei nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015*: Institui sobre a obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais em novas edificações no Recife. Disponível em: <http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280138>. Acesso em: 30 abr. 2016.

SILVA JÚNIOR, M. A. B. *Alternativas compensatórias para controle de alagamentos em localidade do Recife - PE*. 2015. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.