



EIXO TEMÁTICO:

- Desastres, Riscos Ambientais e a Resiliência Urbana
- Drenagem Urbana Sustentável
- Engenharia de Tráfego, Acessibilidade e Mobilidade Urbana
- Habitação e a Gestão Territórios Informais
- Infraestrutura, Espaços Públicos e Ambiência Urbana
- Intervenções e Requalificações da Cidade Contemporânea
- Patrimônio Histórico: Temporalidade e Intervenções
- Políticas Públicas, Justiça Social e o Direito a Cidade
- Saneamento Ambiental
- Tecnologia e Sustentabilidade na Construção Civil

Avaliação do sistema de microdrenagem visando à sustentabilidade de área urbana com problemas de alagamentos e influência das marés

Assessment of the micro-drainage system to the sustainability of urban area with tidal influence and flooding problems

Evaluación del sistema micro drenaje a la sostenibilidad de área urbana con problemas de inundaciones y mareas

Marcos Antonio Barbosa da Silva Junior

Mestre em Engenharia Civil, UPE, Brasil.
marcos15barbosa@hotmail.com.br

Simone Rosa da Silva

Professora Doutora, UPE, Brasil.
simonerosa@poli.br

Roberta de Melo Guedes Alcoforado

Professora Doutora, UPE, Brasil.
ralcoforado@projetechnet.com.br



RESUMO

Nas últimas décadas, o processo acelerado e não planejado de urbanização produziu grandes alterações no ambiente urbano, que se projetaram em impactos significativos sobre a drenagem urbana. Essa situação se agrava principalmente nas planícies costeiras, como é o caso da cidade do Recife, que teve seu processo de ocupação urbana de forma desordenada, possui uma pluviosidade elevada e dispõe de um sistema de drenagem altamente vulnerável às oscilações de maré. Baseado neste cenário, o presente trabalho avalia o sistema de microdrenagem de um ponto crítico de alagamento, buscando propor melhorias para adequação do mesmo. Apresenta-se um diagnóstico expedito da rede de drenagem local, com base nas vistorias procedidas na área, durante o período seco e chuvoso, e nos dados do cadastro técnico disponibilizado pela Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), órgão gestor da drenagem urbana na cidade. Sugerem-se como medidas atenuantes ao problema de alagamento: identificação dos trechos obstruídos da rede de drenagem; limpeza das ruas e calçadas; incentivo ao uso de grelhas com manutenção sistemática, em substituição as bocas de lobo convencionais; e uso de microrreservatórios de detenção em nível de lote, visando à redução dos picos de cheia e consequentemente alagamentos, podendo servir como acumulador de águas pluviais para posterior reúso.

PALAVRAS-CHAVE: Microdrenagem. Alagamentos. Medidas atenuantes.

ABSTRACT:

In recent decades, the accelerated and unplanned urbanization process has produced major changes in the urban environment, which are projected in significant impacts on urban drainage. This situation is aggravated the coastal plains, as is the case of the city of Recife, which had its urban occupation process in a disorderly way, has a high rainfall and offers a drainage system that is highly vulnerable to the tide fluctuations. Based on this scenario, the present study assesses the micro-drainage system of a critical flooding point, seeking to propose improvements to its adequacy. It presents an expedite diagnosis of the local drainage network, based on surveys performed in the area during the dry and rainy period and the data in the technical records made available by the Urban Maintenance and Cleaning Company (EMLURB), managing body of urban drainage in the city. As mitigating measures to the problem of flooding, the following is suggested: identification of blocked passages in the drainage network; cleaning streets and sidewalks; incentives to the use of grilles with systematic maintenance, in place of the conventional sluice gates; and use of detention micro reservoirs at lot level, aiming to reduce the full peaks and consequently floods, and may serve as rainwater accumulators for later reuse.

KEYWORDS: Microdrainage. Flooding. Mitigation measures.

RESUMEN:

En las últimas décadas, la urbanización ha avanzado de manera acelerada y desordenada, produciendo alteraciones significativas en el entorno urbano. Esta situación se agrava a medida que transcurre el tiempo en las llanuras costeras, tales como como la ciudad de Recife, donde frecuentan grandes precipitaciones y altas mareas. La problemática nace por un proceso de asentamiento desenfrenado que no fue acompañado con la construcción de un sistema de drenaje adecuado a medida que incrementaba la población, siendo la causa de que hoy se encuentra vulnerable a estos factores climáticos. Sobre la base de este escenario, el estudio evalúa el sistema de micro drenaje desde un punto crítico de la inundación, tratando de proponer mejoras a la adecuación. Presenta un diagnóstico rápido de la red de drenaje locales, basado en encuestas procedentes del área durante la estación seca y lluviosa, y los datos de registro técnicos proporcionados por la empresa de mantenimiento y limpieza urbana (Emlurb), órgano de gobierno del drenaje urbano en la ciudad. Se proponen como medidas de mitigación para el problema de las inundaciones: identificación de las partes bloqueadas del sistema de drenaje; la limpieza de las calles y aceras; fomentar el uso de las redes con un mantenimiento sistemático, en sustitución de compuertas convencionales; y el uso de micro depósito de detención a nivel de lote, teniendo como objetivo la reducción de los picos de inundación y en consecuencia la inundación, el agua de lluvia puede servir como acumulador para su posterior reutilización.

