

FACULDADE DAMAS DA INSTRUÇÃO CRISTÃ
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

MADALENA FIGUEIRA DIAS

URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO CICLO HIDROLÓGICO: AS
INUNDAÇÕES NA ESTRADA DAS UBAIAS, BAIRROS DE CASA
FORTE E CASA AMARELA, RECIFE-PE

Recife
2018

MADALENA FIGUEIRA DIAS

**URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO CICLO HIDROLÓGICO: AS
INUNDAÇÕES NA ESTRADA DAS UBAIAS, BAIRROS DE CASA
FORTE E CASA AMARELA, RECIFE-PE**

Trabalho de conclusão de curso como exigência parcial para a graduação no curso de Arquitetura e Urbanismo, sob a orientação da Profa. Dra. Winnie Emily Fellows.

Recife
2018

Catálogo na Fonte
Bibliotecário Ricardo Luiz Lopes CRB/4-2116

D541u Dias, Madalena Figueira.
Urbanização e seus impactos no ciclo hidrológico: as inundações na Estrada das Ubaias, bairros de Casa Forte e Casa Amarela, Recife-Pe / Madalena Figueira Dias. - Recife, 2018.
121 f.: il. color.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Winnie Emily Fellows.
Trabalho de conclusão de curso (Monografia – Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade Damas da Instrução Cristã, 2018.
Inclui bibliografia

1. Arquitetura e urbanismo. 2. Urbanização. 3. Ciclo hidrológico. 3. Inundações. I. Fellows, Winnie Emily. II. Faculdade Damas da Instrução Cristã. III. Título

72 CDU (22. ed.)

FADIC (2019-200)

FACULDADE DAMAS DA INSTRUÇÃO CRISTÃ
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

MADALENA FIGUEIRA DIAS

**URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO CICLO HIDROLÓGICO: AS
INUNDAÇÕES NA ESTRADA DAS UBAIAS, BAIRROS DE CASA
FORTE E CASA AMARELA, RECIFE-PE**

Trabalho de conclusão de curso como exigência parcial para a graduação no curso de Arquitetura e Urbanismo, sob a orientação da Profa. Dra. Winnie Emily Fellows.

Aprovada em 13 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Maria Filgueiras Ramalho
Primeira Examinadora / Faculdade Damas (FADIC)

Profa. Stela Gláucia Alves Barthel
Segunda Examinadora / Faculdade Damas (FADIC)

Profa. Winnie Emily Fellows
Orientadora / Faculdade Damas (FADIC)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus.

Ao meu marido, Marcelo e filhos Gabriel e Rafael, pelo apoio e amor incondicionais.

À querida professora Dra. Winnie Emily Fellows, pela paciência, incentivo e orientação que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas bênçãos obtidas.

Aos meus pais, Beethoven (in memorian) e Elizabeth (mãe), pela educação e formação de cidadã que puderam me proporcionar. A minha irmã, Bráulia Elizabeth, pelo incentivo e o convívio.

A Prof^a Dr^a Winnie Emily Fellows, mais que uma orientadora, uma amiga, pela confiança, atenção, dedicação, ensinamentos, compreensão, apoio, motivação e acolhimento em todos os meus projetos e pela presença constante na elaboração desse trabalho.

Ao quadro docente da Faculdade Damas, pela valiosa experiência repassada compartilhando comigo seus conhecimentos que tanto contribuíram para a minha formação.

A todos os amigos da FADIC, Turmas 2013-2018, pelos bons momentos proporcionados durante o curso.

A todos os funcionários da Faculdade Damas, pela presteza e auxílio nos momentos necessários.

Ao engenheiro Pedro de Oliveira da divisão de projeto da EMLURB que gentilmente disponibilizou material necessário, além de me auxiliar com informações que enriqueceram a minha pesquisa.

Ao coordenador da biblioteca da UFPE, Sr. Rubens Azevedo, por disponibilizar material de consulta para complementar minha pesquisa.

Finalmente, expresso o meu profundo e especial agradecimento ao meu esposo Marcelo pela paciência, dedicação e lições de companheirismo. Agradeço também aos meus queridos filhos Gabriel e Rafael pelo apoio incondicional e auxílio tecnológico. Amo vocês!

“Pense globalmente, aja localmente” (David Brower).

RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo analisar os impactos causados pelo processo de urbanização no ciclo hidrológico das cidades, com ênfase na impermeabilização do solo e em uma das suas consequências imediatas, os alagamentos. Partiu-se da hipótese de que há uma relação direta entre o processo de urbanização e a ocorrência de alagamentos em pontos específicos de uma cidade, mas que esses alagamentos podem ser evitados ou minorados mediante medidas estruturais e medidas não estruturais além de medidas não convencionais a serem tomadas pelos órgãos oficiais de governo. Para verificar essa hipótese, foi selecionado como objeto empírico, a Estrada das Ubaias, situada nos bairros de Casa Forte e de Casa Amarela, Recife/PE, por esse logradouro sofrer com frequência, inundações e consequentes prejuízos sociais, económicos e ambientais. Como técnicas de pesquisa foram utilizadas pesquisa bibliográfica, pesquisa documental (em especial na Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB no Recife), visitas a campo e entrevistas (online e com atores estratégicos). Como resultado da pesquisa, concluiu-se que a ocorrência das inundações na Estrada das Ubaias tem sido mais frequente, não só devido ao aumento das áreas impermeáveis resultantes da crescente urbanização, mas também devido à falta de medidas efetivas por parte dos órgãos governamentais, sejam elas estruturais, não estruturais ou não convencionais. Neste contexto, as medidas estruturais convencionais aplicadas na atualidade não atendem satisfatoriamente a drenagem pluvial nos bairros da cidade do Recife como um todo. Por isso mesmo cabe em muitas situações, a aplicação de medidas não convencionais, como foi o caso no bairro do Espinheiro, na cidade de Recife, onde uma solução pontual não convencional resolveu, e bem, a questão da inundação da Rua Santo Elias. Por isso mesmo, concluiu-se que para solucionar as inundações da Estrada das Ubaias, além de medidas estruturais, são necessárias em paralelo, medidas não estruturais e não convencionais como alternativas para a solução do sistema de drenagem do logradouro. Cabendo destaque para as medidas não convencionais, pela variedade de soluções, eficiência no resultado, viabilidade e rapidez na execução.

Palavras chave: Urbanização. Ciclo hidrológico. Inundações.

ABSTRACT

This research aims to analyze the impacts caused by the urbanization process in the hydrological cycle of the cities, with emphasis on waterproofing of the soil and one of its immediate consequences, floods. It was hypothesized that there is a direct relationship between the process of urbanization and the occurrence of floods at specific points in a city, but that such flooding can be avoided or mitigated through structural measures and non-structural measures in addition to non-conventional measures government agencies. In order to verify this hypothesis, it was selected as an empirical object, the Road of the Ubaías, located in the neighborhoods of Casa Forte and Casa Amarela, Recife / PE, because this street often suffers floods and consequent social, economic and environmental damages. As research techniques, bibliographical research, documentary research (especially in the Urban Maintenance and Cleaning Company - EMLURB in Recife), field visits and interviews (online and with strategic actors). As a result of the research, it was concluded that the occurrence of floods in the Ubaías Road has been more frequent, not only due to the increase in impervious areas resulting from increasing urbanization, but also due to the lack of effective measures by governmental agencies, structural, non-structural or non-conventional. In this context, the conventional structural measures currently applied do not satisfactorily meet the rainfall in the districts of the city of Recife as a whole. For this reason, the application of unconventional measures, such as the Espinheiro neighborhood in the city of Recife, where an unconventional punctual solution solved the problem of flooding of Santo Elias Street, has been applied in many situations. For this reason, it was concluded that in order to solve the floods of the Ubaías Road, in addition to structural measures, non-structural and non-conventional measures are necessary in parallel as alternatives for the solution of the drainage system of the street. Particularly important are the unconventional measures, the variety of solutions, efficiency in the result, feasibility and speed of execution.

Keywords: Urbanization. Hydrological Cycle. Floods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras

Figura 1 - Planejamento de sistemas de drenagem urbana	20
Figura 2 - Ciclo Hidrológico Global	21
Figura 3 - Ciclo Hidrológico Terrestre.....	22
Figura 4 - Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico	23
Figura 5 - Ciclo Hidrológico em Área Natural	23
Figura 6 - Tipos de escoamento	24
Figura 7 - Áreas impermeáveis e áreas de capacidade de infiltração limitadas	25
Figura 8 - Intensidade da chuva x capacidade e infiltração.....	26
Figura 9 - Escoamento em áreas de solo saturado	26
Figura 10 - População rural e urbana: 1940/2000.....	27
Figura 11 - Zona habitada e impermeabilização dos solos	32
Figura 12 - Diagrama da influência da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico	35
Figura 13 - Visualização Geral de um Sistema Clássico de Drenagem Urbana.....	38
Figura 14 - Ilustração dos conceitos de canalização x reservação.....	43
Figura 15 - Ilustração dos conceitos de canalização x reservação- Medidas não convencionais.	44
Figura 16 - Ilustração dos conceitos de canalização x reservação: Métodos dispersivos....	46
Figura 17 - Exemplos de materiais permeáveis.	47
Figura 18 - Detenção <i>In Situ</i> (áreas públicas).....	47
Figura 19 - Controle de entrada (controle nos telhados)	48
Figura 20 - Bacias de retenção	48
Figura 21 - Bacia de detenção (Município de Uberaba)	49
Figura 22 - Bacia de sedimentação (reservatórios <i>online</i> e <i>off-line</i>)	49
Figura 23 - Conjunto de técnicas alternativas de drenagem	50
Figura 24 -Tipos de técnicas compensatórias	51
Figura 25 - Programa de Ruas Verdes (<i>GREEN STREETS PROGRAM</i>).....	57
Figura 26 - Ilustração de um jardim de chuva em Portland.	58
Figura 27 - Ilustração do funcionamento do jardim de chuva.	58
Figura 28 - Exemplo de execução de jardim de chuva.....	58
Figura 29 - Pavimento intertravado permeável com infiltração total no solo	59
Figura 30 - Pavimento intertravado permeável com infiltração parcial do solo.....	59
Figura 31 - Pavimento intertravado sem infiltração no solo.....	59
Figura 32 - Passo-a-passo para execução de pavimentação permeável.....	60
Figura 33 - Alagamento no posto da Rua Conselheiro Portela com a Rua Santo Elias.....	61
Figura 34 - Construção de um microrreservatório no bairro do Espinheiro, Recife - PE.....	62
Figura 35 - Desenho Técnico do microrreservatório	64
Figura 36 - Passos do 1 ao 4- Execução da construção do microrreservatório.....	65
Figura 37 - Localização do Estado de Pernambuco.....	66
Figura 38 - Mapa da Macrorregião da cidade do Recife.	68
Figura 39 - Mapas das Regiões Político-Administrativas (RPA) da cidade do Recife.	68
Figura 40 - Mapa dos bairros da cidade do Recife.	69
Figura 41 - Mapa da Microrregião 3.1 da cidade do Recife.....	70
Figura 42 - Mapa do bairro de Casa Forte.....	72
Figura 43 - Mapa do bairro de Casa Amarela.	72
Figura 44 - Figura 4. Alagamento na Estrada das Ubaias/Recife	74
Figura 45 - Recorte da área de estudo (Estada das Ubaias)	74
Figura 46 - Recife: Bacias Hidrográficas	76
Figura 47 - Recife: Sub-bacias.....	77
Figura 48 - Cidade do Recife: pontos críticos de alagamento na microdrenagem	78

Figura 49 - Canais do Parnamirim e do SERPRO.	79
Figura 50 - Mapeamento das tampas da caixa de drenagem e bocas de lobo	82
Figura 51 - Ilustração dos Componentes da Sarjeta e da Rede de Drenagem.	83

Lista de Quadros

Quadro 1 -Visualização Geral de um Sistema Clássico de Drenagem Urbana.....	42
Quadro 2 - Perfil dos bairros de Casa Forte e Casa Amarela	71

Lista de Imagens

Imagem 1 - Canais do Parnamirim e do Serpro.	79
Imagem 2 - Ocupação das margens do Canal do Parnamirim, a montante da Av. 17 de Agosto	80
Imagem 3 - Recuperação do Gabião desintegrando no Canal do Serpro.	80
Imagem 4 - Manutenção nas galerias de drenagem de águas pluviais, Rua Jerônimo de Albuquerque	81
Imagem 5 - Cruzamento da Estrada das Ubaías, Casa Forte, com a Rua Irmã Maria David e Rua Pe. Edwaldo Gomes. (Esquina do Colégio NAP)	83
Imagem 6 - Estrada das Ubaías, bairro de Casa Forte	84
Imagem 7 - Estrada das Ubaías, área limítrofe entre o bairro de Casa Forte e Casa Amarela. Cruzamento da Estrada das Ubaías com a Rua do Encanamento. (Esquina da Drogasil)...	84
Imagem 8 - Estrada das Ubaías, bairro de Casa Amarela.....	84
Imagem 9 - Estrada das Ubaías, lotes fronteiros com a Rua Dr. Genaro Guimarães, bairro de Casa Amarela. Boca de lobo “M” danificada e com a entrada quase obstruída.....	85
Imagem 10 - Estrada das Ubaías, lotes fronteiros com a Rua Raimundo Freixeira, bairro de Casa Amarela.	85
Imagem 11 - Estrada das Ubaías, lotes fronteiros com a Rua Conselheiro Nabuco, bairro de Casa Amarela.	85

Lista de Gráficos

Gráfico 1 -Tipos de Usuários da Estrada das Ubaías:	91
Gráfico 2 -Endereço dos Usuários da Estrada das Ubaías:	91
Gráfico 3 -Que transtornos lhe trouxe esses alagamentos:	92
Gráfico 4 -O que você apontaria como causas para os alagamentos da Estrada das Ubaías?	93
Gráfico 5 -Que fatores externos podem contribuir para os alagamentos da Estrada das Ubaías?	94
Gráfico 6 -O sistema de drenagem de águas pluviais é:.....	94
Gráfico 7 -Soluções que podem contribuir para diminuir as causas dos alagamentos.....	95
Gráfico 8 -Sobre solução com piso drenante	96
Gráfico 9 -Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaías?	97

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland
APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima
CELPE – Companhia Energética de Pernambuco
CNU- Congresso para o Novo Urbanismo
CODECIPE - Coordenadoria de Defesa Civil de Pernambuco
CODECIR – Comissão de Defesa Civil do Recife
COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento
CTTU - Cia. de Trânsito e Transporte Urbano
DIRCON - Diretoria Geral de Coordenação e Controle Urbano e Ambiental
EMLURB - Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana
ITE- Institute for Traffic Engeniers (Instituto de Engenheiros de Tráfego)
LEED- Leardeship in Energy and Eviromental Design (Liderança em Energia e Design Ambiental)
LID- Low Impact Development (Desenvolvimento de Baixo Impacto)
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MS- Ministério da Saúde
PDDR – Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife
PMSS- Programa de Modernização do Setor Saneamento
RMR – Região Metropolitana do Recife
SANEAR- Autarquia de Saneamento
SEPLAN- Secretaria de Planejamento
SUDS- Sustainable Urban Draining Systems (Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável)
TDAH- Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade
URB - Empresa de Urbanização do Recife
WSUD-Water Sensitive Urban Drainage (Drenagem Urbana Sensível à Água)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. CICLO HIDROLÓGICO OU CICLO DA ÁGUA.....	18
2.1. Definições	18
2.2. O ciclo hidrológico em áreas urbanas	23
2.3. Fatores que impactam o ciclo hidrológico na cidade.....	26
2.3.1. O processo de urbanização.....	26
2.3.2. A impermeabilização do solo.....	29
3. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO E SEUS EFEITOS NO CICLO HIDROLÓGICO.....	31
3.1. Causas da impermeabilização do solo	31
3.2. Os impactos da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico: as inundações.....	33
4. MEDIDAS DE CONTROLE DA DRENAGEM URBANA	38
4.1. Medidas estruturais e não estruturais	39
4.2. Medidas não convencionais.....	41
5. CASOS EXEMPLARES.....	55
5.1. O caso de Portland, Oregon, Estados Unidos	55
5.1.1. Perfil da cidade	55
5.1.2. Principais programas de manejo de águas pluviais.....	55
5.1.3. O Programa Ruas Verdes.....	56
5.2. O caso da Rua Santo Elias - Espinheiro, Recife/PE	60
5.2.1. Características do local.....	60
5.2.2. Solução Técnica: Microrreservatório.....	62
5.2.3. Desenho Técnico do Microrreservatório.....	64
6. O OBJETO DE ESTUDO: A ESTRADA DAS UBAIAS66	
6.1. Situação atual	66
6.1.1. Características gerais	66
6.1.2. Dispositivos legais voltados para a Drenagem	86
6.1.3. Atores Envolvidos no Sistema de Drenagem Urbana da Cidade do Recife.....	87
6.2. O que pensa o cidadão recifense sobre os alagamentos da Estrada das Ubaias.....	89
6.2.1. A pesquisa <i>online</i>	89
6.2.2. A Entrevista com um ator estratégico	99
6.3. Soluções possíveis para os alagamentos da Estrada das Ubaias.....	104
7. CONCLUSÃO.....	107
APÊNDICE A.....	111
APÊNDICE B.....	113
ANEXO A.....	115

REFERÊNCIAS..... 116

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios a serem enfrentados na atualidade pelos gestores das grandes cidades é certamente o problema das águas, mais evidente em países em desenvolvimento, onde esse problema tende a agravar as já precárias condições urbanísticas de muitas das suas cidades (ALENCAR et al, 2016, p.15). A dificuldade para as cidades de países em desenvolvimento reside, segundo os referidos autores, na “dificuldade de formulação de soluções técnicas para a propagação de enchentes em geometrias complexas como as representadas por essas áreas urbanas”. Uma vinculação direta entre processo de urbanização e problemas relacionados à infraestrutura, aí incluída a drenagem de águas pluviais, é enfatizada pelos mesmos autores:

Se, por um lado, a urbanização representa uma das manifestações mais significativas da atividade humana, por outro, essa mesma manifestação traz consigo uma série de problemas relacionados à infraestrutura, caracterizados por deficiências nos sistemas de transporte urbano, **drenagem**, abastecimento de água e esgotamento sanitário, moradia e problemas de contaminação do ar e das águas. Como consequência, têm-se reduzidas as condições de saúde e a qualidade de vida das pessoas, além do que, tais impactos passam a limitar o próprio desenvolvimento do local (ALENCAR et al, 2016, p. 15, grifo nosso).

Esta pesquisa tem por objetivo geral analisar os impactos causados pelo processo de urbanização no ciclo hidrológico das cidades, com ênfase na impermeabilização do solo e em uma das suas consequências imediatas, os alagamentos. E como objetivos específicos pesquisar sobre alagamentos em parte da Estrada das Ubaias nos bairros de Casa Forte e Casa Amarela, Recife/ PE; verificar a percepção dos usuários do logradouro sobre os alagamentos; pesquisar exemplos internacional e local de soluções para alagamentos em logradouros; e sugerir alternativas para melhoria dos alagamentos na Estrada da Ubaias.

A questão norteadora de toda a pesquisa foi entender, em que medida o processo de urbanização afeta o ciclo hidrológico de uma cidade e tem como consequência imediata, os alagamentos? E ainda entender, em que medida esses alagamentos podem ser evitados ou pelo menos minorados? A pesquisa trabalhou com a hipótese de que há uma relação direta entre o processo de urbanização, a

impermeabilização do solo e a ocorrência de alagamentos em pontos específicos de uma cidade, mas que esses alagamentos podem sim ser evitados ou minorados em cidades de países em desenvolvimento, mediante medidas estruturais e medidas não estruturais além de medidas não convencionais a serem tomadas pelos órgãos oficiais de governo.

O método de procedimento adotado para verificação da hipótese foi o Estudo de Caso, tendo sido definido como objeto empírico, a Estrada das Ubaias, Recife/PE, por esse logradouro estar situado em bairros totalmente urbanizados (parte no bairro de Casa Forte e parte no bairro de Casa Amarela) e também por esse logradouro sofrer, como diversos outros logradouros da cidade, frequentes inundações em vários pontos ao longo de toda a sua extensão.

A pesquisa teve como suporte teórico o entendimento do funcionamento do **ciclo hidrológico** (ou ciclo das águas), conforme discutido por autores como Fritzen, M. e Binda, A. (2011), Bigarella e Suguio (1990), Tucci (2006), e Lopes (2007), entre outros, e conforme ensinam instituições diversas, como Ministério do Meio Ambiente – MMA (2018) e Comissão Europeia (2012); e o entendimento do **processo de urbanização e suas consequências, em especial seu impacto no ciclo hidrológico em áreas urbanas**. Para tal, foram pesquisados teóricos tais como, Maricato (2001), Brito (2006), Fritzen, M. e Binda, A. L. (2011), Alves (2005), Montero, T. et al., (2016), dentre outros. Como técnicas de pesquisa foram utilizadas pesquisa bibliográfica, pesquisa documental (em especial documentos produzidos por iniciativa da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB no Recife), visitas a campo e entrevistas *online* e com um ator estratégico (Engenheiro da Divisão de Projetos da EMLURB).

O presente trabalho foi estruturado em sete itens, incluídos o **item 1** Introdução e o **Item 7** Conclusão. No **item 2** discute-se o ciclo hidrológico (ou ciclo da água), suas definições, seu comportamento em áreas urbanas, bem como os fatores que impactam o ciclo da água nas cidades, com ênfase no processo de urbanização e na impermeabilização.

No **item 3** discute-se as causas da impermeabilização do solo e os impactos dessa impermeabilização no ciclo hidrológico, com destaque para as inundações, principal objeto de análise. No **item 4**, são apresentadas várias medidas de controle da drenagem urbana (medidas estruturais e não estruturais e medidas não convencionais), em várias cidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

No **item 5** são mostrados dois exemplos concretos de medidas adotadas para o enfretamento de inundações urbanas. Um dos exemplos é na cidade de Portland, Oregon/USA, onde são apresentados o perfil da cidade, os principais programas de manejo de águas pluviais e em especial o Programa Ruas Verdes e o segundo exemplo é o da Rua Santo Elias, bairro do Espinheiro, Recife/PE, onde são apresentados o perfil da cidade e características do local, e a solução técnica adotada, o microrreservatório.

O **item 6** é todo dedicado ao objeto de estudo, a Estrada das Ubaias, Recife/PE. Inicialmente é feita uma apresentação sobre a situação atual da cidade e do logradouro, e são elencados os dispositivos legais voltados para a drenagem pluvial da cidade bem como os atores envolvidos com essa mesma questão. Em seguida é trazida a percepção do cidadão recifense sobre os alagamentos nesse logradouro, através de uma pesquisa *online* e de uma entrevista com o ator estratégico, o Engenheiro Hidráulico, Pedro Oliveira, responsável pela Divisão de Projetos Hidráulicos da EMLURB. No final desse item é sugerida uma alternativa de solução possível para os alagamentos da Estrada das Ubaias.

Integram ainda esse trabalho, os **Apêndices A e B**, onde estão respectivamente o formulário dos questionários aplicados *online* e as respostas ao questionário em forma de textos e gráficos; o **Anexo A**, onde está o documento de autorização para entrevistar, o ator estratégico, responsável pela Divisão de Projetos Hidráulicos da EMLURB; e finalmente, como último componente, estão as **Referências**.