PALABRAS CLAVE: Micro drenaje. Inundaciones. Medidas de mitigación.



INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerado e não planejado das cidades tem apresentado grandes mudanças no meio ambiente, acarretando sérios problemas para a infraestrutura urbana.

Um dos impactos decorrentes deste desenvolvimento acelerado está relacionado à drenagem das águas pluviais, caracterizado pelos alagamentos nos centros urbanos na ocorrência de chuvas. Entretanto, outros problemas, como poluição de mananciais e erosão, também estão relacionados diretamente com a urbanização e a drenagem pluvial (SILVA, 2006).

Yannopoulos (2013) enfatiza que este processo produz o aumento e a aceleração do escoamento superficial das águas pluviais, além de diminuir a capacidade de infiltração da água no solo.

Essa situação se agrava principalmente nas planícies costeiras, como é o caso da cidade do Recife, que teve seu processo de ocupação urbana de forma desordenada e possui um sistema de drenagem altamente vulnerável às oscilações de maré, podendo provocar sérios problemas de alagamentos em períodos de chuvas intensas combinados com maré alta (SILVA JÚNIOR, 2015).

OBJETIVOS

Diante das peculiaridades urbanísticas e geográficas apresentadas pela cidade, atualmente o Recife apresenta 159 pontos de alagamentos, catalogados pela Emlurb (Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana), como os mais críticos. Com base neste cenário, o presente trabalho consiste em avaliar o sistema de microdrenagem de um destes pontos de alagamento, identificando as principais causas associadas ao problema e propondo melhorias para adequação da rede de drenagem local.

METODOLOGIA / MÉTODO DE ANÁLISE

Em linhas gerais, a avaliação proposta para o sistema de microdrenagem da área estudada foi conduzida a partir das seguintes fontes de informação:

- Articulação com técnicos da Prefeitura do Recife: Foram procedidas reuniões com técnicos da Emlurb, órgão responsável pela gestão da drenagem urbana na cidade, para a definição do ponto crítico, obtenção de dados topográficos e cadastrais da rede de drenagem na área estudada, que fundamentaram a análise.
- Visitas de campo: Foram realizadas duas vistorias no local, sendo uma durante o período seco e a outra no período chuvoso. No período seco foram identificados, fotografados e mapeados os principais elementos de drenagem com interferência direta ao ponto crítico de alagamento. O período chuvoso foi acompanhado no seu momento mais intenso de precipitação, observando as alturas de lâmina d'água e a extensão do alagamento provocado em decorrência do evento de precipitação considerado.



DISCUSSÃO

a) *Estudo de Caso*

O ponto crítico de alagamento, objeto de análise deste artigo, está localizado no bairro da Soledade, município do Recife, mais especificamente no cruzamento da Avenida João de Barros com a Rua Joaquim Felipe. Para a consolidação deste estudo, foi necessário analisar o incremento do volume de escoamento provocado pela urbanização, a montante do ponto crítico em questão. Assim, outros bairros vizinhos ao bairro da Soledade (Boa Vista e Santo Amaro) foram considerados na análise.

Desde a sua origem, as cidades vão passando por transformações, e no Recife não tem sido diferente. A partir do novo desenho dos bairros, em 1988 surgiu o bairro da Soledade, cuja área pertencia ao bairro da Boa Vista. Segundo o Plano Diretor da Cidade do Recife, em 1996, o bairro da Boa Vista possuía a segunda maior área construída do Recife (832.808 m²), e o bairro de Santo Amaro, a quarta maior área construída (535.696 m²).

No entanto, levando em consideração o ano 2003, o bairro de Santo Amaro apresentou um crescimento de 49% de área construída, e o bairro da Boa Vista, um crescimento inferior a 20%. Já o bairro da Soledade, de acordo com o Censo do IBGE (2000) e dados da Prefeitura do Recife, é predominantemente residencial, com 1.257 imóveis, seguido por 477 imóveis não residenciais e 352 terrenos. A Tabela 1 mostra a área e a variação populacional dos bairros de Santo Amaro, Boa Vista e Soledade, em 1991, 2000 e 2010.

Tabela 1: Área e evolução populacional dos bairros de Santo Amaro, Boa Vista e Soledade.

Bairros	Área (ha)	População (hab.)		
		1991	2000	2010
Santo Amaro	380	30.095	29.140	27.939
Boa Vista	176	17.059	14.033	14.778
Soledade	32	2.882	2.201	2.495

Fonte: Censos do IBGE 1991, 2000 e 2010.

Diante do crescimento acelerado na área de montante ao ponto de alagamento, grande parte das áreas permeáveis foi se tornando impermeável, tendo como consequência a diminuição da capacidade de infiltração e o aumento do escoamento superficial pelas ruas e avenidas. Além disso, a infraestrutura de drenagem não acompanhou o processo de urbanização dessas áreas, tornando-a ineficiente diante da sobrecarga das tubulações existentes com vistas na realidade atual. Por causa disto, em períodos chuvosos ocorrem alagamentos que se concentram na Avenida João de Barros, próximo à Rua Joaquim Felipe.

A Figura 1 mostra, a partir da ortofotocartas de 2007 da cidade do Recife, a localização do ponto crítico de alagamento e a delimitação dos bairros inseridos na área de estudo; a Figura 2 mostra a área de contribuição ao ponto de alagamento, obtida no ambiente CAD a partir da delimitação dos lotes e quadras, topografia e os subsistemas de microdrenagem existentes; e a Figura 3 mostra a localização das principais vias que cortam a área de estudo.

Figura 1: Localização da área de estudo e disposição dos pontos críticos de alagamentos nos arredores.



Fonte: O autor.

Figura 2: Área de contribuição ao ponto crítico.



Fonte: O autor.

Figura 3: Principais vias que cortam a área de estudo.



Fonte: Google Earth.

De acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo do Recife (Lei nº 16.176/96), a área de contribuição ao ponto de alagamento encontra-se situada na ZUP 01 (Zonas de Urbanização Preferencial), que, segundo a sobredita lei, no seu artigo 10º, possibilita alto poder construtivo. No Art. 66 da referida lei, a Taxa de Solo Natural (TSN) para a ZUP 01 deverá ser de 25%, admitindo-se uma parte tratada com revestimento permeável, desde que sejam preservadas as árvores existentes, na proporção de 10 m² por árvore, não podendo o somatório dos valores correspondentes às árvores exceder a 5% da área total do terreno.

O processo de urbanização na área, assim como para todo o Recife, ocorreu principalmente a partir de 1970, como reflexo do aumento populacional registrado entre o período de 1940 a 1970. A Figura 4 mostra imagens históricas aéreas da área de estudo, datadas dos anos de 1974 e 2007. Nelas, observa-se que não houve avanços significativos no processo de ocupação, uma vez que sua consolidação se deu antes deste período, quando o bairro da Soledade

pertencia ao bairro da Boa Vista. Apesar disso, é possível observar algumas mudanças caracterizadas pelo processo de verticalização, com a construção de mais edifícios, como o prédio da Companhia Elétrica de Pernambuco - Celpe, em destaque na Figura 4.

Figura 4: Processo de urbanização na área de montante ao ponto crítico de alagamento em estudo.



Fonte: Condepe-Fidem (1974); Prefeitura do Recife (2007).

Com o intenso processo de ocupação sem o devido planejamento urbanístico, aliado à falta de infraestrutura de drenagem, é inevitável que ocorram problemas de alagamentos nos eventos chuvosos. Através de um rápido levantamento nos sites de pesquisa da internet, puderam-se encontrar diversos artigos e reportagens que refletem esta problemática na área estudada. Assim, a Figura 5 mostra imagens dos alagamentos nos meses de julho, junho e abril de 2013.

Figura 5: Sequência de imagens de alagamentos na área em estudo.



Alagamento provocado pela chuva do dia 15/07/2013.

Alagamento provocado pela chuva do dia 05/06/2013.

Alagamento provocado pela chuva do dia 24/04/2013.

Fonte: FolhaPE; LeiaJá; JConline.

b) Diagnóstico da rede de drenagem existente

Foram realizadas visitas com o intuito de reconhecer a área em estudo e verificar as causas dos alagamentos que ocorrem atualmente. Foram percorridos toda a Rua Joaquim Felipe e um trecho da Avenida João de Barros até a Rua do Príncipe, para identificar os elementos de drenagem e suas atuais condições (Figura 6). Na ocasião da visita, também foi possível obter informações de alguns moradores e comerciantes da área, com detalhes sobre os transtornos

causados em dias de chuvas na área em questão. Segundo eles, nos períodos de chuva a altura de alagamento chega próxima dos 30 cm, fazendo com que alguns comerciantes aumentassem o nível do piso de seu comércio em relação à calçada (Figura 7). Além disso, com o alagamento da via, que ultrapassa o nível da calçada, é vetada a possibilidade dos pedestres transitarem na área, tendo que utilizar o jardim do prédio da Celpe para se deslocar.

Figura 6: Av. João de Barros com a Rua Joaquim Felipe.



Figura 7: Nível do piso em relação à calçada.



A Rua Joaquim Felipe é um importante eixo viário e possui um tráfego intenso, pois liga outras vias importantes, como a Avenida Agamenon Magalhães e Avenida João de Barros. Durante os eventos de chuva, com a ocorrência de alagamentos, os veículos passam com dificuldades, causando congestionamento no local.