2. CICLO HIDROLÓGICO OU CICLO DA ÁGUA

2.1. Definições

Segundo Paz (2004), a Hidrologia pode ser compreendida como a ciência que estuda a água, como a própria origem da palavra indica (do grego): hidrologia é o resultado do prefixo, *hydor* (“água”) com o sufixo, *logos* (“ciência” ou “estudo”). E neste sentido, vários autores adotam como uma boa definição o seguinte:

Hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua reação com o meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas (Definição do U.S. Federal Council of Service and Technology, citada por Chow, 1959, apud Tucci, 2000) (PAZ, 2004, p. 2).

Deste modo, Paz (2004, p. 2) evidencia que a partir da definição do termo hidrologia como ciência, este abrange ainda diversas subáreas mais específicas. Sendo assim, é possível destacar outros estudos referentes a esta mesma área como:

- Hidrometeorologia: trata da água na atmosfera;
- Limnologia: estuda os lagos e reservatórios;
- Potamologia: estuda os rios;
- Oceanografia: estuda os oceanos;
- Hidrogeologia: estuda as águas subterrâneas;
- Glaciologia: trata da ocorrência de neve/gelo na natureza.

O referido autor ressalta a importância em preservar e usar racionalmente o recurso hídrico para se evitar sua escassez e que é necessária uma ação multidisciplinar. Ou seja, estão envolvidos uma vasta gama de profissionais que tem se dedicado ao estudo da hidrologia, entre eles os engenheiros, economistas, estatísticos, químicos, biólogos, matemáticos, geólogos, agrônomos, geógrafos, etc. E que haveria a existência de vários outros profissionais envolvidos na problemática da água e nos estudos hidrológicos, propriamente ditos e que podem estar envolvidos em técnicas originárias ou desenvolvidas a partir de conceitos de outras áreas.

E alerta para o fato de que o profissional que lida com a hidrologia deve estar familiarizado e ser capaz de aplicá-las e entender seus resultados. A autora concorda com as considerações de Paz (2004), com a observação de que os arquitetos também têm sua parcela de participação nesse processo, pois, projetos de arquitetura também

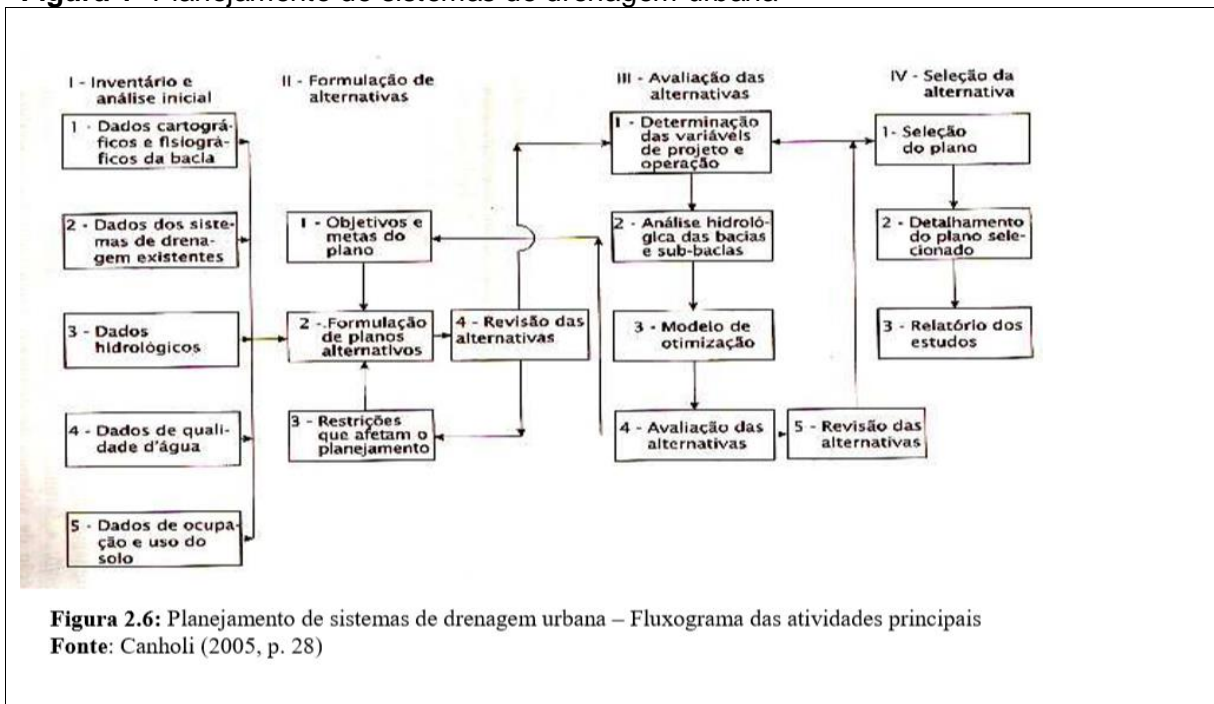
mudam o ambiente, sendo esses profissionais responsáveis pela sua preservação. É preciso, portanto, que esses profissionais se apropriem do máximo de conhecimento para ampliar sua visão pessoal e profissional.

Nesse cenário, Paz (2004, p.2) destaca que os problemas referentes à água requerem esse enfoque multidisciplinar, onde diversos especialistas contribuem em suas áreas para compreender a situação e buscar a melhor alternativa, de acordo com determinados critérios. E ele dá como exemplo disso, um projeto de um barramento de um rio para formação de um reservatório, com o objetivo de captar água para abastecimento humano e irrigação. E explica a multidisciplinaridade da seguinte forma:

Simplificadamente, poder-se-ia dizer que o hidrólogo seria responsável pela caracterização da área contribuinte ao reservatório, estimando a vazão afluente e dimensionando a barragem; ao especialista em hidráulica caberia projetar o sistema de captação, bombeamento e distribuição da água; o biólogo analisaria o impacto do barramento do rio sobre o ecossistema, em particular sobre a biota aquática, bem como no levantamento das espécies que habitam a região a ser alagada; o sociólogo (e psicólogo) estaria envolvido com a remoção da população residente na área alagada pela barragem, a qual seria realocada; a vegetação que ficaria submersa com o enchimento do lago iria se degradar, merecendo o devido monitoramento da qualidade da água, que poderia ser realizado por um especialista na área de saneamento/química; o agrônomo iria definir as condições de irrigação das culturas agrícolas atendidas, e assim por diante (PAZ, 2004, p.4).

Para se chegar ao nível de efetividade e abranger os vários aspectos multidisciplinares, é necessário que sejam cumpridas etapas básicas. A etapa inicial se dá a partir do levantamento dos dados necessários para caracterizar a bacia em questão, tais como: dados cartográficos, fisiográficos, dados dos sistemas de drenagem existentes, dados hidrológicos, dados de qualidade da água, dados de ocupação e uso do solo. A partir do levantamento dos dados, são formuladas alternativas para o gerenciamento da drenagem urbana, fixando metas, objetivos e identificando as restrições. Após o levantamento das opções, bem como dos fatores limitantes de implantação, as alternativas são analisadas, verificando a sua viabilidade técnica, econômica e social, a fim de que seja feita a seleção da melhor alternativa e gerado todo o relatório de estudos (LIMA JUNIOR, 2011, p. 34). A **Figura 1** mostra o planejamento de sistemas de drenagem urbana e o fluxograma das atividades principais.

Figura 1- Planejamento de sistemas de drenagem urbana



Fonte: Lima Júnior, 2011. p.34

Em função da sua importância fundamental para a sobrevivência de todos os seres vivos, o ciclo hidrológico ou ciclo da água é um dos ciclos biogeoquímicos¹ mais conhecidos e estudados. Diversos autores e diversas instituições governamentais produziram e disponibilizam estudos e reflexões sobre o assunto.

Fritzen, M. e Binda, A. (2011, p.241), aportam definições de ciclo hidrológico de diversos autores, tais como “as relações entre as várias formas do comportamento das águas em um ciclo fechado” (BIGARELLA e SUGUIO, 1990), que “não constitui uma simples sequência de processos, mas sim em um conjunto de fases que representam os diversos caminhos através dos quais a água circula na natureza” (LOPES, 2007).

Também aportam o entendimento de Varejão-Silva (2006), que entende o ciclo hidrológico como sendo dividido em duas partes: o ramo aéreo, objeto de estudo da Meteorologia, e o ramo terrestre, estudado pela Hidrologia, e a definição de Lima, W. P (2008), segundo o qual, “o ciclo da água envolve vários e complicados processos

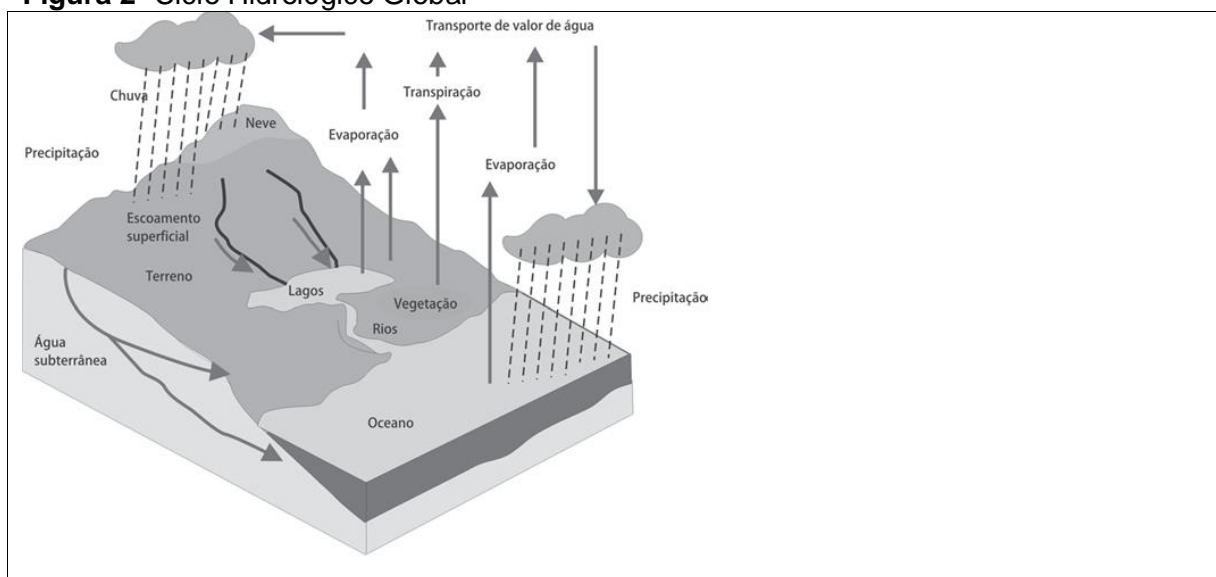
¹ “Os **ciclos biogeoquímicos** são processos naturais que por diversos meios reciclam vários elementos em diferentes formas químicas do meio ambiente para os organismos, e depois, fazem o processo contrário, ou seja, trazem esses elementos dos organismos para o meio ambiente. Dessa forma, a água, o carbono, o oxigênio, o nitrogênio, o fósforo, o cálcio, entre outros elementos, percorre esses ciclos, unindo todos os componentes vivos e não-vivos da Terra”. (ROSA, R; MESSIAS, R; AMBROZINI, B, 2003, p.9). Dentre os ciclos biogeoquímicos podem ser citados os ciclos da água, do carbono, do nitrogênio, do oxigênio, do fósforo, do cálcio, do mercúrio, do enxofre, dentre outros.

hidrológicos: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial, etc.”. Fritzen, M. e Binda, A. (2011) acrescentam ainda o processo de escoamento subsuperficial aos citados processos hidrológicos.

Para Tucci (2006, p.15), o ciclo da água no globo é acionado pela energia solar. Esse ciclo retira água dos oceanos através da evaporação da superfície do mar e da superfície terrestre. Essa água entra no sistema de circulação geral da atmosfera, que depende das diferenças de absorção de energia (transformação em calor) e da refletância entre os trópicos e as regiões de maior latitude, como as áreas polares.

Esse sistema cria condições de precipitação pelo resfriamento do ar úmido que formam as nuvens gerando precipitação na forma de chuva e neve (entre outros) sobre os mares e superfície terrestre. A água evaporada se mantém na atmosfera, em média apenas 10 dias. O fluxo sobre a superfície terrestre é positivo (precipitação menos evaporação), resultando nas vazões dos rios em direção aos oceanos. O fluxo vertical dos oceanos é negativo, com maior evaporação que precipitação. O volume evaporado adicional se desloca para os continentes pelo sistema de circulação da atmosfera e precipita, fechando o ciclo (**Figura 2**)

Figura 2- Ciclo Hidrológico Global

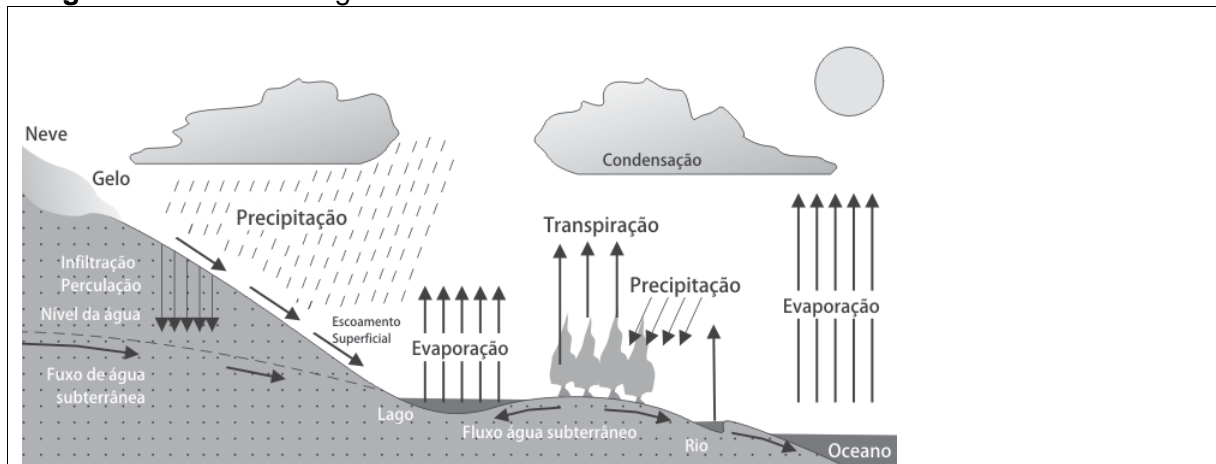


Fonte: Tucci, 2006, p. 16.

O mesmo autor esclarece que na bacia hidrográfica os processos hidrológicos possuem duas direções predominantes de fluxo: vertical e longitudinal. O vertical é

representado pelos processos de precipitação, evapotranspiração, umidade e fluxo no solo, enquanto que o longitudinal pelo escoamento na direção dos gradientes da superfície (escoamento superficial e rios) e do subsolo (escoamento subterrâneo) (**Figura 3**).

Figura 3- Ciclo Hidrológico Terrestre



Fonte: Tucci, 2006, p. 17

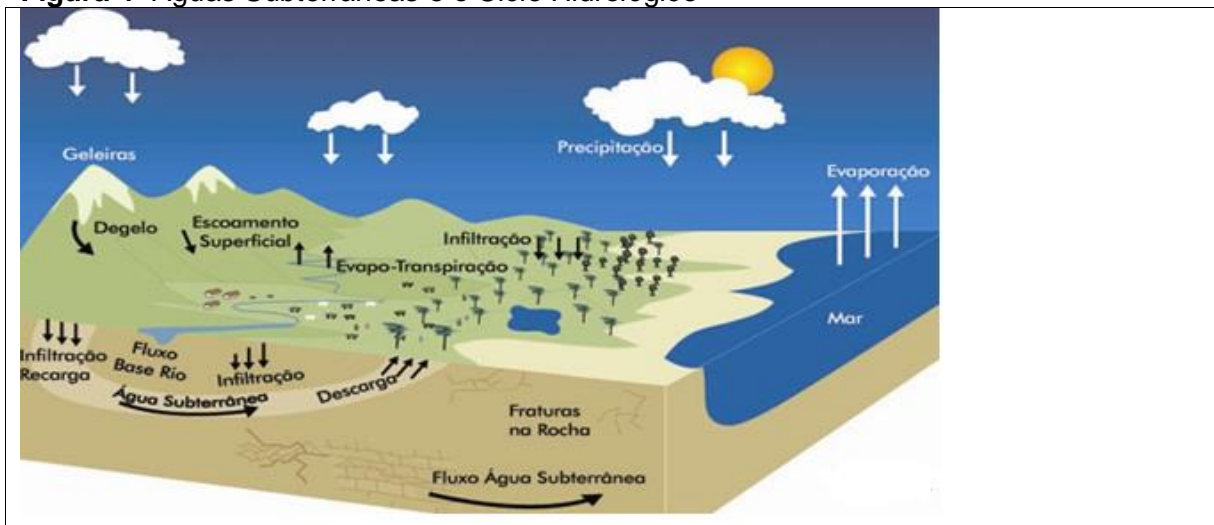
Para o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2018), “o ciclo hidrológico, ou ciclo da água, é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera”.

Esse movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do Sol, que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes. Na atmosfera, forma as nuvens que, quando carregadas, provocam precipitações, na forma de chuva, granizo, orvalho e neve. Nos continentes, a água precipitada pode seguir os diferentes caminhos:

- Infiltra e percola (passagem lenta de um líquido através de um meio) no solo ou nas rochas, podendo formar aquíferos, ressurgir na superfície na forma de nascentes, fontes, pântanos, ou alimentar rios e lagos.
- Flui lentamente entre as partículas e espaços vazios dos solos e das rochas, podendo ficar armazenada por um período muito variável, formando os aquíferos.
- Escoa sobre a superfície, nos casos em que a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo.
- Evapora retornando à atmosfera. Em adição a essa evaporação da água dos solos, rios e lagos, uma parte da água é absorvida pelas plantas. Essas, por sua vez, liberam a água para a atmosfera através da transpiração. A esse conjunto, evaporação mais transpiração, dá-se o nome de evapotranspiração.
- Congela formando as camadas de gelo nos cumes de montanha e geleiras.

O MMA alerta também que “apesar das denominações água superficial, subterrânea e atmosférica, é importante salientar que, na realidade, a água é uma só e está sempre mudando de condição”. E que “a água que precipita na forma de chuva, neve ou granizo, já esteve no subsolo, em icebergs e passou pelos rios e oceanos” A água está sempre em movimento; graças a isto é que ocorrem a chuva, a neve, os rios, lagos, oceanos, as nuvens e águas subterrâneas”. A **Figura 4** ilustra o ciclo hidrológico descrito pelo MMA.

Figura 4- Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico



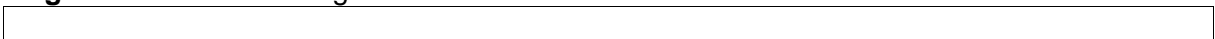
Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2018.

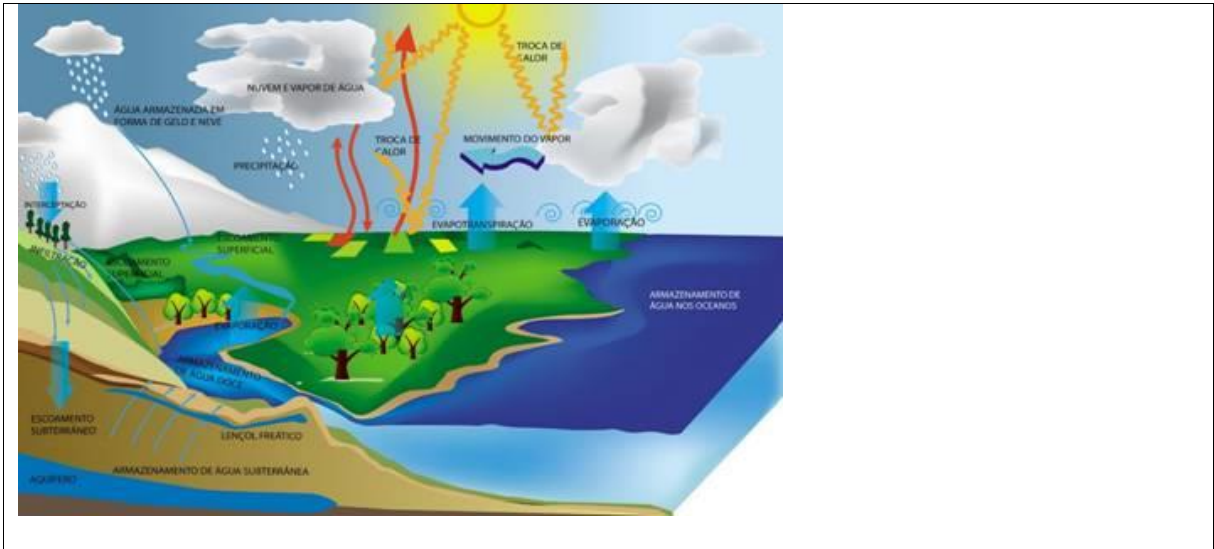
2.2. O ciclo hidrológico em áreas urbanas

Nesse item foram apresentadas as diferentes características do ciclo hidrológico em áreas urbanas, uma vez que, apesar da ocorrência do mesmo fenômeno de circulação de água entre a superfície e a atmosfera, em função da influência da energia solar, alguns fatores específicos alteram o ciclo natural das águas nessas áreas.

Montero, T.V. et al. (2016), por exemplo, questionam o uso de figuras de ciclo hidrológico em área natural, na maioria das vezes, como representativa do ciclo hidrológico (**Figura 5**).

Figura 5 - Ciclo Hidrológico em Área Natural





Fonte: Montero, T.V. et al. (2016), p. 2.

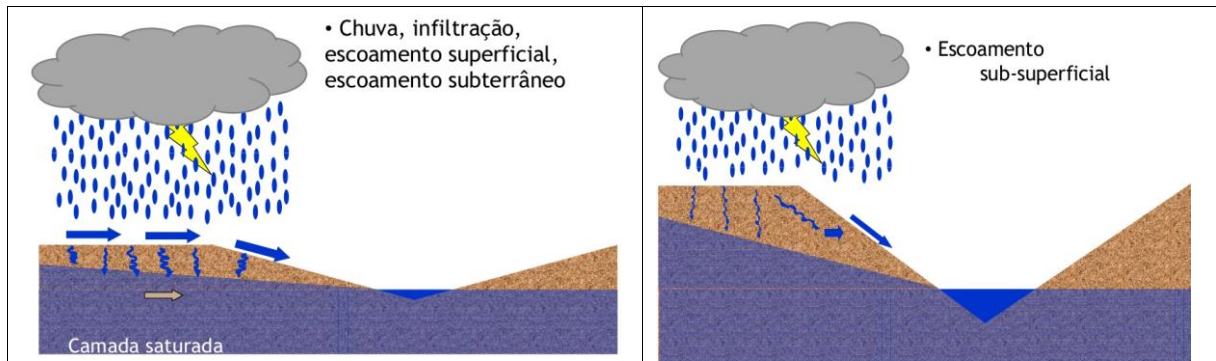
Para os autores, o ciclo hidrológico é Editado em áreas urbanas, mas mesmo assim, muito dificilmente esse ciclo é representado de forma realística para essas áreas, sendo as áreas naturais mais retratadas na maioria das representações. Um dos segmentos do ciclo hidrológico mais afetados nas área urbanas é o **escoamento superficial**, ou seja, o deslocamento das águas na superfície da terra.