Segundo o cadastro da rede de drenagem da Prefeitura do Recife, cedido pela Emlurb, a rua em questão, com extensão de 250 metros, possui apenas 55 metros de galerias com diâmetro de 300 mm, que se ligam à rede de drenagem da Avenida João de Barros, com diâmetro de 400 mm, e o trecho restante da via possui drenagem superficial através das sarjetas. Isso se deve ao fato de que, segundo técnicos da Emlurb, a citada rua possui uma câmara subterrânea de telefonia da antiga Telpe, que abrange toda a largura da rua, impossibilitando a implantação de um sistema de drenagem por galerias em toda a extensão da Joaquim Felipe.

Observou-se, a partir de limites topográficos locais, que nem toda a Rua Joaquim Felipe drena para Avenida João de Barros, pois parte das águas pluviais são drenadas pelas sarjetas até a Rua João Fernandes Vieira, sendo conduzidas por meio de seu sistema de drenagem até o canal Derby-Tacaruna. Durante a visita à Rua Joaquim Felipe, verificou-se que, apesar de as condições topográficas e a rede de drenagem existente serem desfavoráveis, as causas dos alagamentos não podem ser atribuídas somente à falta de capacidade de captação de água das bocas de lobo ou da condução de água pelos condutos.

Percebeu-se uma significativa quantidade de lixo e sedimentos depositados nestas estruturas de drenagem, obstruindo assim a passagem das águas pluviais para os condutos. Isso porque, na rua em questão, existem faculdades e cursos preparatórios, além de comerciantes, que contribuem para o acúmulo de resíduos nestes elementos de drenagem (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8: Boca de lobo obstruída.



Figura 9: Resíduos na boca de lobo.



Além disso, trata-se de uma área bastante arborizada, o que exige uma maior atenção quanto aos serviços públicos de limpeza urbana, uma vez que se observou uma grande quantidade de folhas caídas e depositadas nos elementos de drenagem da via. Outro fator importante é que muitas árvores estão localizadas próximas às bocas de lobo, podendo ocorrer a invasão de suas raízes, provocando obstruções na estrutura (Figura 10 e Figura 11).

Figura 10: Presença de folhas secas em bocas de lobo.



Figura 11: Árvores próximas a bocas de lobo.



Alguns edifícios possuem drenagem direta para a rua, sem que haja uma detenção de parte do volume da água de chuva contribuinte à via, gerando, dessa forma, um incremento significativo de volume escoado pela rede de drenagem já deficiente (Figura 12). Verificou-se, ainda, a presença de esgoto a céu aberto, percorrendo pelas sarjetas e desaguando nas bocas de lobo, comprometendo ainda mais a eficiência do sistema de drenagem local (Figura 13).

A Figura 14 mostra um mapeamento realizado durante as inspeções de campo, a partir dos registros fotográficos dos elementos de drenagem identificados na área de estudo.

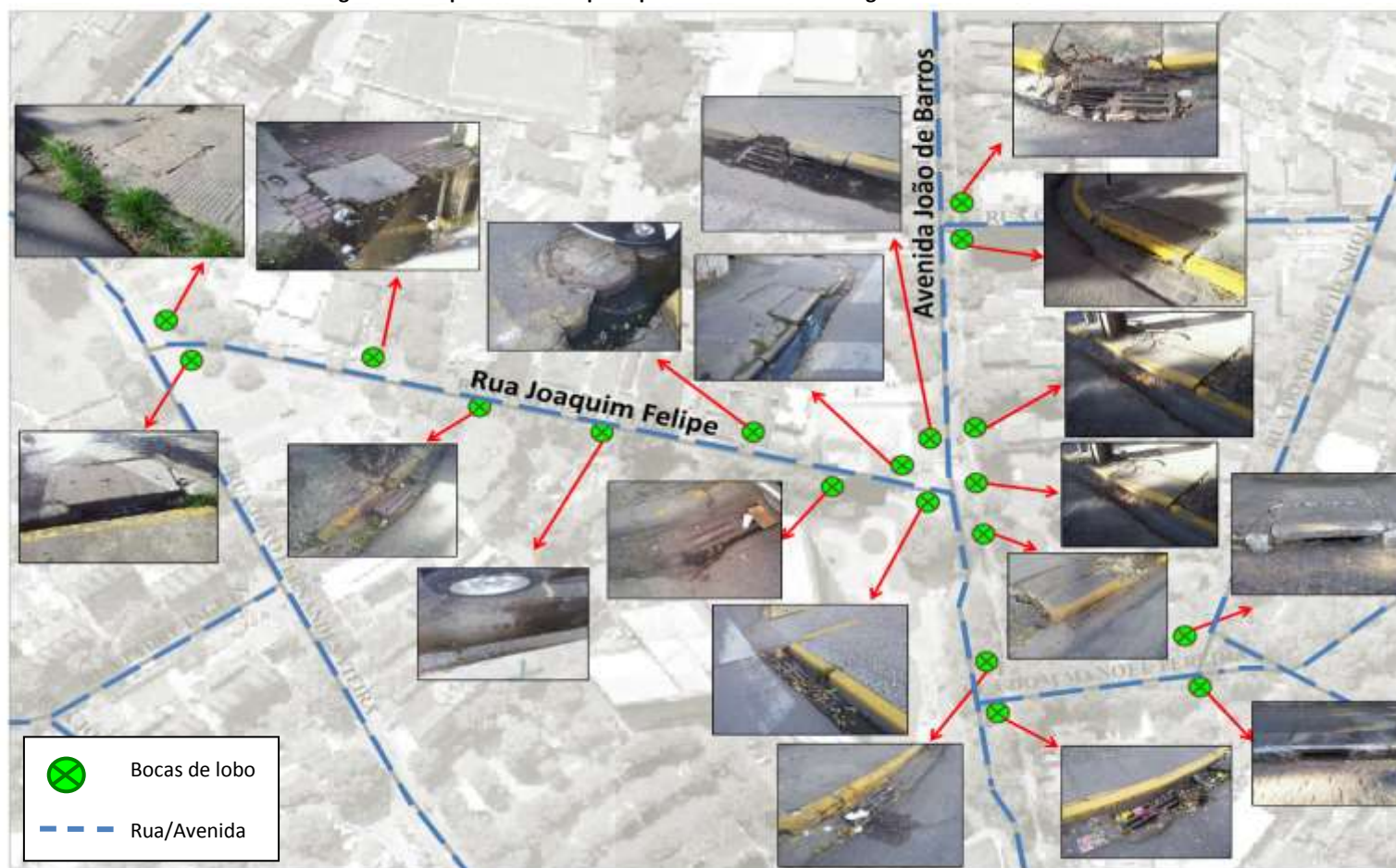
Figura 12: Ligação direta da drenagem do prédio na rua.



Figura 13: Presença de esgoto na rede de drenagem.



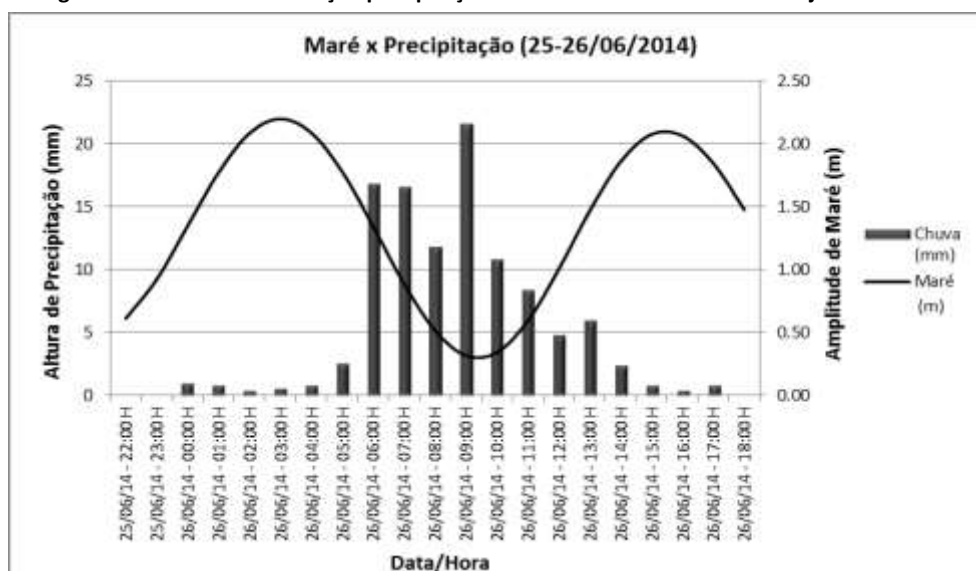
Figura 14: Mapeamento dos principais elementos de drenagem da área em estudo.



c) Reflexos de um evento de precipitação intensa no ponto crítico estudado

Entre os dias 25 e 26 de junho de 2014, a Região Metropolitana do Recife sofreu com um evento extremo de precipitação, que causou vários transtornos à população. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), o total precipitado na estação automática Recife-303A entre 22h do dia 25 e 18h do dia 26 foi de 107,6 mm, correspondente a 35% do total da média do mês de junho. A maior parte do total precipitado neste dia concentrou-se num curto período, tendo precipitado 66,80 mm entre 6h e 10h do dia 26. Na oportunidade a maré estava baixa, atingindo a baixa-mar de 0,30 m às 9h45 (Figura 15).

Figura 15: Gráfico com a relação precipitação x maré entre os dias 25 e 26 de junho de 2014.