Santos (2013), apresenta um estudo sobre **escoamento superficial**, ensinando que o movimento da água a partir da menor porção de chuva, quando cai sobre um solo saturado de umidade ou impermeável, escoam pela superfície, formando sucessivamente enxurradas ou torrentes, córregos, ribeirões, rios e lagos ou reservatórios de acumulação. São os tipos de escoamento, segundo Santos (2013, p.3):

- **Escoamento superficial**, que representa o fluxo das águas sobre a superfície do solo da bacia hidrográfica e pelos seus múltiplos canais;
- **Escoamento sub-superficial**, que se dá logo abaixo da superfície, na altura das raízes da vegetação; e
- **Escoamento subterrâneo**, que corresponde ao fluxo devido à contribuição do aquífero aos canais superficiais (rede de drenagem).

As imagens a seguir (**Figura 6**), disponibilizadas pelo referido autor, ilustram esses tipos de escoamento.

Figura 6- Tipos de escoamento



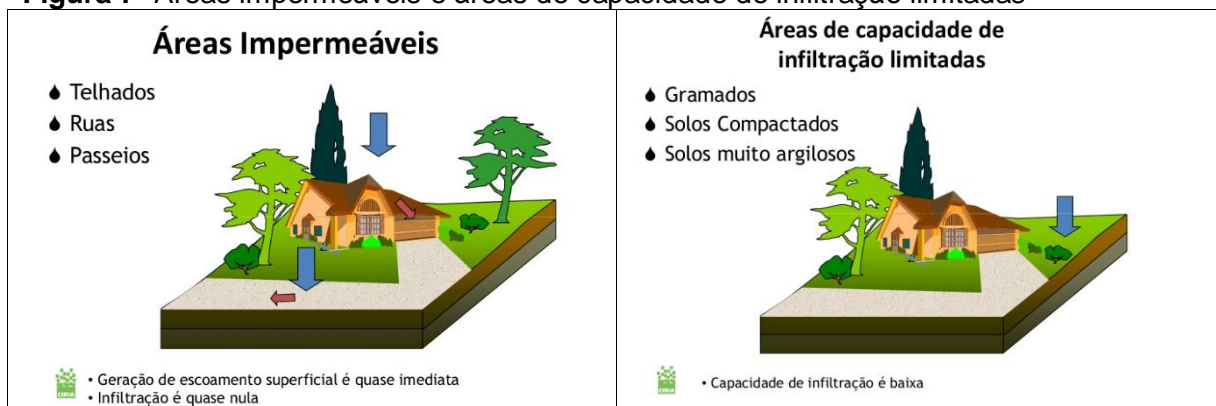
Fonte: Santos (2013, pp. 5 e 6). Editado pela autora, 2018.

Diz o autor:

- O escoamento superficial começa após o início da precipitação, depois de um tempo t_0 .
- O intervalo decorrido corresponde à ação da interceptação pelos vegetais e obstáculos, à saturação do solo, à acumulação nas depressões do terreno e à formação de uma lâmina d'água mínima;
- À medida em que as águas vão atingindo os pontos mais baixos do terreno, passam a escoar em canículos que forma a rede de drenagem. Sob a ação da erosão, aumentam-se as dimensões desses canículos, até se formar os córregos e os rios (SANTOS, 2013, p. 13).

Áreas impermeáveis em áreas urbanas segundo o mesmo autor, seriam telhados, ruas e passeios, e áreas **de capacidade de infiltração limitadas**, seriam gramados, solos compactados e solos muito argilosos, conforme reproduzidas na **Figura 7** a seguir:

Figura 7- Áreas impermeáveis e áreas de capacidade de infiltração limitadas



Fonte: Santos (2013, pp. 14 e 15). Editado pela autora, 2018

Ou seja, em áreas urbanas, as águas da chuva (precipitação), infiltram e escoam, em um determinado período de tempo em função dos obstáculos que lhes são apresentados (**Figuras 8 e 9**).

Figura 8-Intensidade da chuva x capacidade e infiltração

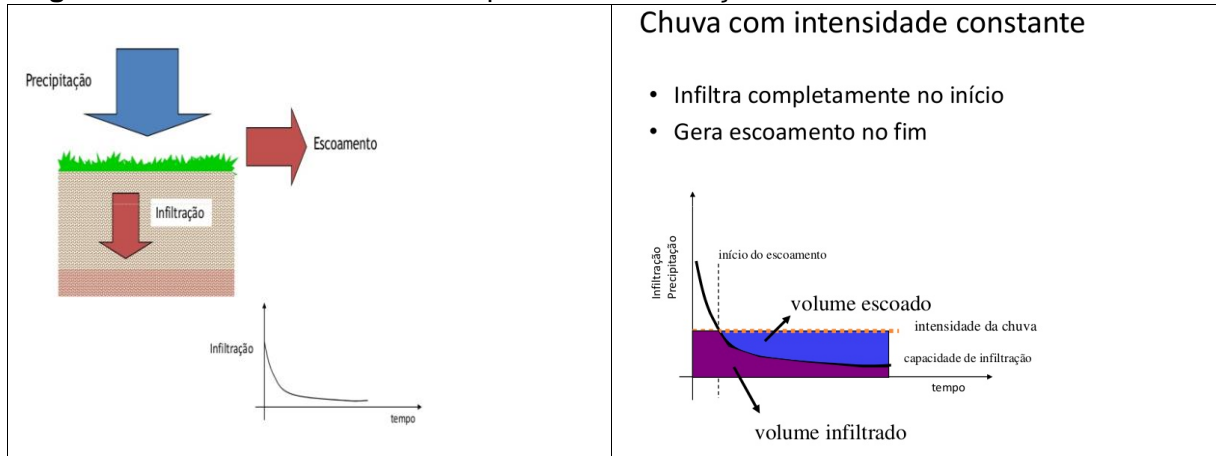
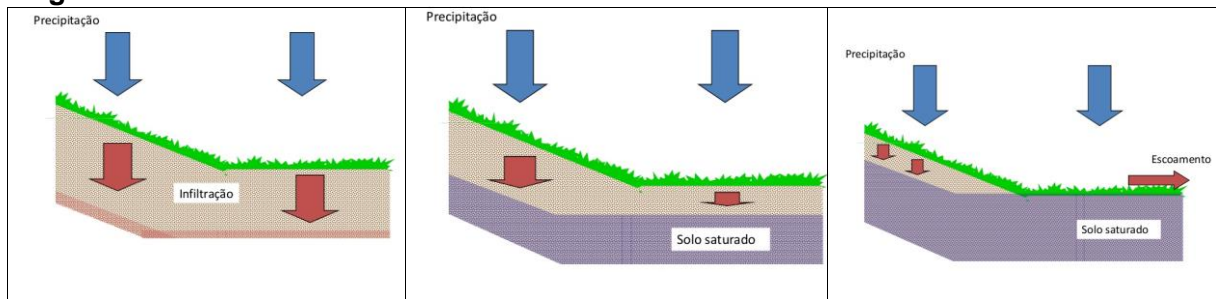


Figura 9-Escoamento em áreas de solo saturado



Conforme ilustram as figuras, à medida que o solo vai ficando mais saturado, as águas da chuva encontram cada vez mais dificuldade na infiltração até que tem início a fase do escoamento.

A seguir, foram vistos com mais detalhes os fatores que comprometem o ciclo hidrológico em áreas urbanas, em especial, o processo de urbanização e em consequência, a impermeabilização do solo.

2.3. Fatores que impactam o ciclo hidrológico na cidade

2.3.1. O processo de urbanização

De acordo com Tucci (2010, p.114, apud Júnior, V.; Santos, C., 2013) “a urbanização é um processo de desenvolvimento econômico e social, resultado da transformação de uma economia rural para uma economia de serviços concentrada em áreas urbanas”.

Para Reis (1968, p. 20),

Ocorre um processo de urbanização quando, em uma sociedade existe uma divisão social do trabalho, em caráter permanente, de sorte que uma parcela ponderável da população deixa de se dedicar à produção de alimentos e passa a depender, para sua subsistência, dos produtos do trabalho da outra parcela, aos quais tem acesso por meio de troca ou por apropriação direta. A urbanização se dá com o aparecimento de uma “economia urbana” como a define Weber, portanto, com o estabelecimento do mercado urbano.

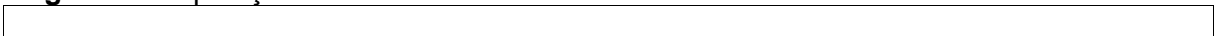
No caso brasileiro, é notória a intensidade do processo de urbanização ocorrido, em especial a partir da segunda metade do século XX . Como lembra Maricato (2001, p. 16), “Em 1940, a população urbana era de 26,35 da total. Em 2000 ela é de 81,2%”. Em termos absolutos, continua a autora, “em 1940 a população que residia nas cidades era de 18,8 milhões de habitantes e em 2000 ela é de aproximadamente 18,8 milhões de habitantes”. Ou seja, “Considerando apenas a última década do século XX, as cidades brasileiras aumentaram em 22.718.968 pessoas. Isso equivale a mais da metade da população do Canadá ou a um terço da população da França”.

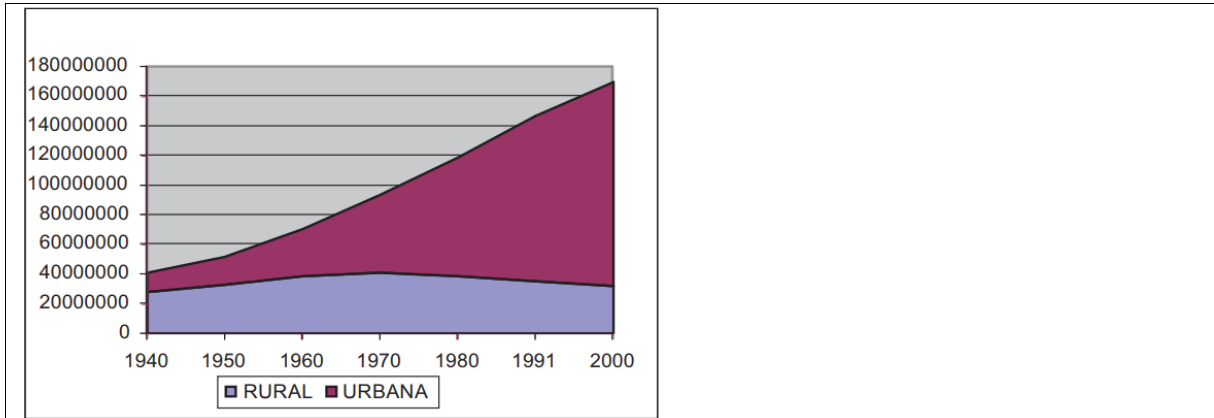
Brito (2006, p.1) concorda que

A grande expansão urbana no Brasil, como um componente fundamental das mudanças estruturais na sociedade brasileira, ocorreu na segunda metade do século XX. Somente na década de 1960 a população urbana tornou-se superior à rural. Portanto, o rápido processo de urbanização é um fenômeno estrutural relativamente recente, tendo o seu auge medido pela velocidade do crescimento da população urbana, entre os anos 1950 e 1970.

A **Figure 10**, disponibilizada pelo referido autor, ilustra o crescimento da população urbana e o decréscimo da população rural no período 1950/2000.

Figura 10-População rural e urbana: 1940/2000





Fonte: Brito (2006, p. 1).

Sobre esse impulso na urbanização do Brasil, afirma Maricato (2001, p. 16):

Trata-se de um gigantesco movimento de construção de cidade, necessário para o assentamento residencial dessa população bem como de suas necessidades de trabalho, abastecimento, transportes, saúde, energia, água, etc. Ainda que o rumo tomado pelo crescimento urbano não tenha respondido satisfatoriamente a todas essas necessidades, o território foi ocupado e foram construídas as condições para viver nesse espaço. Bem ou mal, de algum modo, improvisado ou não, todos os 138 bilhões de habitantes moram em cidades.

Não resta portanto dúvidas sobre os impactos trazidos por um acelerado processo de urbanização ao novo território ocupado. Esse impacto seria sentido da mesma forma no ciclo hidrológico e nas características naturais da drenagem, resultando em peculiaridades próprias da hidrologia da área urbana. Sobre isso dizem alguns dos estudiosos do assunto:

Fritzen, M. e Binda, A. L. (2011, p. 239):

O homem, a partir da ocupação do espaço geográfico tem influenciado, direta ou indiretamente, alterações no meio ambiente. Talvez, hoje sejam as cidades as formas mais agressivas de alteração do ambiente natural e, conseqüentemente, este local torna-se palco de diferentes impactos ambientais, que muitas vezes trazem consequência para a população. Dentre as alterações no ambiente, citam-se: as alterações no ciclo hidrológico e nas características naturais da drenagem, o que pode acarretar problemas como inundações, assoreamento e erosão (TUCCI, 2002; GUERRA E MENDONÇA, 2010).

Tucci (2003, p. 12):

O ciclo hidrológico natural é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando o homem entra dentro deste sistema e se concentra no espaço, produz grandes alterações que modificam dramaticamente este ciclo e trazem consigo impactos

significativos (muitas vezes de forma irreversível) no próprio homem e na natureza.

Tucci (2003, p. 14)

A queda de qualidade de vida nas cidades de países em desenvolvimento e, mesmo em países desenvolvidos é um processo dominante no final do século vinte e início do século vinte e um. Nos aspectos da água no meio urbano estes impactos são, principalmente:

- contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos com os efluentes urbanos como o esgoto cloacal, pluvial e os resíduos sólidos;
- disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais e resíduos sólidos nas cidades;
- **inundações nas áreas urbanas devido a urbanização;**
- erosão e sedimentação gerando áreas degradadas;
- ocupação de áreas ribeirinhas com risco de inundações e de grandes inclinações como morros urbanos sujeitos a deslizamento após período chuvoso. (Grifo Nosso)

E ainda Montero *et al.*, (2016, resumo)

O ciclo hidrológico é o fenômeno de circulação de água entre a superfície do planeta e a atmosfera decorrente, basicamente, da influência da energia solar. Com o processo de urbanização, devido à redução de áreas verdes, o aumento da impermeabilização, canalização de corpos d'água, entre outras intervenções no ambiente, temos alterações no ciclo hidrológico, como o aumento do escoamento superficial e redução da infiltração da água no solo.

Fontes (2003, apud JUSTINO et al, p. 17, 2011), salienta que o processo de urbanização traz grandes modificações no uso do solo que causam marcas permanentes nas respostas hidrológicas das áreas urbanizadas. Deste modo, os efeitos mais notáveis no aumento do escoamento superficial e na diminuição da infiltração, apresentam como consequência direta a ocorrência de inundações urbanas.

2.3.2. A impermeabilização do solo

Como visto nas citações e itens anteriores, a impermeabilização do solo é decorrência direta do processo de urbanização e caracteriza-se como um importante fator que provoca alteração significativa no ciclo hidrológico natural. Já foi visto nas Figuras 6 e 7 que tanto a impermeabilização do solo como a ausência de cobertura vegetal, reduzem a infiltração da água do solo e aumentam o escoamento superficial, favorecendo a ocorrência de inundações.e influenciando negativamente a recarga do

lençol freático (MONTERO, T. et al., 2016). Segundo o autor citado, “Como afirma Luiz Roberto Barretti, engenheiro da Secretaria de Planejamento Urbano da Prefeitura de São José dos Campos:

Com a expansão urbana e o conseqüente aumento das áreas impermeabilizadas nas cidades ocorre grande aumento no volume das águas de drenagem pluvial e diminuição no tempo de concentração na bacia, o que provoca sobrecarga na macrodrenagem, acarretando quase sempre inundações, erosões nas margens, danos a pontes e estradas, entre outras coisas (AGSOLVE MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2007). (MONTERO, T. et al, 2016, p.04).

Outros autores também contribuem para a discussão e compreensão dessa questão, como por exemplo, Tucci e Mendes (2006. p.135), que afirmam:

Desenvolvimento urbano envolve a alteração da superfície da bacia hidrográfica pela urbanização e modificação dos sistemas de escoamento; uso de água superficial concentrada em pequeno espaço, contaminação da água devido ao esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduo sólido. Este conjunto de interferência no sistema natural gera impactos na própria sociedade através das doenças de veiculação hídrica, inundações, prejuízos materiais, entre outros. Neste contexto, estão todos os aspectos de ocupação do solo urbano, diferenças sociais e econômicas relacionadas com a sociedade.

A transformação de áreas anteriormente permeáveis em áreas impermeáveis induz a um desequilíbrio hidrológico, caracterizado pelo aumento do escoamento superficial e pela antecipação dos picos de vazão no tempo, o que está diretamente relacionado com as enchentes em áreas urbanas (TUCCI e MENDES, 2006, apud LIMA et al, 2015).

Para Alves (2005), a expansão urbana ameaça os recursos hídricos e a estabilidade do ecossistema bacia hidrográfica, devido à impermeabilização do solo. Isso resulta na remoção da cobertura vegetal natural e na canalização dos corpos d'água que geram vários efeitos que modificam os componentes do ciclo hidrológico natural. Acarretando no aumento do escoamento superficial e nesse processo, a água que antes infiltrava ou era retida pelas plantas, passa a escoar pelos condutos, como conseqüências desse desequilíbrio na drenagem estão as enchentes urbanas, que acometem sazonalmente grandes cidades.

Ocorre drástica diminuição da capacidade de armazenamento do solo e do subsolo causada pela perda da capacidade do solo em absorver águas pluviais, associada ao aumento do escoamento superficial e ao

conseqüente aumento da intensidade do fluxo fluvial, bem como a diminuição da evapotranspiração (ALVES, 2005, p.11).

No item 3 a seguir, será visto com mais detalhes, a questão da impermeabilização do solo e seus efeitos no ciclo hidrológico natural.

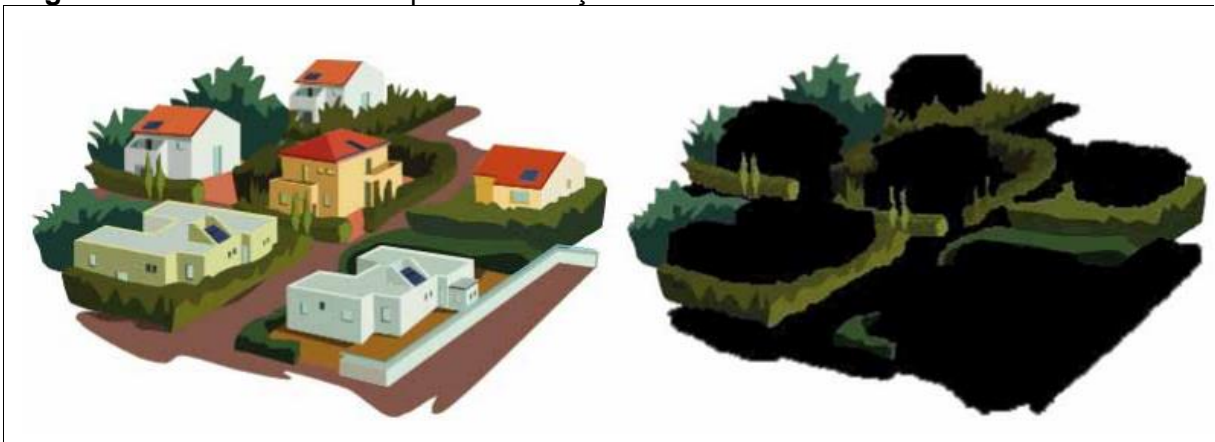
3. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO E SEUS EFEITOS NO CICLO HIDROLÓGICO

3.1. Causas da impermeabilização do solo

De acordo com definições da Comissão Europeia (2012), “ **Zona habitada:** por vezes denominada ‘terras artificiais’, inclui a superfície de terreno utilizada para habitação, para fins industriais e comerciais, infraestruturas sanitárias, educativa e de assistência, redes rodoviárias e ferroviárias, espaços recreativos (parques e

instalações desportivas) etc.” “No ordenamento do território, corresponde normalmente a todas as utilizações dos solos com exceção da agricultura, das zonas seminaturais, da silvicultura e das massas de água”. E “**Impermeabilização dos solos**: cobertura permanente de uma superfície de terreno e do seu solo por materiais impermeáveis (como o asfalto e o cimento), nomeadamente com a construção de edifícios e estradas”. Uma figura é apresentada para ilustrar essas definições (**Figura 11**).

Figura 11-Zona habitada e impermeabilização dos solos



Fonte: Comissão Europeia (2012, p.41)

Na figura da esquerda, está a chamada **zona habitada**, composta de terrenos ocupados por habitações e serviços, muros, e por rede rodoviária. Na figura da direita, está representada em negro, a chamada **zona impermeabilizada**, que coincide exatamente com a zona habitada, vez que jardins, parques públicos e outros espaços verdes não estão cobertos por uma superfície impermeável, guardando coerência com o que foi apresentado na Figura 7.

São muitos os fatores que contribuem para a impermeabilização do solo. Do ponto de vista da Comissão Europeia (2012), de uma maneira geral, as atividades urbanas (sociais, econômicas e financeiras), dependem da existência de zona urbanizada e em especial, de infraestrutura de transportes. E a necessidade de construção de novas habitações, da instalação de indústrias, comércio e serviços, e da instalação da infraestrutura de transporte, pode ser considerado exatamente como o principal fator da impermeabilização dos solos.

No contexto europeu, outras causas da impermeabilização dos solos seriam a dependência das autoridades locais às receitas geradas por taxas e encargos

urbanísticos e o desconhecimento do valor do solo como recurso limitado. Essas taxas e encargos aliados à concorrência entre municípios que buscam maximizar suas receitas, levam os municípios a promoverem a construção de novas zonas para habitação, comércio ou indústria, mediante oferta de terrenos baratos para sua construção (Comissão Europeia, 2012). Ou seja, o crescimento da malha urbana tem como efeito direto mais impermeabilização do solo urbano.

Outras causas ainda da impermeabilização do solo seriam os instrumentos legais, na medida em que influenciam diretamente na ocupação do solo e em consequência, na sua impermeabilização.

3.2. Os impactos da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico: as inundações

Segundo a Comissão Europeia (2012, p. 15),

Os solos fornecem uma gama muito vasta de funções ecossistêmicas vitais, desempenhando um papel crucial na produção de alimentos e de materiais renováveis como a madeira, oferecendo habitats para a biodiversidade terrestre e subterrânea, filtrando e moderando o fluxo de água para os aquíferos, removendo contaminantes e reduzindo a frequência e o risco de inundações e de períodos de seca; podem ajudar a regular o microclima em ambientes de forte densidade urbana, sobretudo quando cobertos de vegetação; podem também desempenhar funções estéticas na paisagem. As terras agrícolas prestam igualmente serviços ecológicos às cidades, como a reciclagem de resíduos urbanos (por exemplo, lamas de depuração) e produtos orgânicos (por exemplo, compostagem).

A impermeabilização, pela sua própria natureza, tem como prática recorrente remover o solo superficial, que é a fonte de fornecimento para a maior parte dos serviços ecossistêmicos do solo, gerando com isso um forte impacto no solo, eliminando grande parte da sua utilidade. E ainda os impactos ambientais causados por essa ação no solo ao ciclo hidrológico como a contaminação e redução dos níveis dos lençóis subterrâneos, que são visíveis nas cidades, por terem um elevado grau de impermeabilização dos solos. Segundo estudos feitos pela Comissão Europeia (2012), muitas funções relevantes ligadas ao solo são devidas às plantas, animais e micróbios que neles vivem. Sendo assim, a prática da impermeabilização do solo afeta também a biodiversidade terrestre e subterrânea.