Os impactos desse evento refletiram-se principalmente na mobilidade urbana, com alagamentos em vários pontos estratégicos da cidade, que na oportunidade sediava uma das partidas de futebol da Copa do Mundo. As Figuras 16 e 17 mostram os efeitos deste evento no ponto crítico estudado. No momento da fotografia, registrada às 9h54, já havia precipitado 73,20 mm (68% do total precipitado neste evento) e a maré estava baixa. Essa situação provocou uma altura aproximada de alagamento de 14 cm acima do nível da calçada.

Figura 16: Rua Joaquim Felipe no período seco (a) e no período chuvoso (b).



Figura 17: Altura da lâmina d'água do alagamento provocado pelas chuvas dos dias 25 e 26 de junho de 2014.



Na oportunidade, foi delimitada uma área de alagamento com base nas observações “in loco” durante o evento de precipitação intensa considerado. A Figura 18 mostra o resultado dessa delimitação. Diante disso, verificou-se que a área de alagamento apresentou uma extensão média estimada em 1.300 m².

Figura 18: Área de alagamento resultante do evento de precipitação entre os dias 25 e 26 de junho de 2014.

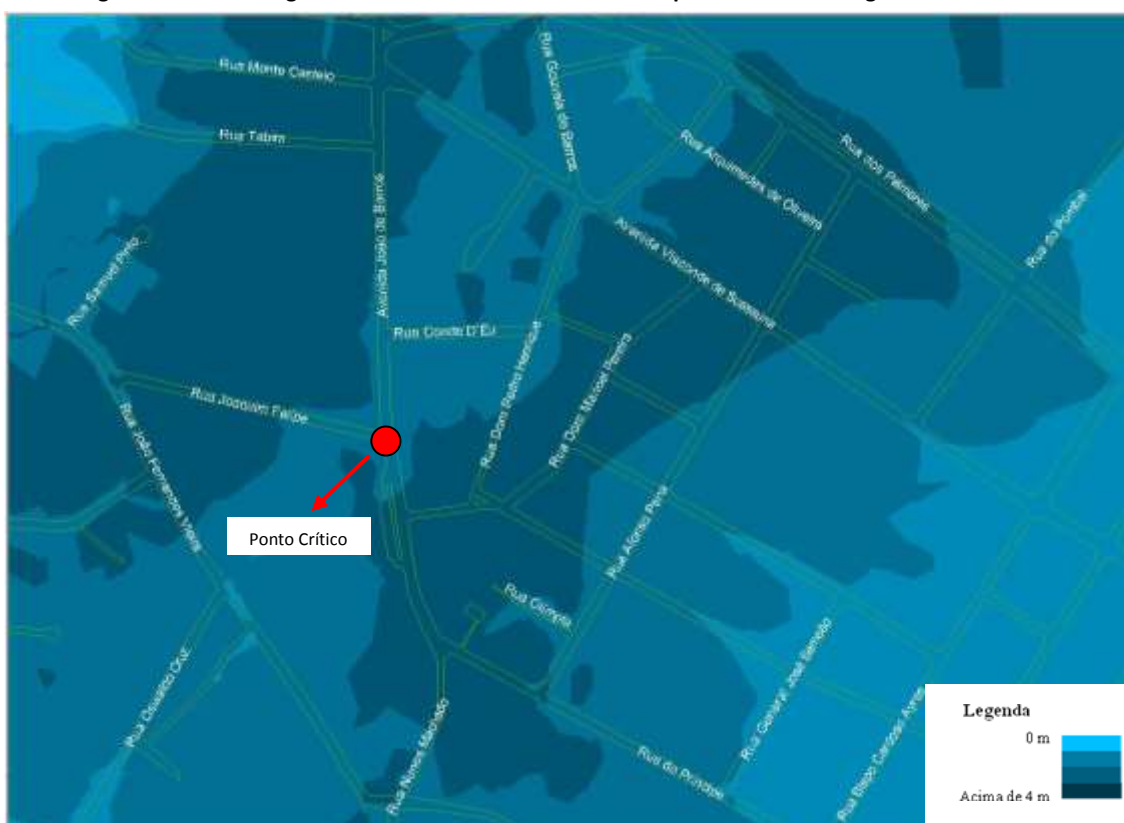


Com base na área da figura anterior e na altura máxima da lâmina d'água observada no ponto crítico estudado, estima-se que o volume d'água do alagamento provocado pelo evento de precipitação foi da ordem de 182 m³.

d) Considerações sobre a topografia local

A cidade do Recife possui uma topografia relativamente plana, ou seja, é uma área de planície, que, no geral, apresenta cotas que variam de 0 a 5 m, podendo atingir valores um pouco superiores. Para uma análise do local em estudo, a topografia da área foi obtida a partir do site de informações geográficas da cidade do Recife (Prefeitura do Recife – ESIG). A partir do dado disponibilizado, as curvas de topografia a cada 1 metro foram vetorizadas em ambiente CAD, e foi gerado um Modelo Digital do Terreno (MDT) no Civil 3D. A Figura 19 mostra o resultado deste procedimento, indicando o ponto de alagamento estudado.