Em geral, esta prática tem por efeito isolar o solo da atmosfera, impedindo a infiltração das águas pluviais e as trocas de gases entre o solo e o ar. Assim, a impermeabilização resulta literalmente em consumo do solo (a menos que o solo seja reutilizado adequadamente noutro lugar). É um motivo de grande preocupação, uma vez que a formação do solo é um processo muito lento, sendo necessários séculos para formar um centímetro (COMISSÃO EUROPEIA, 2012, p.15).

É ainda a Comissão Europeia (2012, pp. 15 e 16), quem identifica alguns dos principais impactos da impermeabilização do solo, a seguir reproduzidos de forma resumida:

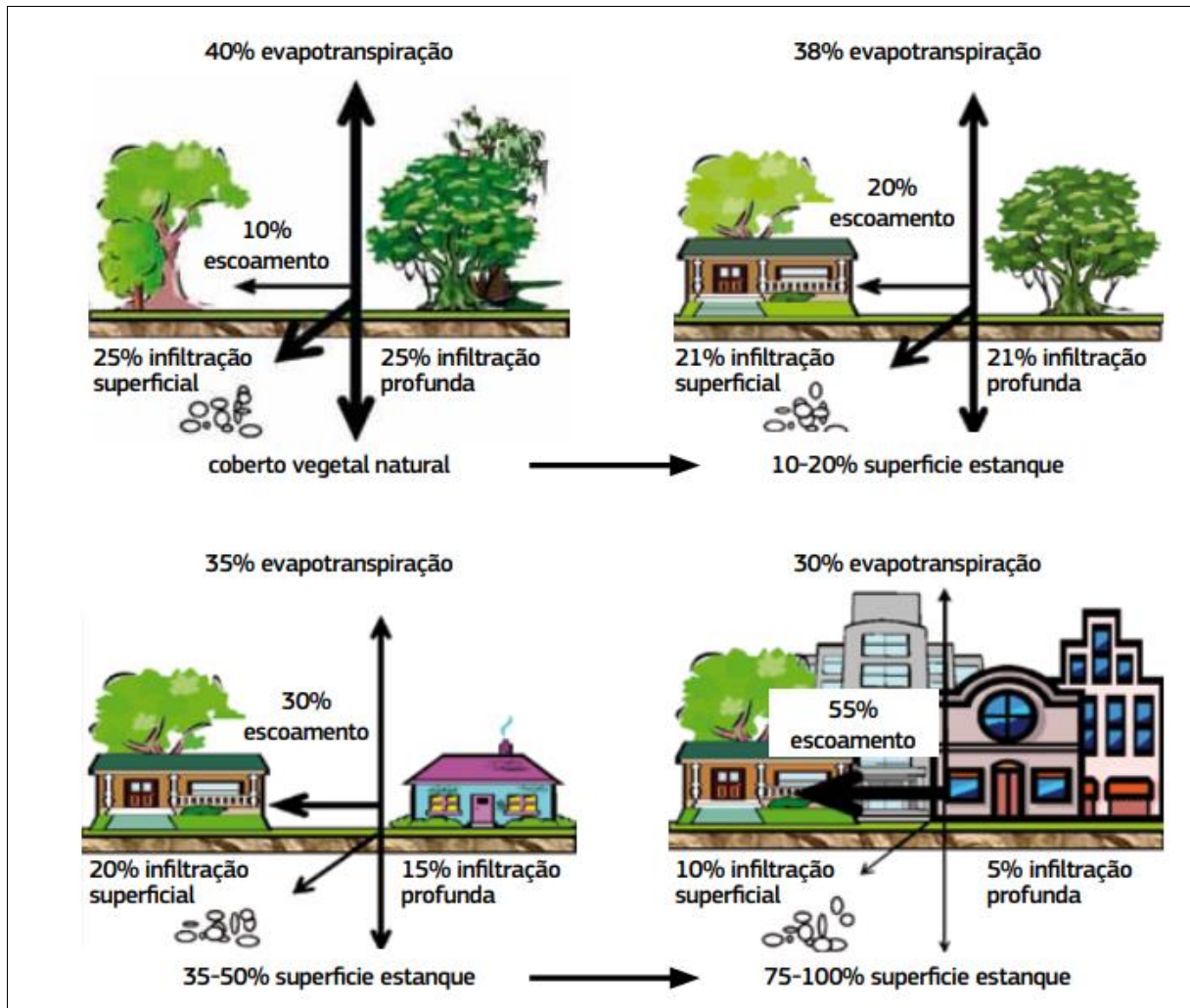
- A impermeabilização dos solos pode exercer grandes pressões nos recursos hídricos e conduzir a alterações no estado ambiental das bacias hidrográficas, que podem afetar os ecossistemas e os serviços que fornecem relacionados com a água. A impermeabilização reduz a quantidade de água da chuva, que pode ser absorvida pelo solo e, em casos extremos, pode impedir totalmente a absorção. A infiltração da água da chuva nos solos pode aumentar significativamente o tempo que a água demora a chegar aos rios, reduzindo o volume do caudal máximo e, por conseguinte, o risco de inundações (atenuação das cheias pela paisagem);
- A impermeabilização dos solos afeta a biodiversidade terrestre e subterrânea. Os cientistas estimam que, pelo menos, um quarto das espécies do planeta vive nos solos. Os microrganismos do solo desempenham um papel fundamental na decomposição da matéria orgânica do solo, na reciclagem de nutrientes e, por fim, na captura e armazenamento de carbono. Estes microrganismos, em colaboração com organismos de maior dimensão como as minhocas, são capazes de modificar a estrutura do solo tornando-o mais permeável à água e aos gases (Turbé et al., 2010). A impermeabilização linear dos solos (por exemplo, estradas e autoestradas) pode atuar como mais um sério obstáculo para algumas espécies selvagens, interrompendo as suas vias de migração e afetando os seus “habitats”;
- Historicamente, as aglomerações urbanas têm sido estabelecidas principalmente junto às zonas mais férteis. Assim, a ocupação e

impermeabilização dos solos afeta frequentemente os solos mais férteis, com impacto na segurança alimentar europeia;

- O solo superficial, que encerra normalmente cerca de metade do carbono orgânico contido nos solos minerais, é em geral removido em grande parte durante as obras de construção. Assim, o solo perde uma parte significativa do carbono orgânico armazenado devido ao aumento da mineralização e à reutilização;
- Nas zonas urbanas, a diminuição da evapotranspiração provocada pelo desaparecimento da vegetação, em resultado da impermeabilização dos solos e o aumento da absorção de energia solar causado por superfícies asfaltadas ou de cimento, telhados e pedras são fatores significativos, que associados ao calor produzido pelos sistemas de ar condicionado e de refrigeração e pelo tráfego, contribuem para o efeito das «ilhas térmicas urbanas»;
- A impermeabilização dos solos quebra a ligação entre o ciclo químico e biológico dos organismos terrestres, que estão encerrados no solo, e impede a biodiversidade do solo de reciclar a matéria orgânica morta, bem como as substâncias e os elementos que a compõem;
- A qualidade e quantidade de espaços e corredores verdes numa cidade contribui para a regulação da água e da temperatura e exerce efeito positivo na umidade. Assim, um grau demasiado intensivo de impermeabilização dos solos, sem espaços abertos de qualidade suficiente, pode reduzir a qualidade de vida.

A influência da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico, objetivo maior dessa pesquisa pode ser visto com clareza na **Figura 12**. À medida que aumenta a quantidade de solo impermeável, diminui a evapotranspiração e a infiltração (superficial e profunda), aumentando o escoamento superficial, o que resultará em inundação.

Figura 12-Diagrama da influência da impermeabilização do solo no ciclo hidrológico



Fonte: Comissão Europeia, 2012, p. 49.

Um dos aspectos na urbanização tradicional são as superfícies impermeáveis, que poluem e alteram a hidrologia nativa, agravam a erosão e os alagamentos. Por isso Farr (2013) defende a implementação do urbanismo sustentável. E como definição ele destaca:

[...] o urbanismo sustentável é aquele com um bom sistema de transporte público e com possibilidade de deslocamento a pé integrado com edificações e infraestrutura de alto desempenho. A compacidade (densidade) e a biofilia (acesso à natureza) são valores centrais do urbanismo. [...] O urbanismo sustentável enfatiza que o apelo pessoal e os benefícios sociais da vida no bairro – satisfazer necessidades diárias à pé – são maiores em bairros que integram cinco atributos: definição, compacidade, totalidade, conexão e biofilia. (FARR, 2013, p.28 apud BERNARDES e BOSCOLI, 2015, p.249).

Para Fernandes *et al* (2006), a impermeabilização excessiva, resulta no uso de mais recursos para escoamento, como um aumento das bocas de lobo, que conduzem

as águas para as devidas canalizações que estão em constante manutenção, gerando custos e em algumas ocasiões, atenção emergencial como a limpeza das galerias para remover a sedimentação, lixo e outros sólidos, com técnicas variadas (Impermeabilização Excessiva do Solo: Impactos Ambientais Negativos).

Pode-se acrescentar ainda que, o sistema de esgotos com o intenso escoamento das águas pluviais, pode perder a capacidade de suportá-lo, causando o fenômeno das inundações nas superfícies. Essa impermeabilização reduz a quantidade de água da chuva que pode ser absorvida pelo solo e, em casos extremos, sua absorção fica muito comprometida. A falta ou a escassez da infiltração da água da chuva nos solos pode aumentar bastante o tempo que a água demora a chegar aos rios, reduzindo o volume caudal máximo e, por conseguinte, o risco de inundações.

Sobre essa problemática, Yannopoulos *et al.* (2013) e Maus *et al.* (2013) destacam que o processo intensivo e expansivo da urbanização contribui para gradativa diminuição da capacidade de infiltração nas áreas urbanas, provocando alterações significativas nas características do hidrograma de enchente (aumento do fluxo de pico e volumes de escoamento e, diminuição no tempo de concentração da bacia) (CARVALHO; SILVA, *et al.*, 2017, p.2).

Canholi (2005) cita como causas das inundações urbanas, a quase total impermeabilização dos solos nas zonas urbanas, os sistemas de drenagem de águas pluviais ineficientes, acúmulo de lixos e outros detritos em bocas de lobo e corpos d'águas que impedem o escoamento normal das águas, sistema de alertas lentos, pouco abrangentes e ineficientes e à gerência inadequada ou a não existência de Planejamento de Drenagem de águas pluviais pelos municípios (JUSTINO *et al.*, P. 18, 2011).

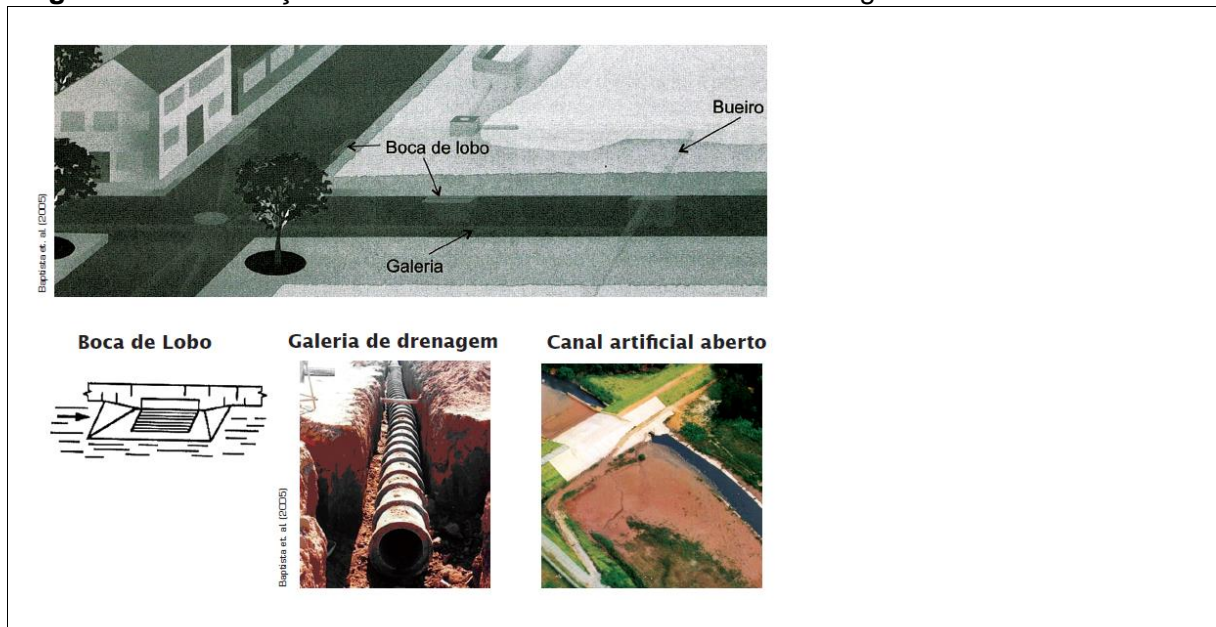
As consequências diretas das inundações urbanas são perdas materiais, perdas de vidas humanas e diversos impactos ambientais. As perdas de vidas humanas, diferentemente dos danos materiais, não podem ser monetariamente mensuradas, constituindo-se, assim, no maior problema decorrente das enchentes. Pedrosa (1996) cita outro fato comumente verificado nas enchentes urbanas que são epidemias de algumas moléstias de veiculação hídrica, logo após a ocorrência de enchentes. A leptospirose, doença transmitida pela urina do rato, que durante as cheias tem uma maior probabilidade de ocorrência, é a mais comum delas (JUSTINO *et al.*, p. 19, 2011).

Há, no entanto diversas medidas para controle dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico em áreas urbanas e é o que foi será no item a seguir.

4. MEDIDAS DE CONTROLE DA DRENAGEM URBANA

De acordo com Baptista *et al.* (2007, p.31), os chamados sistemas clássicos de drenagem urbana, centrados no rápido escoamento das águas pluviais, são constituídos por dois sistemas. O **sistema de microdrenagem**, constituído por meios-fios, sarjetas, bocas-de-lobo, tubulações de ligação, galerias e poços de visita, e o **sistema de macrodrenagem**, constituído por um conjunto de canais que em geral, corresponde à rede natural de canais existentes nos terrenos antes da ocupação, sendo composto pelos córregos, riachos e rios, localizados nos talvegues² e vales (Figura 13).

Figura 13-Visualização Geral de um Sistema Clássico de Drenagem Urbana



Fonte: Baptista *et al.* (2007, p.32)

São várias as medidas de correção e/ou prevenção que podem articular funções de controle da drenagem urbana, seja no sistema de microdrenagem seja no sistema de macrodrenagem. Os autores baseados nos quais esta pesquisa se desenvolveu, em especial Tucci (2002, 2003, 2005, 2006), Baptista *et al.* (2007), Comissão Europeia (2012), e Canholi (2005), entre outros, estão de acordo quanto a uma primeira grande divisão dessas medidas corretivas e preventivas, em **medidas**

² Talvegue é a linha variável ao longo do tempo que se encontra no meio da junção mais profunda de um vale ou rio.

estruturais e medidas não estruturais. Apresentar uma compilação do que dizem os referidos autores sobre essas medidas, é o assunto do item a seguir.

4.1. Medidas estruturais e não estruturais

Para Baptista *et al.* (2007), são consideradas medidas estruturais para controle da drenagem urbana aquelas usadas pelo homem para modificar o curso da água, tais como as obras hidráulicas (barragens, diques e canalizações). E são consideradas medidas não estruturais, aquelas que o homem usa para conviver com o curso de água, tais como o zoneamento de áreas de inundação, a restrição dos usos e ocupação do solo e a implantação de sistemas de alerta, entre outros.

De modo similar Canholi (2005), entende as medidas estruturais como obras de engenharia que podem ser implantadas visando a correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes. Essas medidas não estruturais são aquelas em que se procura reduzir os danos ou as conseqüências das inundações, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem.

Uma mesma subdivisão das medidas estruturais e não estruturais tem o acordo de todos os autores consultados e citados e por isso mesmo foi compilada e assumida por essa pesquisa e será apresentada e comentada a seguir.

Medidas estruturais

As **medidas estruturais** podem ser caracterizadas como medidas intensivas e extensivas. As **medidas estruturais intensivas** são de quatro tipos, de acordo com seu objetivo:

- De aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas;
- De retardamento do fluxo: reservatórios (bacias de detenção/retenção), restauração de calhas naturais;
- De desvio do escoamento: túneis de derivação e canais de desvios;
- De introdução de ações individuais visando tornar as edificações à prova de enchentes.

As medidas estruturais extensivas correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, à recomposição de cobertura vegetal e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem.

Medidas não estruturais

Tucci (2002) e Canholi (2005), ensinam que,

Em contraponto às medidas estruturais, que podem criar uma sensação de falsa segurança e até induzir à ampliação da ocupação das áreas inundáveis (Tucci, 2002), as ações não estruturais podem ser eficazes a custos mais baixos e com horizontes mais longos de atuação (Canholi, 2005, p. 25).

Considerando as medidas não estruturais mais adotadas, estas podem ser agrupadas em:

- Ações de regulamentação do uso do e ocupação do solo;
 - ❖ Por meio da delimitação das áreas sujeitas a inundações em função do risco, é possível estabelecer um zoneamento e a respectiva regulamentação para a construção, ou ainda para eventuais obras de proteção individuais (como a instalação de comportas, portas-estanques e outras) a serem incluídas nas construções existentes.
 - ❖ Da mesma forma, podem-se desapropriar algumas áreas, destinado-as as praças, parques, estacionamentos e outros.
- Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo;
- Fixação de critérios para elaboração de projetos de drenagem;
 - ❖ No Brasil não existem normas técnicas para elaboração de projetos de drenagem urbana, assim como poucas cidades dispõem, em sua prefeitura, de um departamento específico para o gerenciamento das águas urbanas.
- Fixação de critérios para obras de infraestrutura de um modo geral;
 - ❖ Em muitas cidades do Brasil e em particularmente no Município do Recife, é comum a interferência de unidades de outros serviços da infraestrutura urbana, como sistema viário, sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, nas obras de drenagem que acarretam na diminuição da capacidade de escoamento das obras de drenagem.
- Incentivo à implantação de parque linear nas margens dos rios;

- ❖ Apesar de se tratar de uma medida estrutural, deve ter uma legislação específica para fortalecer sua aplicação.
- Outorga para controle de cheias;
 - ❖ Trata-se da solicitação de outorga pela execução de obras que interferiram no regime das unidades de macrodrenagem da bacia. Neste caso, a outorga não se refere ao uso da água e sim do sistema de drenagem na ocupação de uma determinada área urbana. Onde o proprietário deverá garantir, junto ao poder público, pelo menos a preservação das condições existentes em termos de geração de deflúvios, de modo a não sobrecarregar as estruturas de jusante, sejam elas naturais ou construídas.
- Seguro-enchente;
 - ❖ Podem ser calculados a partir da determinação dos riscos associados às cheias.
- Sistemas de alerta e previsão de enchentes;
 - ❖ Evita o fator surpresa e facilita ações preventivas e de isolamento ou retirada de pessoas e bens das áreas sujeitas a inundações, bem como a adoção de desvios de tráfego.

4.2. Medidas não convencionais

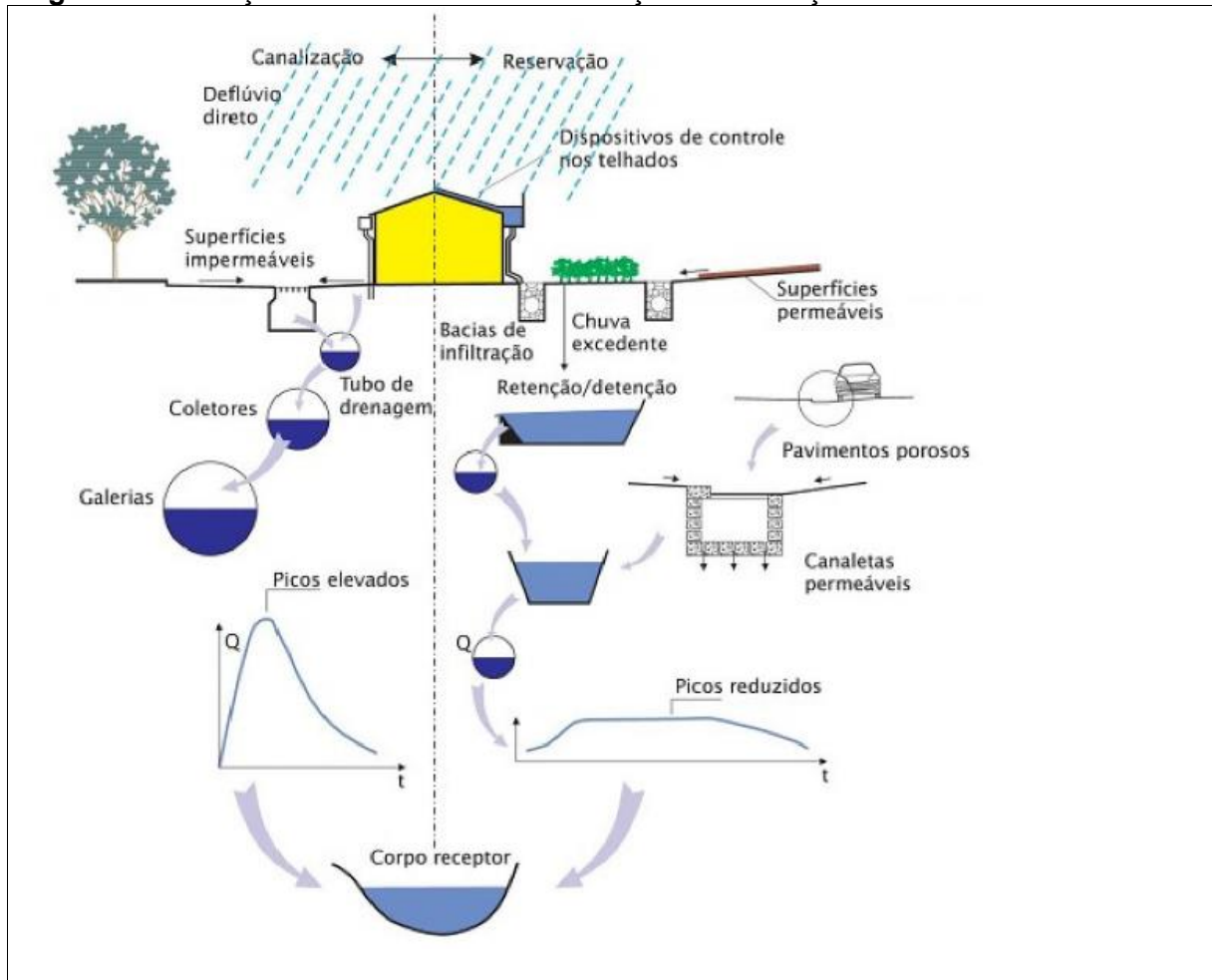
Além dessas medidas estruturais e não estruturais comumente adotadas, há ainda as chamadas medidas não convencionais, que são estruturas, obras, dispositivos ou mesmo conceitos diferenciados de projeto, cuja utilização não se encontra ainda disseminada. São soluções que diferem do conceito tradicional de canalização, mas podem estar a ela associadas, para adequação ou otimização do sistema de drenagem. Para Welsh (1989, apud Canholi, 2005, p. 31), as diretrizes gerais de projeto de drenagem urbana podem ser classificadas em “conceito de canalização” e “conceito de reservação” (**Quadro 1 e Figura 14**).

Quadro 1-Visualização Geral de um Sistema Clássico de Drenagem Urbana

Características	Canalização	Reservação
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para <u>subseqüente</u> liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatórios a superfície livre / reservatórios subterrâneos / retenção subsuperficial
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas / Construção por fases / Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	Áreas novas (em implantação) / Construção por fases / Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas)
Impactos nos trechos de jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior / Maiores obras nos sistemas à jusante	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA) / Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível
Impactos nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco <u>frequente</u> (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo) / Manutenção nas galerias difícil (condições de acesso)	Necessária limpeza periódica / Necessária fiscalização / Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção/ Desinfecção eventual (insetos)
Estudos hidrológico / hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volumes das enchentes)

Fonte: WALESH (1989), apresentado CANHOLI (2014), p.32, editado pela autora.

Figura 14-Ilustração dos conceitos de canalização x reservação



Fonte: Canholi, p. 36, 2005.

São as medidas não convencionais (dentro do conceito de reservação/detenção dos escoamentos) mais frequentemente adotadas:

- As que visam incrementar o processo de infiltração:
- As que visam reter os escoamentos em reservatórios
 - ❖ Compostas por estruturas que amortecem os picos de vazão por meio do conveniente armazenamento dos deflúvios
- As que visam retardar o fluxo nas calhas dos córregos e rios
 - ❖ Manter ou restaurar o leito maior (várzea) dos córregos;
 - ❖ Preservar as sinuosidades (meandros);
 - ❖ Dotar as canalizações de revestimento rugoso, para reduzir as velocidades de escoamento, e conseqüentemente os picos de vazão esperados (pela ampliação do tempo de concentração),
 - ❖ Restaurar a vegetação ciliar;
 - ❖ Outras medidas que buscam o saneamento dos fundos dos vales

- As destinadas a proteger as áreas baixas com sistemas de diques do tipo pôlder³, e desviar os escoamentos, promovendo *bypass* em áreas afetadas
 - ❖ Drenagem feita pelo sistema de bombeamento e/ou válvula de retenção

A seguir a **Figura 15** mostra exemplos de algumas das medidas não convencionais

Figura 15 – Ilustração dos conceitos de canalização x reservação- Medidas não convencionais.



Fonte: Portland (2002) apresentado em Canholi (p. 38, 2005)

As medidas de controle na fonte devem ser vistas como complementares àquelas de controle à jusante (voltadas ao controle de quantidade na escala regional) como objetivo final de garantir o correto manejo dos eventos de alta e baixa frequências, promovendo o controle global da quantidade e da qualidade. (CANHOLI, p.39, 2005)

Canholi (2005) lembra ainda que algumas técnicas consolidadas na gestão dos sistemas de drenagem urbana ganham espaço, como as de Urbanização de Baixo Impacto, *Low Impact Development* (LID), nos Estados Unidos, Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável, *Sustainable Urban Draining Systems* (SUDS), no Reino Unido, e *Water Sensitive Urban Drainage* (WSUD), na Austrália (Butler e Davis, 2011) e DOD (2004). As técnicas de LID e SUDS apresentam diferenças embora busquem objetivos semelhantes.

³ Pôlder é uma porção de terreno conquistada ao mar, lago ou pântano por meio da construção de diques, no interior do país ou em área próxima ao litoral.

- Técnicas LID:
 - ❖ Utilizam-se das ferramentas de planejamento prévio da urbanização e *design* inteligente com enfoque no controle da fonte
 - ❖ Aplicam-se ao planejamento de novos sistemas de forma integrada ao desenvolvimento do projeto arquitetônico, paisagístico, viário, entre outros.
- Técnicas SUDS:
 - ❖ Baseiam-se principalmente na disseminação de dispositivos em diferentes escalas (local, principalmente)
 - ❖ Atuam na correção e eventualmente na prevenção dos problemas de drenagem. Em alguns casos, a instalação prévia de SUDS torna desnecessária a construção de sistemas tradicionais ou então pode reduzir a dimensão necessária para os mesmos.

Os sistemas de drenagem sustentáveis (SUDs) englobam uma série de técnicas de gestão do fluxo das águas pluviais a partir de um determinado local, tratando-o na origem e reduzindo desse modo as pressões na rede convencional de coletores. O objetivo dos SUDs é reproduzir sistemas naturais que utilizam soluções rentáveis com baixo impacto ambiental para recolher, armazenar e depurar as águas usadas e de superfície antes de as evacuar de novo lentamente no ambiente, nomeadamente nos cursos de água (COMISSÃO EUROPEIA, 2012).

Os principais sistemas e dispositivos de contenção, de acordo com sua posição na rede de drenagem, são a **disposição no local**, o **controle de entrada** o **controle *In situ*** e a **detenção a jusante** (URBONAS, 1992, apud CANHOLI, 2005):

1. **Disposição no local**: voltado ao controle em lotes residenciais e vias de circulação, constituído por obras ou dispositivos que promovam ou incrementem a infiltração e percolação das águas coletadas. Os dispositivos que incrementam a infiltração podem ser divididos em dois grupos principais, os **métodos dispersivos** e os **métodos em poços**:
 - ❖ Os **métodos dispersivos** incluem os dispositivos pelos quais a água superficial infiltra-se no solo: São eles: superfícies de infiltração; valetas de infiltração abertas; lagoas de infiltração; bacias de percolação e pavimentos porosos (**Figura 16.**)

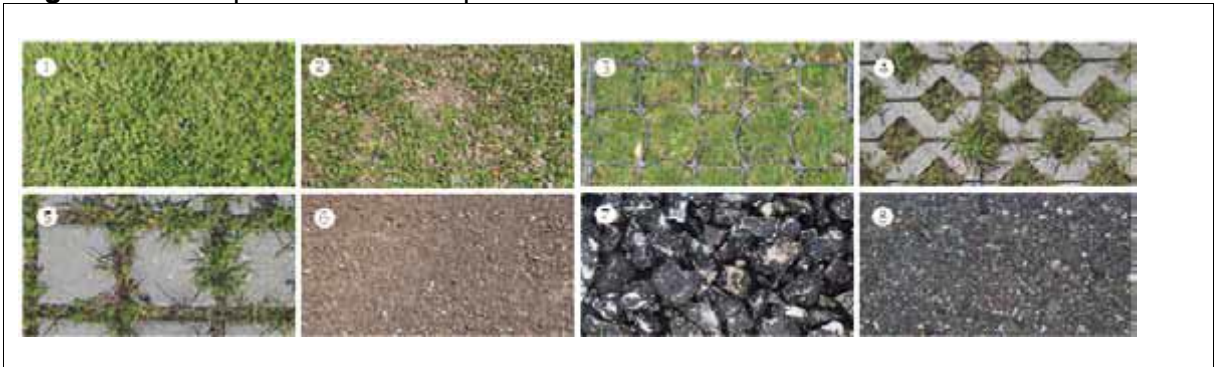
Figura 16-Ilustração dos conceitos de canalização x reservação: Métodos dispersivos



Fonte: Portland, 2002, apresentadas em Canholi, 2005, p. 41- 45,

Outros exemplos de materiais permeáveis disponíveis em grande escala, são apresentados pela Comissão Europeia (2012). São eles, da esquerda para a direita da **Figura 17**: 1) relva, 2) relva com gravilha, 3) grelhas de enrelvamento de plástico, 4) grelhas de enrelvamento de concreto, 5) superfícies de macadame, 6) pavimentos de concreto permeável e 7) asfalto poroso. O número 8) mostra um dos pavimentos mais comuns, o asfalto impermeável.

Figura 17-Exemplos de materiais permeáveis.



Fonte: Comissão Europeia, 2012, p. 59.

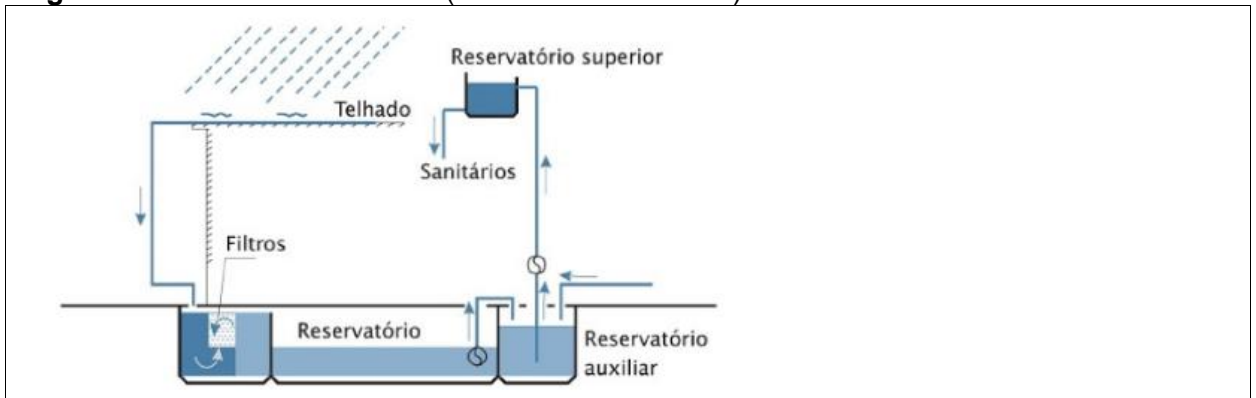
- ❖ Os **métodos em poços** são aqueles em que há descarga do nível subterrâneo pelas águas da superfície. São eles: poços de infiltração secos e poços de infiltração úmidos.
2. **Controle de entrada:** dispositivos de controle que visam restringir a entrada dos escoamentos no sistema de drenagem, promovendo a sua reservação. São exemplos desses dispositivos (**Figura 19.**) :
 - Controle nos telhados
 - Controle em áreas impermeabilizadas
 3. **Detenção *In Situ*:** compreendem os reservatórios implantados para controlar áreas urbanizadas restritas, como condomínios, loteamentos e distritos industriais (**Figura 18**)

Figura 18 - Detenção In Situ (áreas públicas)



Fonte: Portland, 2002, apresentada em Canholi, p. 51, 2005

Figura 19 - Controle de entrada (controle nos telhados)

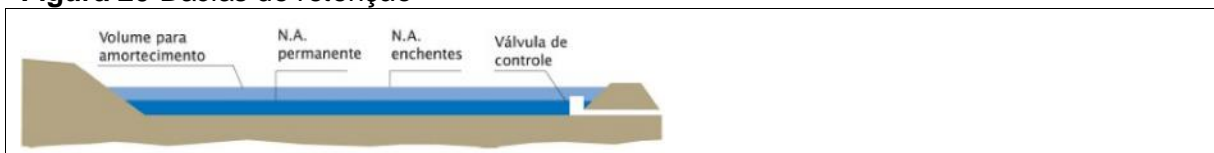


Fonte: Nakamura, 1988, apresentada em Canholi, p.50, 2005

4. **Detenção a jusante:** visa controlar os escoamentos das bacias ou sub-bacias de drenagem. São elas :

- **Bacia de retenção:** corresponde a reservatórios de superfície que sempre contém um volume substancial de água permanente para fins recreativos, paisagísticos ou para abastecimento de água, entre outras funções (**Figura 20**).
- **Bacia de detenção:** áreas normalmente secas durante as estiagens, mas projetadas para reter as águas superficiais apenas durante e após as chuvas (**Figura 21**).
- **Bacia de sedimentação:** reservatórios que tem como função principal reter sólidos em suspensão ou absorver poluentes carregados pelos escoamentos superficiais. Podem ser “online” ou “off-line” (**Figura 22**).

Figura 20-Bacias de retenção



Fonte: Canholi, 2005

Figura 21-Bacia de detenção (Município de Uberaba)



Fonte: Canholi, 2005

Figura 22-Bacia de sedimentação (reservatórios on-line e off-line)



Fonte: Canholi, 2005

Baptista *et al.* (2007, p.37) também ensinam as diferenças entre os sistemas clássicos de controle e as técnicas alternativas e compensatórias. Nos sistemas clássicos, “as águas pluviais são captadas a condutos artificias, preferencialmente subterrâneos, funcionando por gravidade, sendo evacuadas das zonas urbanas e lançadas em corpos d’água rapidamente”. E continuam dizendo que esses sistemas clássicos são constituídos, essencialmente, “de dispositivos de captação das águas superficiais, estrtuturas de condução das águas captadas, na forma de canais abertos ou condutos enterrados e, eventualmente, obras comlementares, tais como bueiros e dissipadores de energia”. Mas outra abordagem teria surgido a partir dos anos 70.

A partir dos anos 70, uma outra abordagem para tratar o problema vem send desenvolvida, sobretudo na europa e na américa do norte. Trata-se do conceito de tecnologias alternativas ou compensatórias de drenagem, que busca neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, com benefícios para a qualidade de vida e a preservação ambiental (BAPTISTA et al, 2007, p.37).

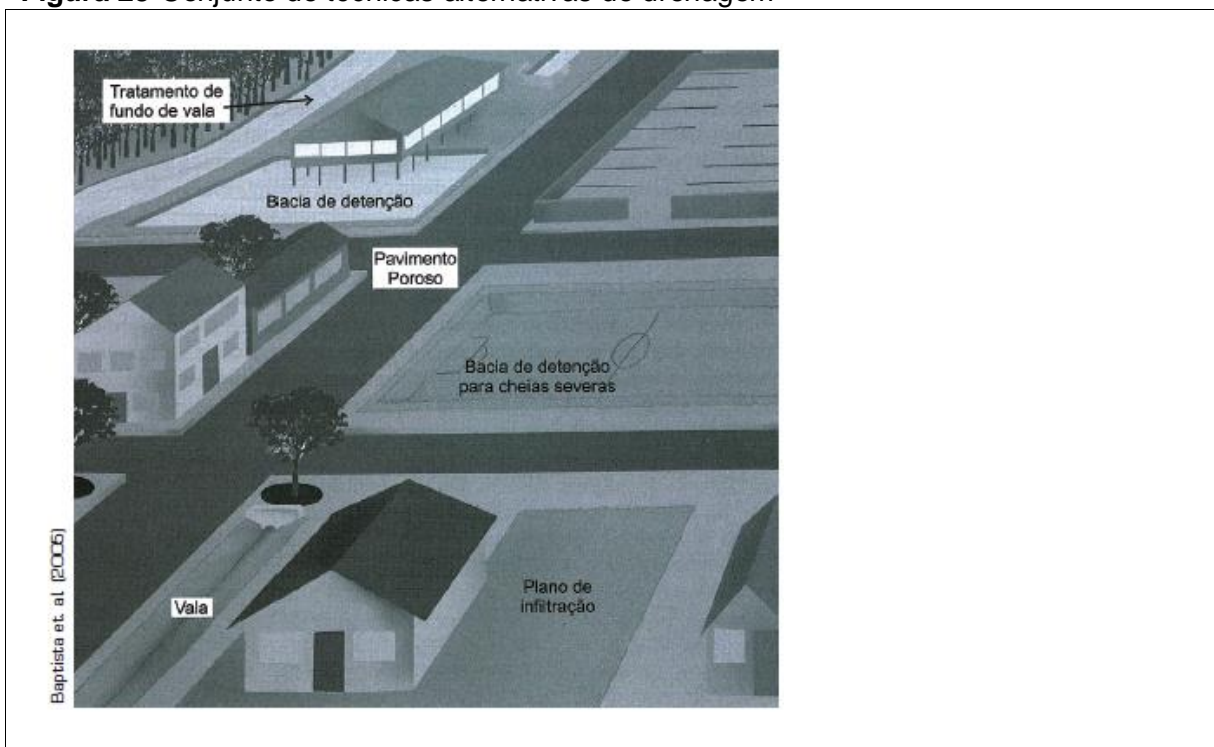
Segundo os mesmo autores, essas tecnolgas são consideradas alternativas em relação às soluções clássicas pelas seguintes razões:

- consideram os impactos da urbanização de forma global, tmando a bacia hidrográfica como base de estudo; e

- buscam compensar sistematicamente os efeitos da urbanização, controlando na fonte a produção de excedentes de água decorrentes da impermeabilização, através de infiltração, e evitando a sua transferência rápida para jusante, através de estruturas de armazenamento temporário (BAPTISTA et al, 2007, p.38)

Sendo assim, essas tecnologias alternativas, se bem concebidas e adequadamente inseridas no meio ambiente podem contribuir para uma melhor qualidade de vida no meio urbano e para recuperação e preservação do meio ambiente através da carga de poução de origem pluvial (**Figura 23**).

Figura 23-Conjunto de técnicas alternativas de drenagem



Fonte: Baptista et al, 2007, p.38

Essas tecnologias permitem, segundo os autores,

- a continuidade do desenvolvimento urbano sem gerar custos excessivos para as municipalidades;
- a modulação do sistema de drenagem em função do crescimento urbano; e
- o tratamento combinado das questões de drenagem pluvial em meio urbano com outras questões urbanísticas (BAPTISTA et al, 2007, p.)

Outras várias possibilidades de técnicas compensatórias estruturais apresentadas pelos mesmos autores podem ser vistas na **Figura 24**.

Figura 24-Tipos de técnicas compensatórias

Técnicas para controle na fonte: implantadas junto a parcelas ou pequenos conjuntos de parcelas associados à drenagem de pequenas áreas



Valetas e planos para armazenamento e/ou infiltração



Trincheiras de infiltração



Reservatórios domiciliares individuais

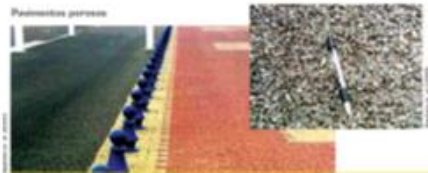


Poços de infiltração



Poços de infiltração

Técnicas para controle nos sistemas viários: implantadas junto aos sistemas de infraestrutura viária existente (pavimentos de concreto permeável, pavimentos de asfalto permeável, pavimento de blocos vazados, pavimentos intertravados, pavimentos de alvenaria poliédrica)



Pavimentos porosos



Armazenamento em áreas de pátios e estacionamentos

Técnicas para controle a jusante: implantadas junto a parcelas ou conjuntos de parcelas associadas à frenagem de grandes áreas (bacias de detenção gramadas, bacias de detenção em concreto, bacias de detenção enterradas)



Bacia de detenção



Bacia de infiltração

Fonte: Baptista et al, 2007, p.39 a 43. Editado pela autora, 2018.

Cabe lembrar que, de acordo com Farr (2013), o urbanismo sustentável apresenta em sua proposta medidas não convencionais estruturadas e não estruturadas. Apesar de promover alta qualidade de vida, benefícios econômicos e ambientais, encontra muitas barreiras que dificultam a sua implementação. Uma delas é a regulamentação fragmentada, que não abrange todos os aspectos envolvidos nesse planejamento, além da resistência em se abandonar a estrutura arcaica da urbanização dispersa (tradicional), preferindo-se usar paliativos como resposta. Por exemplo, ao se comprar lâmpadas econômicas acreditando que isso vai fazer uma grande diferença nas mudanças climáticas.

Farr (2013, p.28-40), enfatiza que a urbanização tradicional deve ser substituída pelo urbanismo sustentável uma vez que, este agrega benefícios sociais cotidianos no bairro, ao suprir as necessidades do dia a dia a pé (privilegiando os pedestres), agregando cinco atributos essenciais aos bairros: definição, compacidade, completude, conexão e biofilia.

- **Definição:** o bairro precisa ter limites bem definidos, respeito ao pedestre e diversificação em relação aos tipos de edificação, pessoas e usos;
- **Compacidade:** no urbanismo sustentável compacidade é a concentração da densidade urbana nos pontos de transportes público e em seu entorno e nas áreas adjacentes aos corredores de transportes. Essa concentração favorece a criação de negócios, a preservação da natureza, a redução da área pavimentada por pessoa, a melhoria na qualidade da água e o aumento da eficiência da sustentabilidade.
- **Completude:** é um atributo de um bairro completo por incluir serviço público diário e de longo prazo, usos comerciais e de serviços, além de vários tipos de habitações, contemplando todas as faixas etárias, fidelizando as pessoas/famílias a permanecer no mesmo local, mesmo quando suas necessidades mudam. O envelhecimento na área permite manter as relações por deslocamento a pé, evitando gasto e consumo de energia de automóveis e aviões.
- **Conexão: Conectividade** é a integração de transporte e uso do solo, como resposta à dependência de automóveis, promovendo possibilidades de mobilidade para as pessoas dentro de seu bairro. As bicicletas podem compartilhar as faixas de trânsito em ruas de baixa velocidade, podendo ser usadas por crianças em idade escolar fazendo exercício diário, ao irem à

escolas situadas no centro de bairros, conquistando certa independência por ter uma rede de vias seguras e estreitas. **Corredores de Sustentabilidade** possibilitam diversos tipos de infraestrutura de serviços públicos, como redes convencionais de eletricidade, gás e esgoto, coordenadas com os usos de solo adjacentes. E podem também, oferecer corredores de vida silvestre, conectando “habitats” dentro e através de uma região.

- **Biofilia** é a conexão dos seres humanos à natureza, com base na interdependência intrínseca entre os seres humanos e os outros sistemas vivos. A falta de conexão com a natureza provoca inúmeros problemas psicológicos, como o aumento do “stress” e o transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). As áreas naturais e as paisagens dão prazer e trazem benefícios visíveis, como a cobertura de árvore adulta que reduz a temperatura nas ruas, além de outras não tão reconhecíveis como os fluxos de recursos que dão suporte ao estilo de vida de hoje.

Além desses cinco atributos essenciais dos bairros, Farr (2013) destaca que há duas preocupações adicionais que se referem as edificações, projeto integrado e infraestrutura de alto desempenho. Uma das preocupações é quanto à edificação sustentável com ilhas térmicas urbanas, com a filtragem de água pluvial, os conteúdos reciclados e locais e os custos de ciclo de vida que começa a interferir nas práticas da infraestrutura convencional. O urbanismo sustentável produz normas de liderança voluntária, como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) dando início a essa transição, promovendo apoio e conhecimentos especializados, o conceito de futuras exigências obrigatórias de alto desempenho.

De acordo com Farr (2013), o projeto integrado é a marca registrada do movimento da edificação ecologicamente sustentável. O que exige “um alto nível de trabalho interdisciplinar em equipe e de disciplina orçamentária” (FARR, 2013, p. 40). Ao otimizar o desempenho de todo o sistema de uma edificação, se justifica um custo extra na construção para se obter um retorno aceitável pelo investimento extra. Os novos urbanistas anseiam por projetos de infraestrutura de alto desempenho, mais humanitários, na escala de pedestre e com o foco no movimento da construção sustentável, o que reduz o consumo dos recursos ecológicos. A infraestrutura de propriedade governamental como ruas, parques, escolas, redes de esgoto, ônibus, árvores, baías de detenção etc., num modelo de urbanização tradicional onera muito

a sua construção e manutenção para o Estado mais do que numa urbanização mais compacta. Uma nova abordagem de projeto e manutenção da superfície e do leito das vias públicas surge na solução desses problemas, com a prática do uso de pavimentos que duram 50 anos e ruas com sistemas de filtragem de água pluvial. Bem como outras iniciativas inovadoras, incluindo pouca iluminação do céu urbano à noite e redes públicas que não possuem abertura em valas.

Como medidas não estruturadas Farr (2013), propõe que o projeto do CNU (Congresso para o Novo Urbanismo), juntamente com o ITE (*Institute for Traffic Engineers*), formulem normas reguladoras, concedendo isenções, como a Lei da Água Limpa, a filtragem do escoamento superficial de vias públicas e terras agrícolas para aqueles que não poluam o solo ou os recursos hídricos.