Figura 19: Modelo digital do terreno na área de entorno ao ponto crítico de alagamento estudado.



Na Figura 19, o azul mais escuro indica as áreas mais altas. Verifica-se que o ponto crítico estudado encontra-se numa situação de “confinamento” entre as áreas mais altas. Essa situação possibilita o direcionamento do escoamento superficial das águas pluviais para o ponto em questão, deixando-o numa situação de retenção, quando o sistema de drenagem no local não funciona adequadamente. E isso de fato ocorre, onde neste trecho apresenta uma condição desfavorável de escoamento pelos condutos subterrâneos, dificultando o deslocamento do fluxo das águas pluviais pelas galerias.

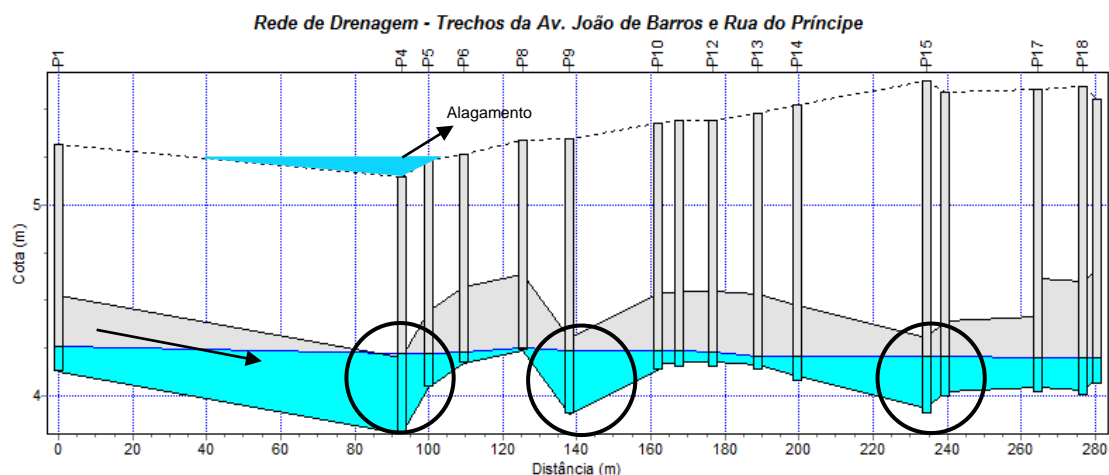
e) Constatações verificadas na rede de galerias da área em estudo

Durante a análise da rede de drenagem do bairro da Soledade, verificou-se que alguns trechos estavam estrangulando o fluxo das águas pluviais, causando problemas de alagamentos em algumas áreas do bairro. O cadastro do sistema de drenagem da área foi cedido em meio digital pela Emlurb. Este cadastro não estava completo, sendo complementado com informações da planta cadastral do sistema de microdrenagem do Recife, realizada pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) nos anos 80, também cedida pelo órgão em meio impresso. Além disso, foram feitos pela Emlurb, levantamentos topográficos complementares de alguns poços de visita, melhorando o dado cedido.

De posse do cadastro da área, uma das formas de se conhecer as condições de escoamento de uma rede de galerias de drenagem é através da sua representação em perfil longitudinal. A partir disto, é possível observar os trechos mais críticos, facilitando a definição de medidas que melhorem o escoamento ao longo da rede, através da definição de dimensões adequadas para os trechos da rede estudada, de modo a evitar os alagamentos.

A Figura 20 mostra o perfil longitudinal da galeria de drenagem, situada na Avenida João de Barros até a Rua do Príncipe, representando os trechos com problema de declividade e que interferem no deslocamento do fluxo do escoamento. Entre os poços de visita 1 e 17 os condutos circulares possuem diâmetros de 400 mm e o trecho de galeria a jusante do poço de visita 17 apresenta diâmetro de 600 mm.

Figura 20: Perfil da galeria da Avenida João de Barros com a Rua do Príncipe.



Estas diferenças de declividades no sentido inverso ao deslocamento do fluxo das águas provocam a retenção das águas pluviais nestes trechos, ocasionando o extravasamento da água, vindo a causar os alagamentos. Além disso, com essa configuração, é provável que haja uma deposição de sedimentos nos poços de visita com cotas de radiers mais baixas, causando uma diminuição na seção da galeria, dificultando ainda mais o fluxo do escoamento das águas nestes trechos, mais especificamente no poço de visita 4. É importante ressaltar esta junção



“P4” recebe a galeria com diâmetro de 300 mm da Rua Joaquim Felipe, que, apesar de obstruída, aumenta um pouco mais a contribuição para este ponto. Esta irregularidade da rede existente pode ser uma das causas dos alagamentos recorrentes na área em estudo.

Conforme verificado na Figura 20, o maior desnível a ser vencido é de aproximadamente 24 cm, num trecho de galeria com extensão de 7,30 m, representando assim, uma declividade negativa de 3,29%. Este trecho encontra-se entre os poços de visita 4 e 5, local este onde ocorre o alagamento estudado.