Sendo assim, para melhorar a questão dos alagamentos é necessário se criar uma estratégia promissora apesar de ser a longo prazo para reverter o problema da impermeabilização. Implantando novas áreas verdes permeáveis, investindo na arborização e no uso de pisos drenantes. Além de concluir a implementação de parques lineares, dentre outras ações que auxiliam no processo de requalificação urbanística e na qualidade ambiental.

O planejador deve dar respostas apropriadas ao planejamento de infraestrutura e drenagem. Neste cenário, o planejamento integrado e abrangente dos sistemas de drenagem urbana expõe os conflitos entre a gestão e a aplicação das técnicas, como evidencia Canholi (2005):

Entretanto, a aplicação dos conceitos e diretrizes de tais planos foi praticamente ignorada pelos órgãos responsáveis, quer pelas dificuldades políticas, oriundas da pressão pela urbanização, quer pelas econômicas, com a crônica falta de recursos (CANHOLI, 2005, p.250).

No item a seguir serão mostrados alguns exemplos de soluções para controle de inundações, um nos Estados Unidos e um no Brasil, na cidade do Recife,

5. CASOS EXEMPLARES

5.1. O caso de Portland, Oregon, Estados Unidos

5.1.1. Perfil da cidade

De acordo com Mota [2007?a], a cidade de Portland fica situada no Noroeste dos Estados Unidos, numa região de confluência entre dois grandes rios, o Willamette e o Columbia, no Estado do Oregon. A cidade tem uma área de 375,8 km², com população de 583.776 habitantes, segundo o Censo Nacional de 2010. Por se tratar de uma cidade densamente habitada o seu sistema de drenagem estava repleto de problemas complexos. No intuito de minimizar ou solucionar esses problemas, Portland desenvolveu amplos programas que visam o manejo sustentável das águas pluviais, com base num desenvolvimento integrado da drenagem com os demais sistemas de infraestrutura da cidade, as redes de água e de esgoto, que serão destacados no próximo item. E assim, tornou-se a cidade, mundialmente reconhecida por seu manejo sustentável de águas pluviais.

5.1.2. Principais programas de manejo de águas pluviais

Para que houvesse um controle de inundações foram desenvolvidos programas de manejo de águas pluviais em Portland, segundo evidencia Mota (2007), sendo os principais:

- PROGRAMA DE DESCONEXÃO DE CALHAS (*Downspout Disconnection Program*): O município oferece gratuitamente o serviço de desconexão de calhas ou paga ao proprietário do lote um valor de U\$ 53 por calha desconectada. Vale ressaltar que o incentivo só era oferecido às propriedades que estavam localizadas em regiões próximas aos rios Willamette e Columbia.
- PRÊMIO RIO LIMPO (*Clean River Rewards*): Neste programa, o proprietário que realizar o manejo do escoamento superficial gerado pelo seu lote, poderá abater em até 100% a taxa de drenagem⁴ cobrada pelo município para a prestação dos serviços de manejo e gestão das águas pluviais.

⁴ Taxa de drenagem: é uma taxa cobrada pelo manejo das águas pluviais. No Brasil, algumas cidades já adotam esta prática. A cidade de Santo André- SP, por exemplo, iniciou esta cobrança em 1998 e utiliza o dinheiro arrecadado para cobrir os gastos com a manutenção do sistema de drenagem da cidade.

- PROGRAMA DE TELHADOS VERDES (*Ecoroofs Program*): Além das exigências para instalações públicas, este Programa oferece subsídios de até U\$ 55 por metro quadrado de telhado verde instalado em edificações privadas.
- PROGRAMA RUAS VERDES (*Green Streets Program*): Consta da construção de jardins de chuva, faixas gramadas e pavimento permeável, além do plantio de inúmeras árvores. Este programa foi reconhecido como uma estratégia importantíssima na redução do escoamento superficial e na melhoria da qualidade das águas pluviais (MOTA, [2007?], p.4).

5.1.3. O Programa Ruas Verdes

No âmbito da drenagem, o Programa de Ruas Verdes é uma estratégia sustentável, que reduz as inundações e protege os recursos hídricos, melhorando a qualidade das águas. Além de gerenciar o escoamento superficial na sua origem por infiltração, devido à pavimentação permeável, a linha principal de ação deste programa também trata da revitalização das ruas da cidade, com a construção de jardins de chuva. Essas medidas favorecerem este programa que foi constituído através de diversas etapas, que envolvem desde a avaliação dos desafios impostos pela cidade até a consolidação do programa e monitoramento de suas ações. (MOTA [2007?a]).

Para que os objetivos dos Programas de manejo sustentável de águas pluviais em Portland fossem alcançados, seriam necessários monitoramento e assistência técnica e assim, estariam envolvidos nesse modelo de gestão diversos atores:

- [...] a Prefeitura criou o Comitê de Infraestruturas Sustentáveis (Sustainable Infrastructure Committee), composto por funcionários de diversos departamentos da prefeitura, para o desenvolvimento de pesquisa do uso de medidas como: pavimentos permeáveis, paisagismo melhorado da rua e reuso de águas pluviais.
- Também foi formado um grupo na Secretaria de Serviços Ambientais com a função de (1) monitorar e testar o desempenho de projetos-piloto; (2) fornecer assistência técnica para projetistas que estiverem incorporando tecnologias de manejo sustentável das águas pluviais em seus projetos; (3) fazer parcerias com proprietários, outras agências municipais e governo federal para desenvolvimento de projeto, financiamento e construção de medidas de manejo sustentável das águas pluviais; (4) fornecer documentação e divulgar os projetos desenvolvidos pela Secretaria de Serviços Ambientais; promovendo assim a educação do público;
- Além disso, a Secretaria de Serviços Ambientais oferece um canal de assistência técnica para a população em sua página na Internet e, oficinas adaptadas para os moradores e comerciantes da cidade (MOTA, [2007?a], p.5).

A **Figura 25** a seguir, mostra um exemplo da aplicação do Programa de Ruas Verdes.

Figura 25-Programa de Ruas Verdes (GREEN STREETS PROGRAM)



Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, p.2, [2007?a].

De acordo com Mota ([2007a?], p.5), os objetivos do Programa de Ruas Verdes são:

- Reduzir o escoamento superficial e controlar o volume de água pluvial que entra no sistema de drenagem;
- Melhorar a qualidade da água dos aquíferos e rios, pois removem contaminantes; Integrar ambientes naturais aos construídos, melhorando a paisagem urbana dos bairros;
- Aumentar a qualidade de vida no bairro, através de melhorias nos espaços destinados aos pedestres e ciclistas;
- Introduzir elementos típicos de parques nas ruas, tais como jardins, árvores, trechos gramados e ciclovias;
- Quando planejadas em escala do bairro podem servir como corredores verdes urbanos, conectando os bairros a parques, escolas, áreas de recreação, vias expressas, dentre outros;
- Contribuir para a diminuição da temperatura no verão, da poluição do ar e dos efeitos causados pelas mudanças climáticas (através do sequestro de carbono realizado pelas plantas e árvores).

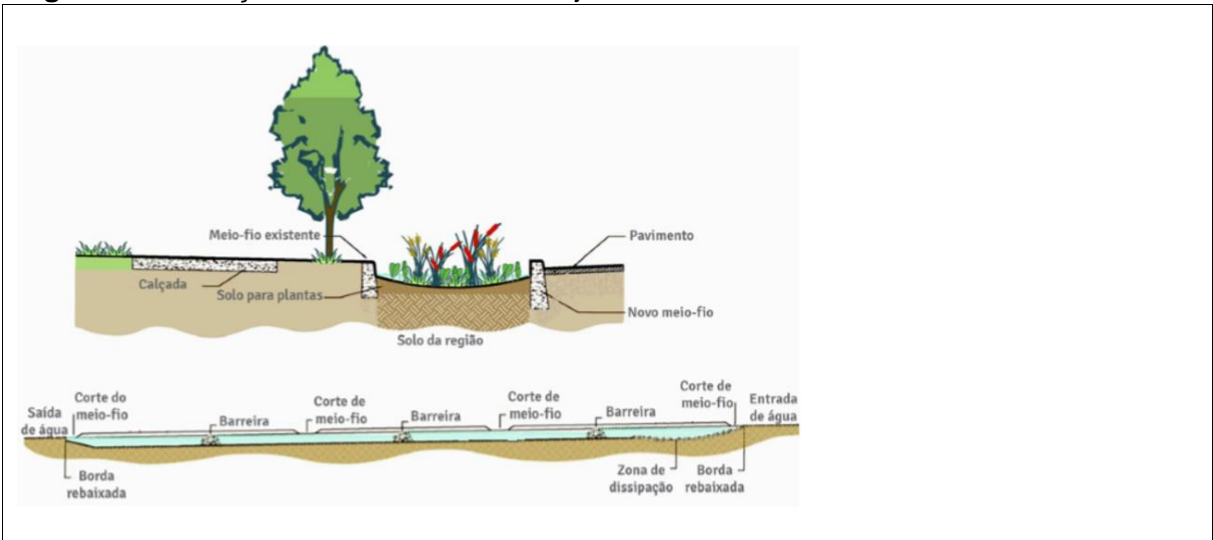
Esse Programa de Ruas Verdes inclui a construção de diversos tipos de estruturas, sendo as mais utilizadas, os jardins de chuva e os pavimentos permeáveis, já comentados nesse trabalho que podem ser vistos nas **Figuras 26 a 32**.

Figura 26-Ilustração de um jardim de chuva em Portland.



Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, p.2, [2007?b].

Figura 27-Ilustração do funcionamento do jardim de chuva.



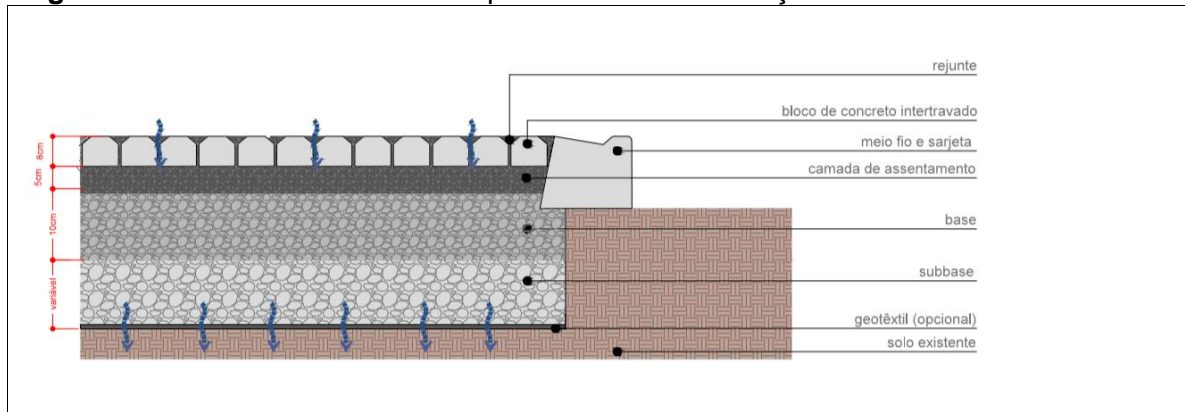
Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, [2007?b], p.10

Figura 28 - Exemplo de execução de jardim de chuva



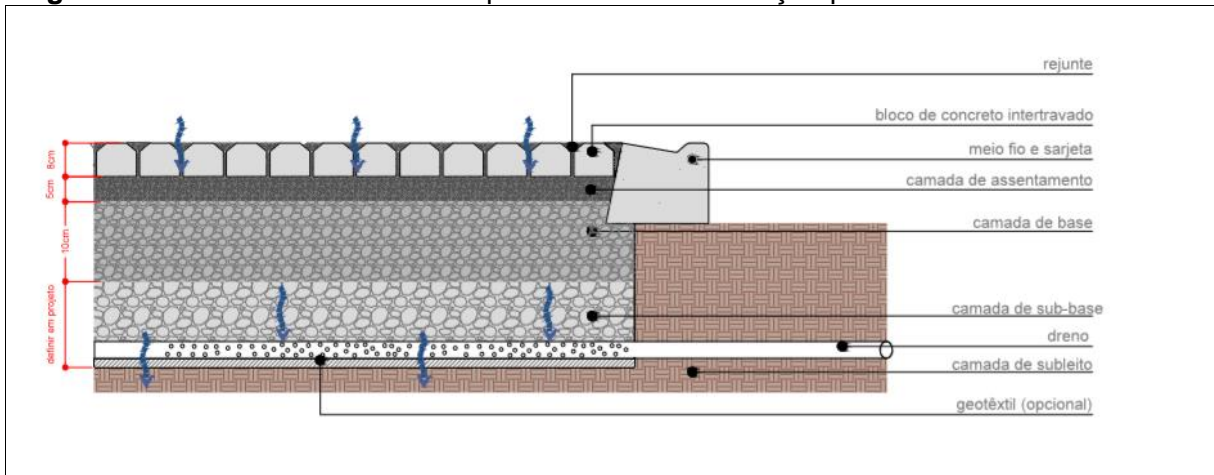
Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, [2007?b], p.5-6.
Legenda da autora.

Figura 29 - Pavimento intertravado permeável com infiltração total no solo



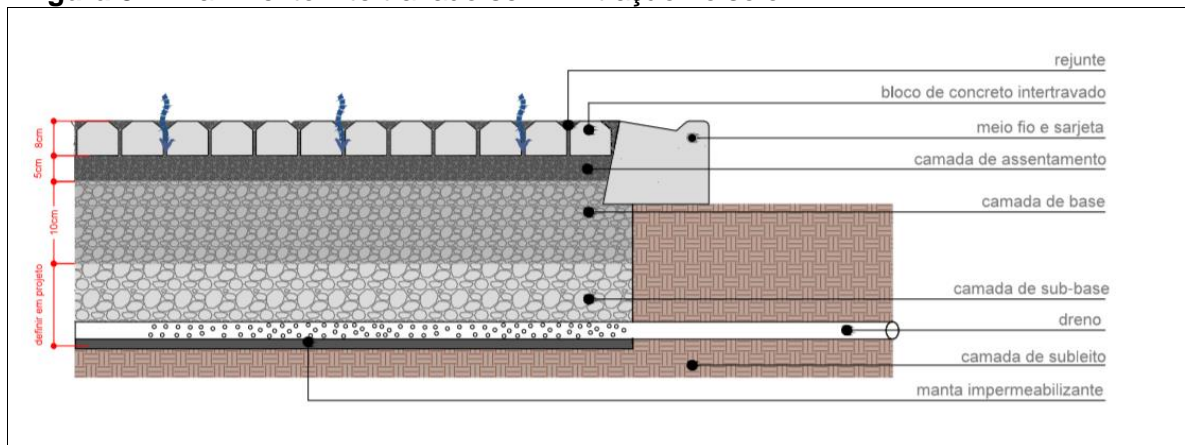
Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services [2007?c], p.8

Figura 30 - Pavimento intertravado permeável com infiltração parcial do solo



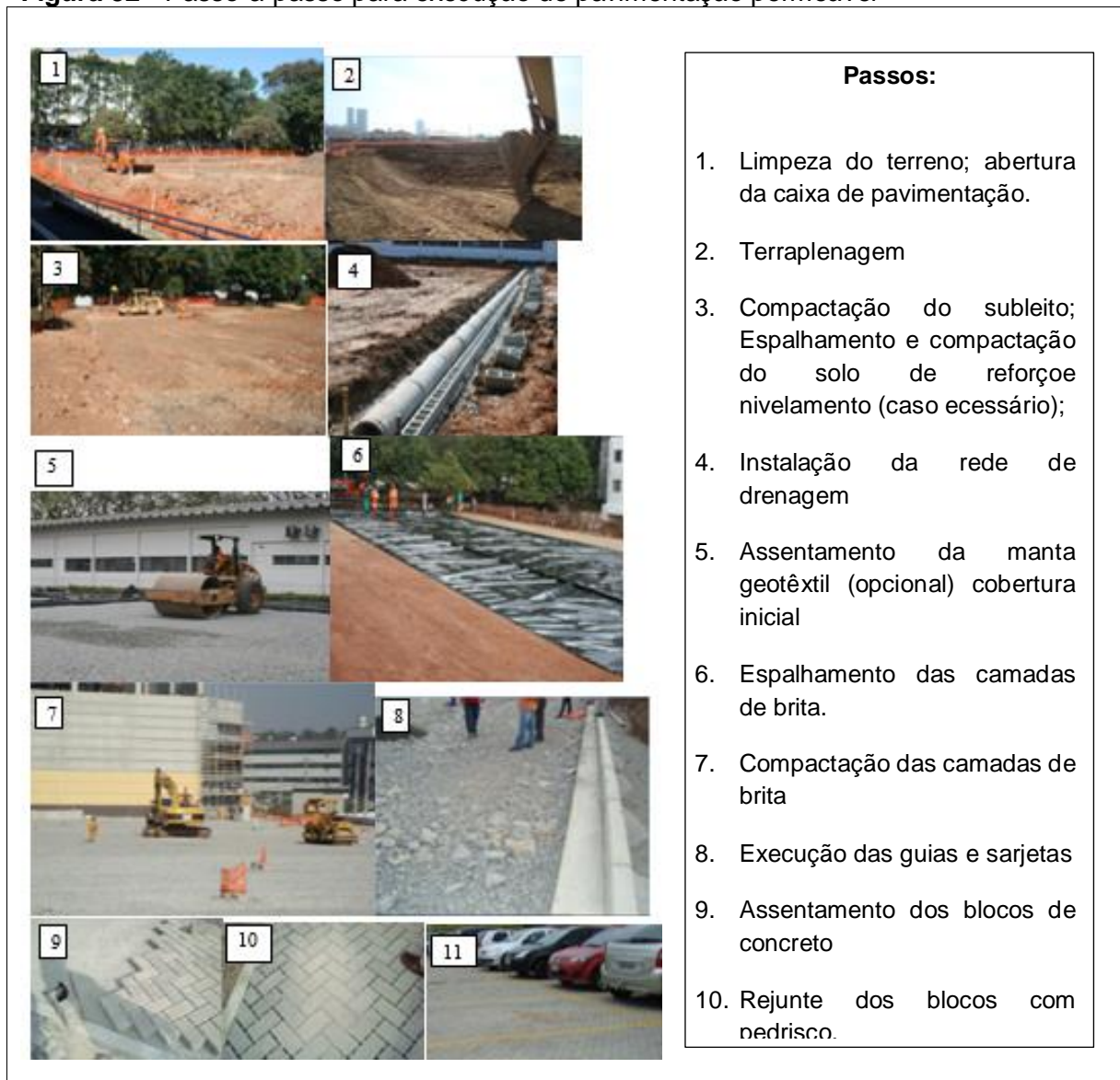
Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, [2007?c], p.9

Figura 31 - Pavimento intertravado sem infiltração no solo



Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, [2007?c], p.9

Figura 32 - Passo-a-passo para execução de pavimentação permeável



Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, [2007?c], p.10 - 13. Legenda da autora.

5.2. O caso da Rua Santo Elias - Espinheiro, Recife/PE

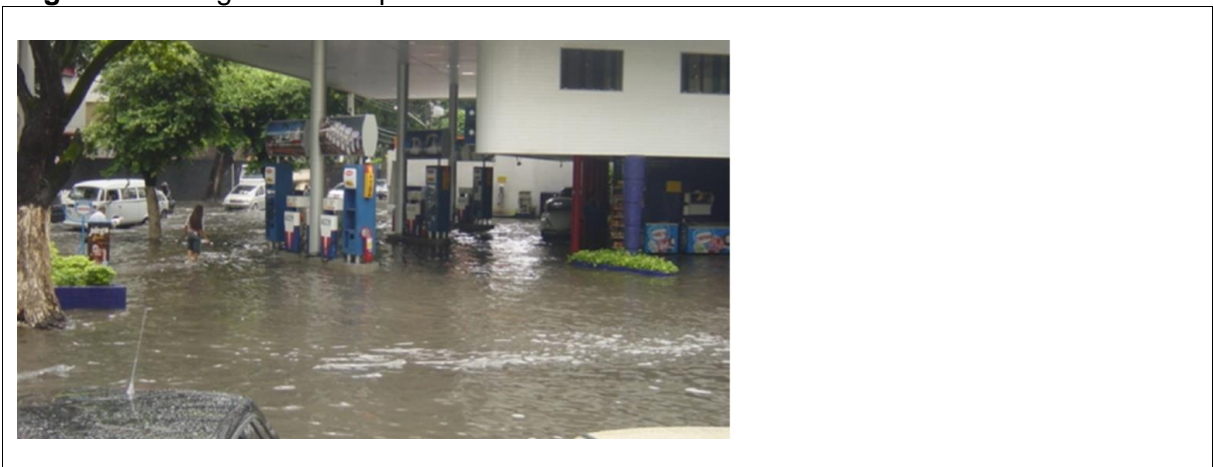
5.2.1. Características do local.

O bairro do Espinheiro foi acometido por um rápido processo de verticalização das moradias e impermeabilização dos terrenos. Entretanto, a infraestrutura local, principalmente a rede de águas pluviais, não acompanhou esta rápida expansão. Estes fatores contribuíram para o aumento da intensidade e frequência dos alagamentos na região, até mesmo com chuvas de pouca intensidade (Mota

[2007?d]). Outro fator é a topografia desta área, que, por ser muito plana, evidencia grande complexidade quanto à drenagem das águas pluviais. Este bairro tem uma área de aproximadamente 740.000 m², com uma população residente de 10.438 habitantes (IBGE 2010) e suas principais vias de acesso são importantes corredores para o sistema viário do Recife.

Quanto à macrodrenagem do bairro, segundo Mota [2007?d], é constituída basicamente pelo canal Derby-Tacaruna, construído entre os anos de 1964 e 1968 no intuito de reduzir as inundações dos rios Capibaribe e Beberibe. Objetivando sanar o problema dos alagamentos no bairro **com o uso de soluções não tradicionais de drenagem**, a obra teve início em abril de 2007 e foi concluída em julho de 2007. Esse projeto foi desenvolvido para a implantação de um **microrreservatório de retenção de águas pluviais**, através de parcerias entre a população e a Prefeitura do Recife para enfrentar os problemas de drenagem- o alagamento no posto da Rua Conselheiro Portela com a Rua Santo Elias (**Figura 33**).

Figura 33 - Alagamento no posto da Rua Conselheiro Portela com a Rua Santo Elias



Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, [2007?d], p.7.

Os principais objetivos da intervenção eram: Desenvolver uma metodologia de uso de microrreservatórios na cidade do Recife para retenção do excesso de chuva; • Desenvolver parcerias entre a população e a Prefeitura do Recife para enfrentar os problemas de drenagem; • Procurar alternativas de projeto com custo mais baixo; • Monitorar o funcionamento de microrreservatórios; • Estabelecer indicadores para uso de microrreservatórios de amortecimento de cheias na região costeira do nordeste brasileiro (**Figura 34**).

Figura 34 - Construção de um microrreservatório no bairro do Espinheiro, Recife - PE



Fonte: Mota (coord.), apud Portland's Bureau of Environmental Services, [2007?d] p.1

Segundo Mota [2007?d], o uso de microrreservatórios foi uma metodologia desenvolvida para retenção do excesso de chuva nesta área. O valor licitado foi de R\$ 336.446,54, integralmente financiado pela Prefeitura do Recife. Este orçamento se mostrou bastante reduzido se for comparado à segunda alternativa estudada que seria a implantação de uma nova rede de galerias, com cerca de 700 m, até o canal Derby-Tacaruna, com um orçamento estimado em aproximadamente R\$1.200.000,00. Teve início em abril de 2007 e foi concluída em julho de 2007, com duração de três meses, portanto.

5.2.2. Solução Técnica: Microrreservatório

Uma das principais funções dos microrreservatórios, como destaca Mota, [2007?d, p.3], é atenuar os picos dos volumes de água gerados pela chuva, além de servir como um dispositivo de detenção das mesmas, controlando os alagamentos pontuais e possibilitando a recuperação da capacidade de retenção perdida pelas bacias hidrográficas devido à impermeabilização do solo.

A implantação deste tipo de estrutura, segundo a autora citada seria indicada em ruas e avenidas com pontos de alagamento críticos; condomínios residenciais; conjuntos habitacionais; edifícios comerciais; grandes pátios de estacionamento; dentro do próprio lote, sejam estes comerciais, residenciais ou públicos. No caso da Rua Santo Elias, foi implantada essa estrutura ligada à microdrenagem, localizadas abaixo da via pública. Esta estrutura é conveniente para as bacias de pequena contribuição e para baixos períodos de chuva, que podem se repetir. Entretanto, é de

fundamental importância se avaliar algumas condições básicas para a implementação do projeto como o dimensionamento, as cotas da rede pluvial e do terreno, o volume que será armazenado e a vazão de esvaziamento do microrreservatório.

Esse tipo de técnica não convencional apresenta vantagens, mas necessita precauções. São as vantagens: a) Se projetados para armazenar um volume morto possibilitam a utilização deste volume de água para outros fins, como proteção contra fogo, irrigação de jardins e praças e limpeza de ruas; b) Armazenam o escoamento superficial direto, contribuindo para o abatimento do pico de cheia, aliviando o sistema de drenagem a jusante; c) Por serem subterrâneos, causam pouca interferência no uso e ocupação do solo urbano. E são as precauções necessárias: a) Têm custo de implantação relativamente alto, por serem estruturas subterrâneas; b) deve-se garantir fácil acesso ao seu interior para que se possa realizar a manutenção periódica. (MOTA, [2007?d]).

A composição de custo e concepção do projeto técnico foi realizada por uma equipe técnica especializada que está envolvida na sua sistematização como a Associação Brasileira de Cimento Portland- Programa Soluções para Cidades (ABCP).

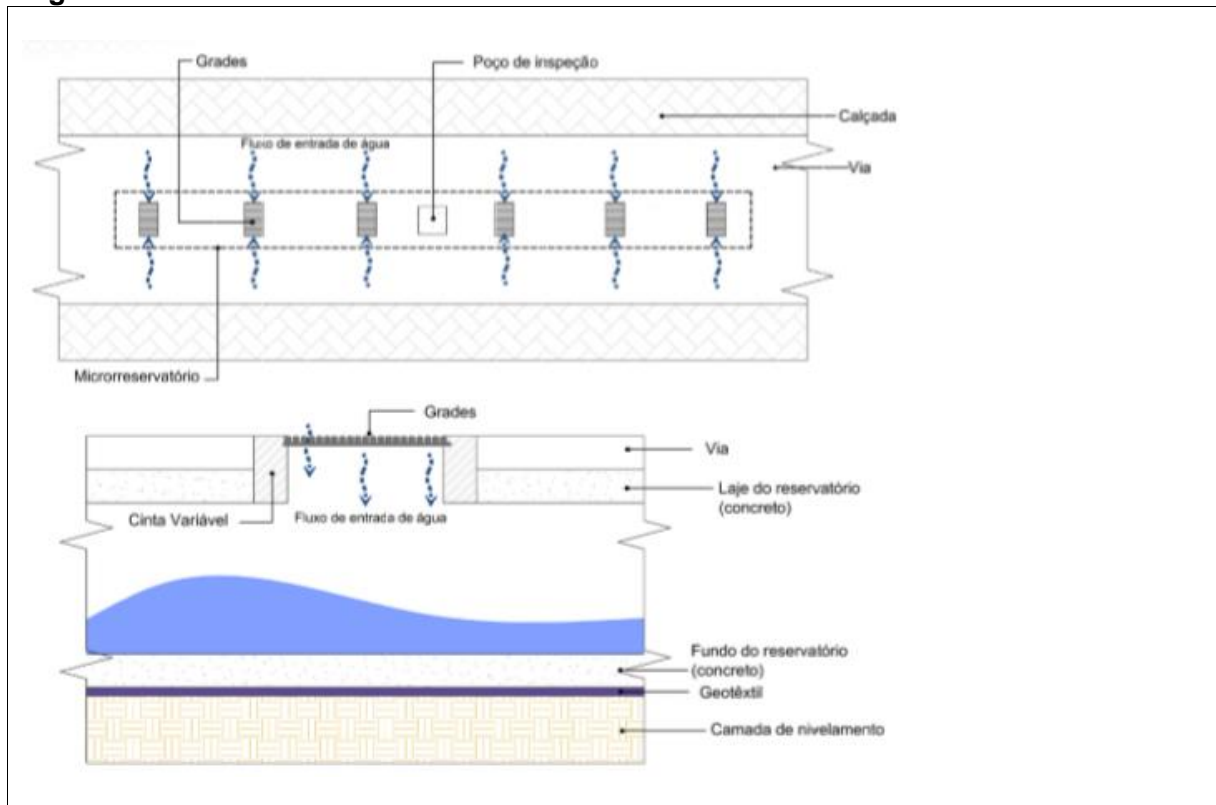
Os principais atores envolvidos na implementação do microrreservatório são Ministério das Cidades, através do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS); Prefeitura do Recife, através da EMLURB (Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana); Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Entidades e órgãos colaboradores: Diretoria de Controle da Secretaria do Planejamento (SEPLAN), Autarquia de Saneamento (SANEAR), Coordenadoria de Defesa Civil do Recife (CODECIR) e Companhia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU). Foi solicitada uma Licença Ambiental e uma autorização do órgão responsável pela administração do tráfego para interdição da via para a instalação do microrreservatório.

Neste cenário, os resultados após a construção do microrreservatório foram a ocorrência de alguns alagamentos, porém com níveis bem inferiores aos alagamentos anteriores, que chegavam a cerca de 50 centímetros nos eventos chuvosos mais intensos.

5.2.3. Desenho Técnico do Microrreservatório

O desenho técnico do microrreservatório pode ser visto na **Figura 35**, onde as setas azuis representam o fluxo das águas pluviais pela estrutura.

Figura 35-Desenho Técnico do microrreservatório



Fonte: René de Lima Yazaki Filho. (Mota, [2007?d], p.9)

Nota: Este desenho foi elaborado e é distribuído apenas como referência projetual e, portanto, não exclui a necessidade do usuário consultar um profissional independente e habilitado para determinar o correto dimensionamento e detalhamento para sua execução

PASSO-A-PASSO: EXECUÇÃO DE UM MICRORRESERVATÓRIO

De acordo com Mota (2007, p.4), as etapas que envolvem a construção de um microrreservatório são: execução, manutenção e monitoramento (**Figura 36**).

- **EXECUÇÃO:** é constituída por: Mão-de-obra; Escavação; Equipamentos: Fresadoras; Escavadeira de concha ou retroescavadeira; Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Transporte de Material; Material: Concreto e vigas para armação; Geotêxtil; Solo para camada de nivelamento.
- **MANUTENÇÃO:** Mão-de-obra; Limpeza e retirada de resíduos sólidos e sedimentos; Desobstrução das grades; Transporte de equipamentos e resíduos. **CUSTOS ADMINISTRATIVOS.**
- **MONITORAMENTO:** Para acompanhar o funcionamento do microrreservatório, foi realizado o monitoramento hidrológico da bacia

hidrográfica em questão. Este monitoramento envolveu a instalação de uma estação meteorológica para a medição de parâmetros de intensidade de chuva e de nível de água produzido por esta chuva no microrreservatório. Além deste monitoramento, também foram feitas coletas da água do microrreservatório para as avaliações de qualidade.

Figura 36 - Passos do 1 ao 4- Execução da construção do microrreservatório.



Fonte: Mota, [2007?d], p.9

Cabe observar que a diferença de solução entre o caso da Rua Santo Elias em Recife- PE e o caso de Portland, em Oregon, nos Estados Unidos está não só no tipo de técnica utilizada, como também na questão da gestão do manejo de água. Pois, em Oregon o planejamento de desenvolvimento de drenagem é integrado com os demais sistemas de infraestrutura da cidade e no caso da cidade do Recife houve uma solução bem-sucedida, mas pontual. E, mesmo pontual, se a técnica fosse aplicada em toda a cidade, em áreas com situações semelhantes às da Rua Santo Elias, essas também seriam beneficiadas, como é o caso da área de estudo, a Estrada das Ubaias, nos bairros de Casa Forte e Casa Amarela.

6. O OBJETO DE ESTUDO: A ESTRADA DAS UBAIAS

6.1. Situação atual

6.1.1. Características gerais

Pernambuco é uma das 27 unidades federativas do Brasil. Está localizado no Centro-Leste da região Nordeste e tem como limites os estados da Paraíba (N), do Ceará (NO), de Alagoas (SE), da Bahia (S) e do Piauí (O), além de ser banhado pelo oceano Atlântico (L) (**Figura 37**). Ocupa uma área de unidade territorial de 98076.021 km² e sua densidade demográfica é de 89,62 hab./km², (IBGE, 2017). Pernambuco é um dos menores estados do país. Apesar disso, possui paisagens variadas: serras, planaltos, brejos, semiaridez e diversificadas praias. O estado tem 187 km de litoral, com altitude crescente da costa ao sertão. Também faz parte do seu território o arquipélago de Fernando de Noronha, a 545 km da costa. Sua capital é o Recife e a sede administrativa é o Palácio do Campo das Princesas.⁵

Figura 37- Localização do Estado de Pernambuco.



Fonte: PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife, 2005.

Pernambuco é o sétimo estado mais populoso do Brasil e possui o décimo maior PIB do país. Sua população estimada em 2018 é de 9.496.294 pessoas. Já sua capital, Recife, é sede da concentração urbana mais rica e populosa do Norte-

⁵ Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/conheca/geografia/>>. Consulta em 01 de novembro de 2018.

Nordeste e possui um índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0.673 ocupando o 18º lugar no ranking nacional. (IBGE, 2017).⁶

O Estado está inserido na Zona Intertropical, apresentando predominantemente temperaturas altas em seu clima, podendo variar no quadro climático devido à interferência do relevo e das massas de ar. No Recife, a temperatura varia entre 25ºc com máximas de 32º. Seu território abriga uma vegetação muito diversificada, com matas, manguezais e cerrados, além da grande presença da caatinga. Na hidrografia, existe a forte presença de rios e Região Metropolitana do Recife (RMR) apresenta 14 municípios. Sendo seus vizinhos os municípios de Olinda, Jaboatão dos Guararapes, Paulista, Abreu e Lima e São Lourenço da Mata.

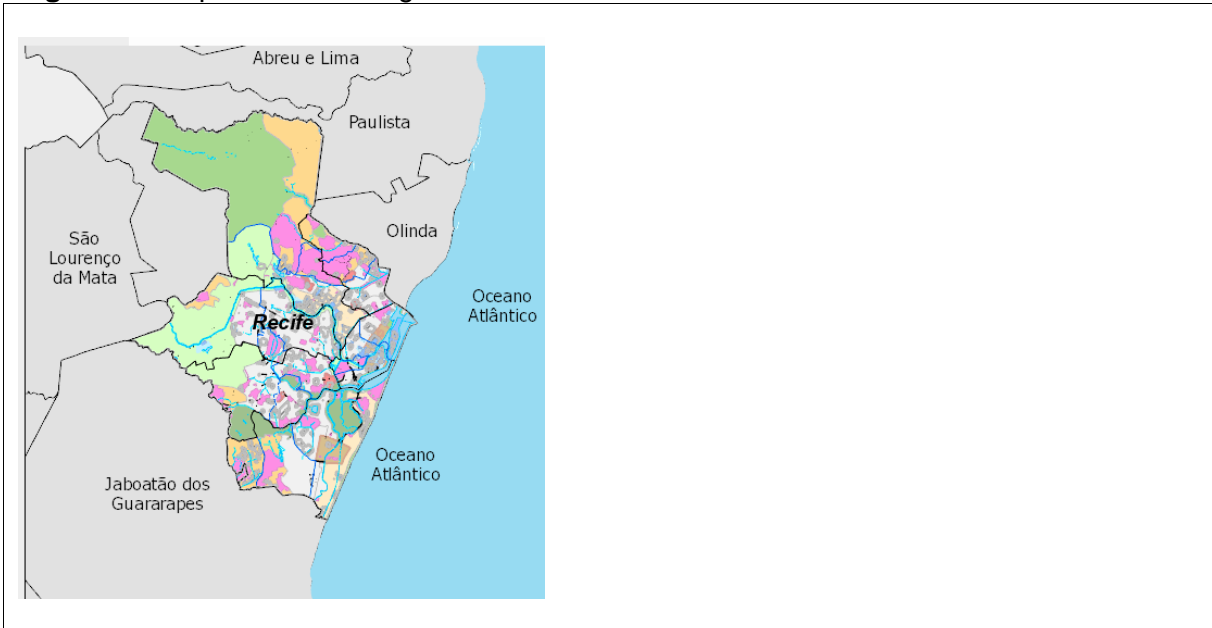
Há muitas barragens de contenção de enchentes e de abastecimento populacional como Tapacurá, Carpina, Jucuzinho, entre outras. Os principais rios do estado são o Capibaribe e o Beberibe, o Ipojuca, Uma, Pajeú, Jaboatão e São Francisco, este último de extrema relevância para o desenvolvimento do Sertão. Pois, possibilita a distribuição de águas nas regiões secas.⁷

As **Figuras 38 a 43** mostram informações sobre a cidade do Recife (municípios vizinhos; Regiões Político-Administrativas - RPAs, com destaque para a RPA3 onde se localizam os bairros de Casa Amarela e Casa Forte, objetos dessa pesquisa os bairros da cidade; a microrregião 3.1. com a localização dos bairros de Casa Forte e Casa Amarela; e os mapas desses dois bairros apresentados isoladamente). Ainda o **Quadro 2** mostra o perfil dos dois bairros de interesse, com destaque para informações sobre população e renda.

⁶ Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama>>. Consulta em 01 de novembro de 2018.

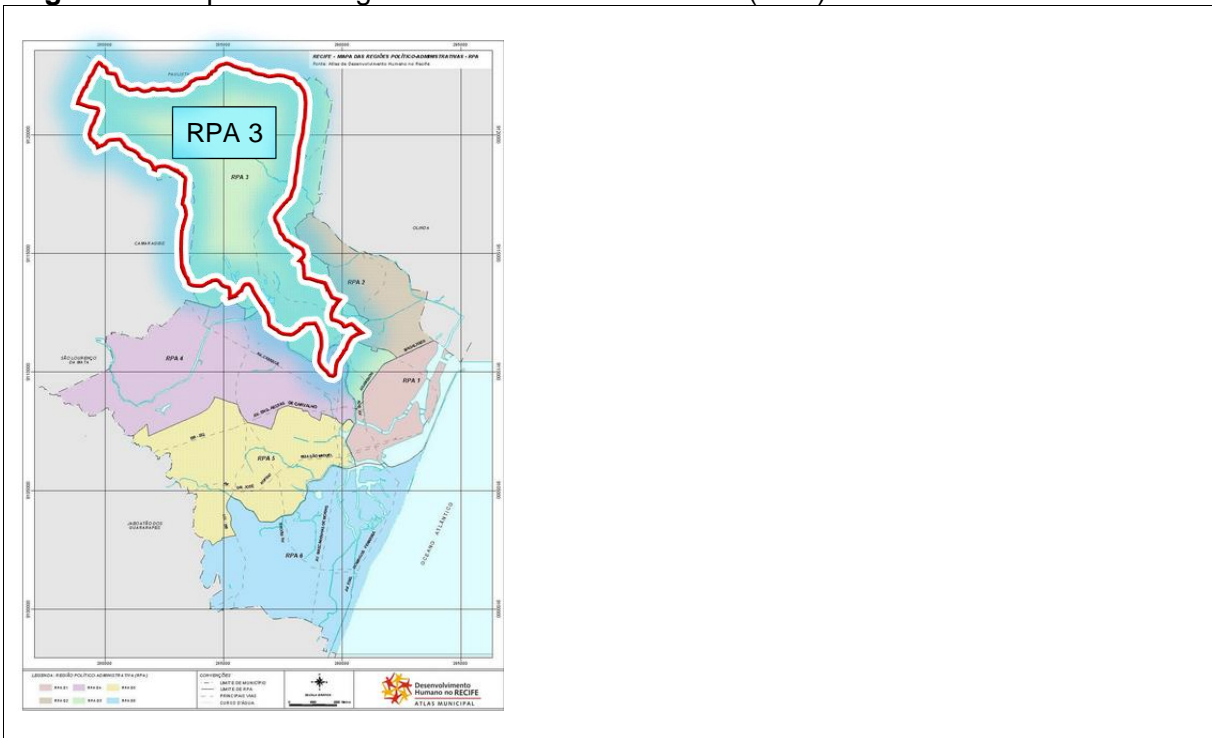
⁷ Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/conheca/geografia/>>. Acesso em 25 de outubro de 2018.

Figura 38- Mapa da Macrorregião da cidade do Recife.



Fonte: PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife, 2005

Figura 39- Mapas das Regiões Político-Administrativas (RPA) da cidade do Recife.



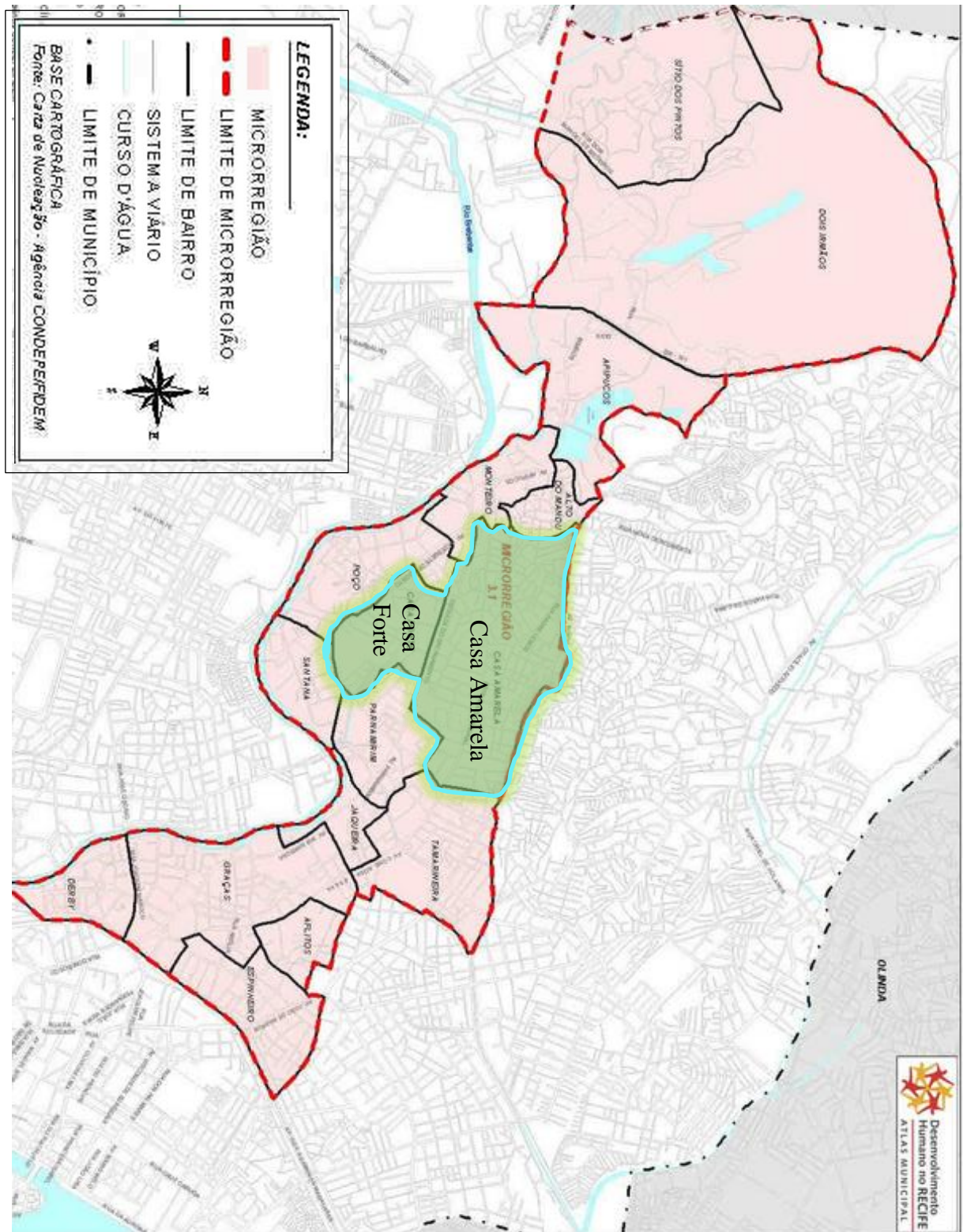
Fonte: PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife – 2005. Demarcação em destaque da RPA 3 correspondente a área objeto de estudo: pela Autora.

Figura 40 - Mapa dos bairros da cidade do Recife.



Fonte: PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife – 2005. Demarcação em destaque dos bairros Casa Forte e Casa Amarela, correspondente a área objeto de estudo: Editado pela Autora.