Analisando as causas que provocaram o rebaixamento de alguns poços de visita, mais especificamente o “P4”, possivelmente houve um recalque da estrutura, fazendo com que a cota de fundo deste poço de visita ficasse mais baixa em relação ao poço de visita de jusante, provocando, então, esta interferência no sentido do fluxo de escoamento das águas pluviais. Segundo Alheiros, Menezes e Ferreira (1990) esse fato é bastante comum na planície do Recife, que possui origem flúvio-marinha, apresentando depósitos de argila orgânica mole e média em cerca de 50% da área da planície, e muitas vezes com espessuras superiores a 15 m. Visando uma solução para este trecho, é necessário, primeiramente, que sejam readequadas as cotas de fundo das galerias, permitindo que as águas pluviais possam escoar por gravidade, garantindo assim a eficiência do sistema de drenagem.

Além dos problemas de declividade, outra constatação é sobre as seções das galerias que compõe o sistema de drenagem local, encontrando-se subdimensionadas para as vazões afluentes. Isso se deve ao fato de que o sistema de drenagem do Recife foi concebido para atender a uma vazão afluente menor, quando o padrão urbanístico da cidade era outro.

CONSIDERAÇÕES

De posse de uma avaliação prévia do sistema de drenagem foi possível estabelecer medidas atenuantes aos problemas de alagamentos no ponto crítico estudado, a saber:

- Necessidade de verificação dos trechos obstruídos da rede de drenagem, pois este problema interfere na passagem do fluxo pela galeria. Após essa verificação, é necessária a limpeza dos condutos.
- É importante a realização da limpeza das ruas e calçadas diariamente, uma vez que na área em estudo existem faculdades e cursos preparatórios, além de comerciantes, como se verificou anteriormente;
- A manutenção das galerias e condutos de drenagem deve ser feitas mensalmente, pois o bairro é bastante arborizado;
- Incentivo ao uso de grelhas com manutenção sistemática, em substituição as bocas de lobo convencionais, impedindo desta forma, a entrada de resíduos sólidos que, quando não as entope, são conduzidos para os corpos receptores, contribuindo para a poluição dos cursos d’água e das praias;
- Evitar o bombeamento imediato da água de drenagem dos prédios situados na Rua Joaquim Felipe, no momento em que está chovendo, recorrendo às técnicas de



retenção da água, reduzindo dessa forma, o incremento do volume de água produzido por um determinado evento de precipitação.

- Faz-se também necessário o controle efetivo da urbanização, evitando a impermeabilização excessiva das poucas áreas de solo exposto ou com vegetação, identificados na área de contribuição ao ponto de alagamento.
- É importante também, que os prédios na situados nesta área estabeleçam dentro do lote: a) um reservatório de armazenamento de água de chuva para utilização ou b) para amortecimento de vazões ou c) uma trincheira de infiltração. O uso de microrreservatórios de detenção em nível de lote apresenta-se, então, 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 reúso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIROS, M. M.; MENEZES, M. F.; FERREIRA, M.G. (1990). **Carta Geotécnica da Cidade do Recife**, Sub-Área Geologia / Geologia de Engenharia, Relatório Final de Atividades. FINEP / UFPE, 81 p.

FOLHAPE. **Chuvas provocam retenções e alagamentos em vários pontos do Recife**. Disponível em: <http://www.folhape.com.br/cms/opencms/folhape/pt/cotidiano/noticias/arqs/2013/07/0015.html>. Acesso em: 10 dez. 2015.

IBGE. **Censo Demográfico de 1991**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

_____. **Censo Demográfico de 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

_____. **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

JC ONLINE. Disponível em: <http://ne10.uol.com.br/canal/cotidiano/jc-transito/noticia/2013/05/17/ruas-e-avenidas-do-grande-recife-ficam-alagadas-com-a-chuva-348642.php>. Acesso em 01 nov. 2013.

LEIAJÁ. **Ruas do Recife sofrem com alagamentos após chuva**. Disponível em: <http://www.leiaja.com/noticias/2013/ruas-do-recife-sofrem-com-alagamentos-apos-chuva/>. Acesso em: 10 dez. 2015.

RECIFE. **Lei nº 16.176, de 09 de abril de 1996**: Estabelece a Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife. Disponível em: <http://www.legiscidade.recife.pe.gov.br/lei/16176/>. Acesso em: 15 de março de 2016.

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

SILVA, G. B. L. **Avaliação experimental sobre a eficiência de superfícies permeáveis com vistas ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas**. 2006. 199 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

YANNOPOULOS, S. I.; GRIVAKI, G.; GIANNOPOULOU, Io.; BASBAS, S.; OIKONOMOU, E. K. **Environmental impacts and best management of urban stormwater runoff: measures and legislative framework**. Global NEST Journal, v. 15, n. 10, p. 324-332, 2013.