Figura 41 - Mapa da Microrregião 3.1 da cidade do Recife



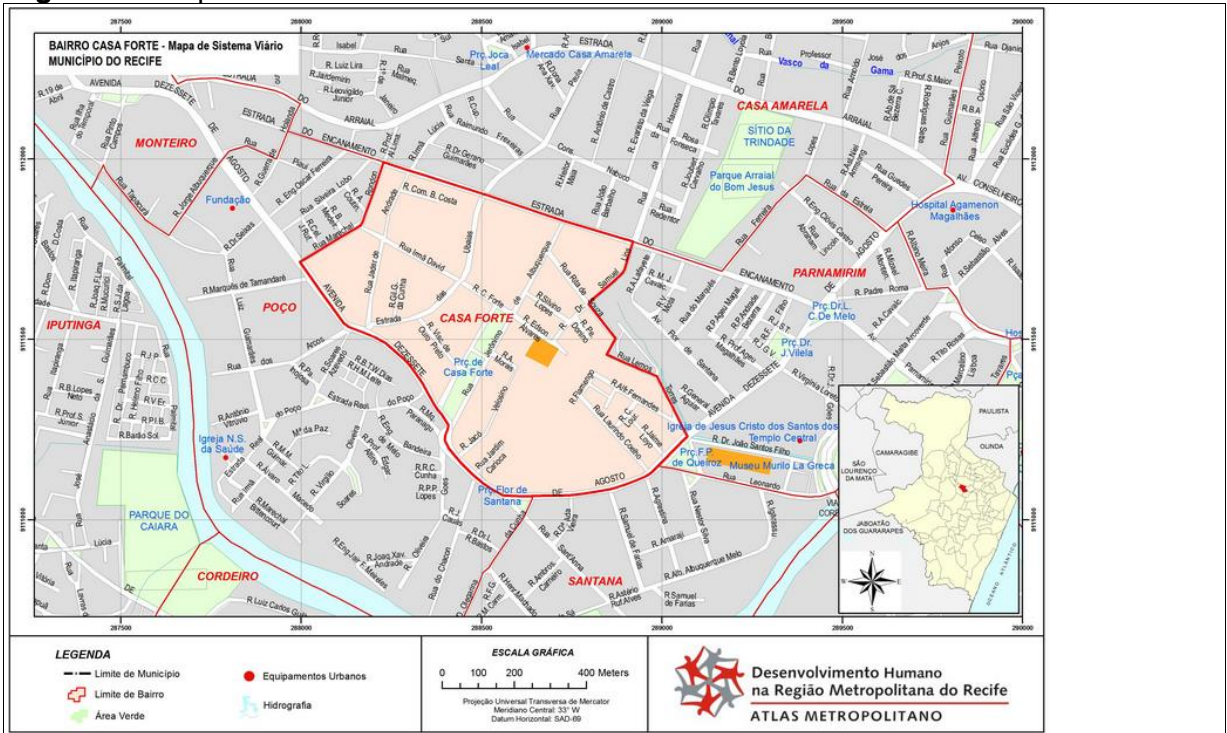
Fonte: PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife – 2005. Editado pela autora

Quadro 2 - Perfil dos bairros de Casa Forte e Casa Amarela

CASA FORTE		CASA AMARELA	
Localização: RPA 3, Microrregião.		Localização: RPA 3, Microrregião.	
Distância do Marco Zero (km) ¹ : 6,24		Distância do Marco Zero (km) ¹ : 6,50	
Área Territorial (hectare) ² : 56		Área Territorial (hectare) ² : 188,0	
População Residente: 6.750 habitantes		População Residente: 29.180 habitantes	
População por sexo		População por sexo	
	%		%
Masculina: 3.014	44,65	12.995	44,53
Feminina: 3.736	55,35	16.185	55,47
População por cor ou raça³		População por cor ou raça³	
	%		%
Branca	77,41	Branca	54,91
Preta	1,81	Preta	6,66
Parda	20,16	Parda	36,97
Amarela	0,52	Amarela	1,21
Indígena	0,1	Indígena	0,25
Taxa de Alfabetização da População de 10 anos e mais (%)⁴:			
99,1		96,5	
Taxa Média Geométrica de Crescimento Anual da População (2000/2010):			
4,20 %		1,34 %	
Densidade Demográfica (habitante/hectare):			
120,24		155,09	
Média de moradores por domicílio (habitante/domicílio):			
3,1		3,4	
Proporção de Mulheres Responsáveis pelo Domicílio (%):			
45,87		48,04	
Valor do Rendimento Nominal Médio Mensal dos Domicílios⁶:			
R\$ 11.318,97		4.236,69	
Total de Domicílios (nº):			
2.192		9.296	

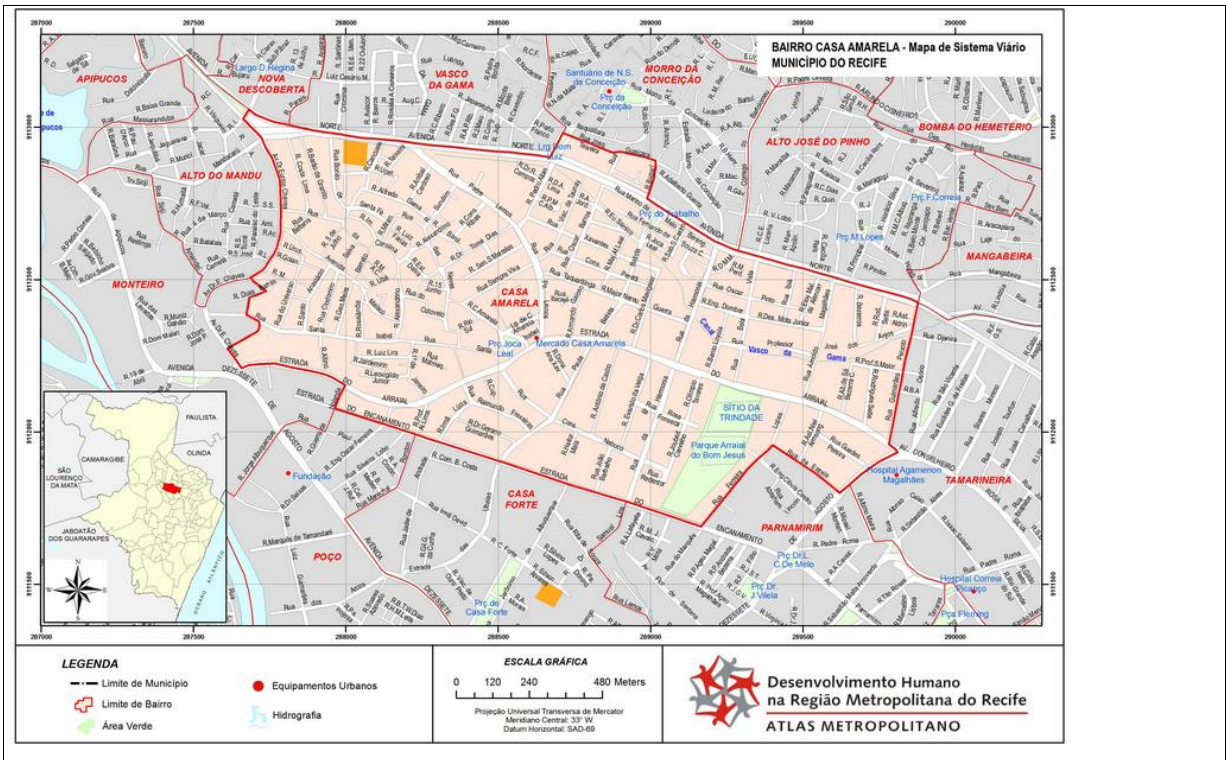
Fonte: Prefeitura da Cidade do Recife. Perfil dos bairros, editado pela autora, 2018.

Figura 42- Mapa do bairro de Casa Forte.



Fonte: PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife – 2005 / Prefeitura da Cidade do Recife. Perfil dos bairros, 2018.

Figura 43- Mapa do bairro de Casa Amarela.



Fonte: PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife – 2005 / Prefeitura da Cidade do Recife. Perfil dos bairros, 2018.

Casa Amarela já foi uma das localidades de maior densidade demográfica do Recife e teve suas coordenadas geográficas redefinidas a partir de 1988, através da Lei Municipal 14.452. Ao se criarem os atuais 94 bairros da cidade, esta perdeu suas áreas de morro, com exceção do Alto Santa Isabel. Nesse cenário foram desmembrados de Casa Amarela e transformados em bairros autônomos o Morro da Conceição, o Alto José Bonifácio e o Alto José do Pinho. Casa Amarela tem hoje 1,85 quilômetros quadrados de área e fica situada na Zona Noroeste da cidade, entre a Estrada do Encanamento e a Avenida Norte, vizinho aos bairros de Parnamirim, Casa Forte e Monteiro (Fundação Joaquim Nabuco, 2009a).

O bairro de Casa Forte é um dos bairros mais arborizados do Recife e que conserva alguns antigos casarões, praça pública tombada, órgãos públicos, Museus, comércio e serviços. E devido a todos esses equipamentos presentes, o bairro possui relevância na conservação de seus monumentos históricos e preservação do solo natural (biodiversidade), sendo contemplado na “Lei dos Doze Bairros”. Entretanto, observa-se o impacto dessa intervenção normativa pontual localizada no sistema urbano, que foi feita através do mapeamento para a aplicação dessa “Lei” sobre a cidade do Recife. Acarretando numa intensa especulação imobiliária, principalmente nas áreas limítrofes como no bairro de Casa Amarela, em específico, na Estrada das Ubaias (Fundação Joaquim Nabuco, 2009b).

E devido a essa rápida expansão, a infraestrutura não acompanhou o suficiente, causando colapso no abastecimento de água e na drenagem das águas pluviais. Uma vez que o Recife tem períodos de chuva intensos e considerando-se que a impermeabilização do solo é um dos fatores que contribuem para o alagamento desses pontos críticos, como visto na discussão teórica inicial, um desses pontos críticos está situado no recorte espacial da área de estudo, localizado na Zona Norte da Região Metropolitana do Recife-RMR, correspondente à RPA3 (Região Política Administrativa 3), onde estão os bairros de Casa Forte e Casa Amarela. Destaque em especial no recorte da área de estudo da Estrada das Ubaias, que está compreendido entre as Ruas Irmã Maria David, Pe. José Edwaldo Gomes e a Conselheiro Nabuco e em seu entorno imediato, constituído pelos lotes limítrofes que interceptam a Estrada das Ubaias, como a Travessa das Ubaias, a Rua Dona Etelvina Figueiredo, a Estrada do Encanamento, a Rua Dr. Genaro Guimarães e a Rua Raimundo Freixeira (**Figuras 44 e 45**).

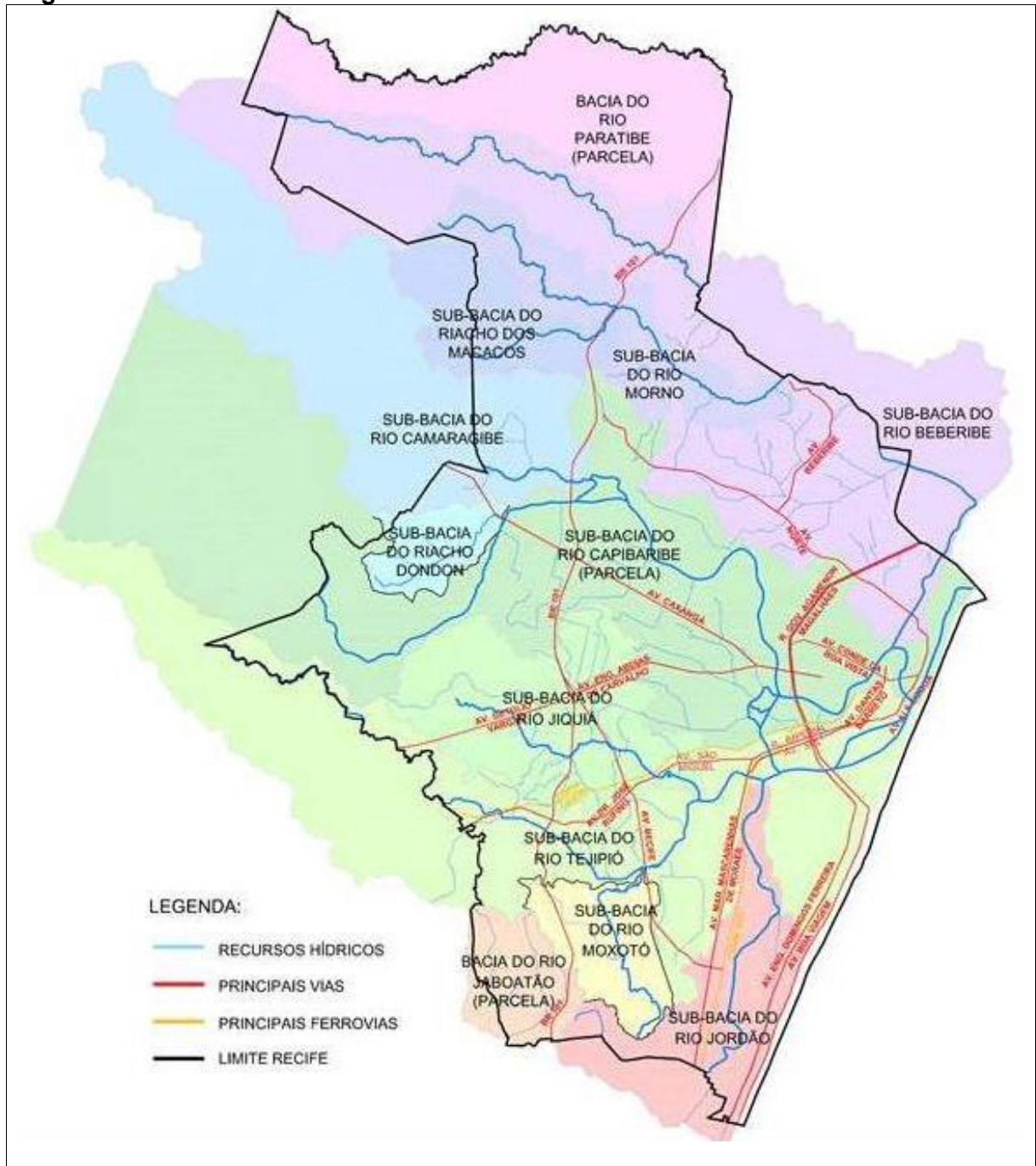
- Ocupação das áreas de inundação;
- Inúmeras áreas afetadas por alagamentos, devido à influência das marés;
- Obstruções na macrodrenagem em virtude da presença de esgotos e crescimento da vegetação;
- Galerias semiobstruídas e danificadas;
- Vários assentamentos de baixa renda, localizados ao longo dos rios e canais causando confinamento da calha fluvial;
- A ocupação dos morros e encostas, aumentado as vazões, a formação de sedimentos e pondo em risco a vida da população;

Para a cidade do Recife como um todo, diz o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais:

Recife está confinado entre o mar e os morros, onde correm os rios Capibaribe, Beberibe e Tejipió, que possuem um mesmo estuário. Fazem parte ainda desta **macrodrenagem** os riachos Jiquiá, Curado, Morno, Camaragibe, Dondon e Moxotó. Existem 99 canais: Totalizando 115.308 m de canais (Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais a Cidade Recife – PDDR, 2015, p.3, grifo nosso).

Segundo o PDDR, a rede de **microdrenagem** apresenta extensão aproximada de 1.580 km e é composta por galerias e canaletas. Muitos segmentos estão subdimensionados e não há cadastro da mesma (**Figuras 46 e 47**).

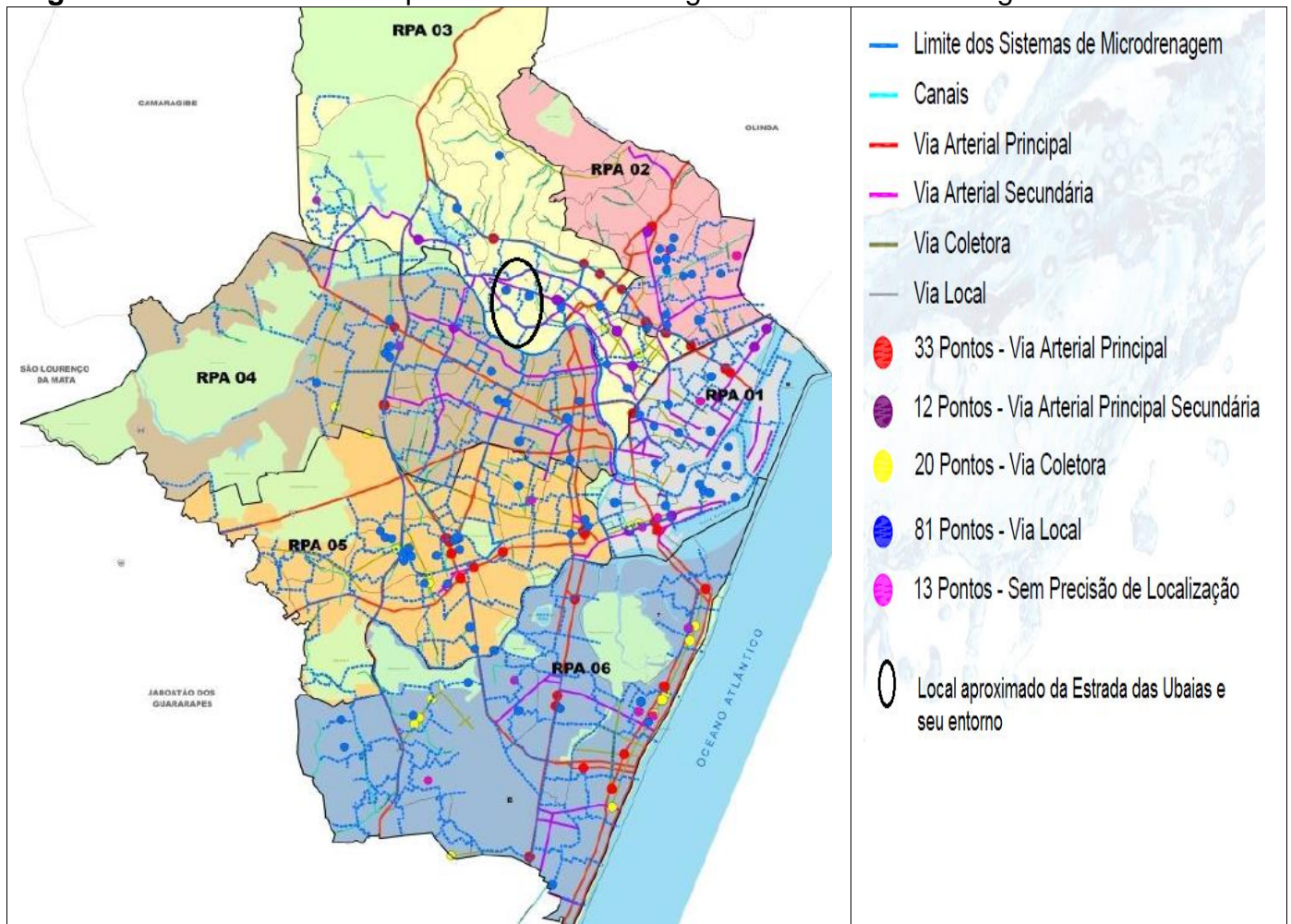
Figura 47 - Recife: Sub-bacias



Fonte: PDDR, 2015, p. 7

Como tantas outras, a cidade do Recife está sujeita às inundações, apresentando diversos pontos críticos de alagamento conforme mostra a **Figura 48**, sendo que a Estrada das Ubaias, como já mencionado, está situada em um desses pontos.

Figura 48-Cidade do Recife: pontos críticos de alagamento na microdrenagem



Fonte: PDDR, 2015, p. 12

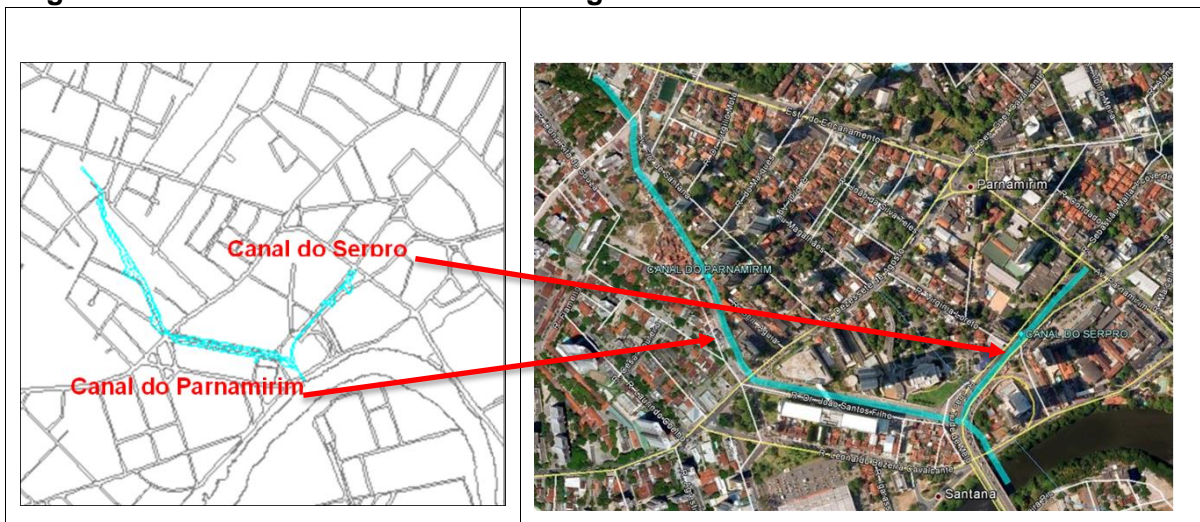
Dentro de um contexto tradicional de controle do escoamento superficial direto, Alencar *et al.* (2016, p.27) destacam os sistemas de macrodrenagem e microdrenagem que “se encaixam no contexto do controle do escoamento superficial direto, tendo tradicionalmente como meta o aumento da condutividade hidráulica das unidades do sistema de drenagem”.

As tendências modernas desse controle, que já vêm sendo amplamente aplicadas ou preconizadas nos países mais desenvolvidos, passam a dar ênfase ao enfoque orientado para o armazenamento das águas por estruturas de detenção ou retenção. Esse enfoque é mais indicado as áreas urbanas ainda em desenvolvimento, podendo ser utilizado também em áreas de urbanização mais consolidadas, desde que existam locais (superficiais ou subterrâneos) adequados para a implantação dos citados armazenamentos. Este conceito não dispensa, contudo, a suplementação por sistemas de micro e macrodrenagem (ALENCAR *et al.*,2016, p.27)

Entretanto, há situações específicas, como apontam Alencar et al (2016), nos estudos do Relatório de Concepção e Elaboração da EMLURB (Produto 04, revisão R02), com relação ao Canal do SERPRO e ao Canal do Parnamirim, que apresentam problemas de transbordamentos; ambos pertencem ao sistema de macrodrenagem da Estrada das Ubaias. No caso do Canal do SERPRO pode ser resolvido através da rede de microdrenagem local, sem a necessidade de intervenções na calha, além da conservação (manutenção) que deve ser feita regularmente (**Figura 49 e Imagens 1, 2 e 3**).

No Canal do Parnamirim a intervenção se restringe, basicamente, ao seu trecho superior, a montante da Av. Dezesete de Agosto e a solução indicada consta de duas medidas principais: desapropriação das construções irregulares existentes ao longo da calha do canal, cerca de 200 unidades, para garantir uma faixa de proteção em cada margem e um projeto e implantação de estruturas que compensem a perda de capacidade de escoamento do canal, devido à construção da galeria. As estruturas devem ser formadas, basicamente, por reservatórios de retenção que poderão ser associados, caso seja necessário, a sistemas de bombeamento. Esses reservatórios poderão ser localizados em áreas ainda desocupadas (áreas livres de prédios), através de negociação com os proprietários ou por meio de desapropriação de imóveis de menor valor, soluções apontadas pelo Relatório de Concepção para Gestão e Manejo de Águas Pluviais do PDDR.

Figura 49- Canais do Parnamirim e **Imagem 1 -** Canais do Parnamirim e do SERPRO.



Fonte: PCR. EMLURB. P04 R2- Relatório de Concepção, 2016.

Imagem 2-Ocupação das margens do Canal do Pamamirim, a montante da Av. 17 de Agosto.



Imagem 3 - Recuperação do Gabião desintegrando no Canal do Serpro.



Fonte: PCR.EMLURB. P04 R2- Relatório de Concepção, 2016

Sendo assim, segundo conclusão do referido Relatório de Concepção da EMLURB em 2016, para a solução dos problemas desses pontos críticos faz-se necessária a realização de ações que demandam intervenções na rede de galerias, desapropriação, remoção, relocação e contratação de projetos executivos específicos para cada caso.

Situação atual da Estrada das Ubaias e seu entorno imediato

Esse modelo de sistema de drenagem urbana convencional além de não ser eficiente necessita de manutenção periódica o que é dispendioso como destacado por autores como Fernandes *et al* (2006), dentre outros. Recentemente a autora presenciou uma obra de manutenção nas galerias de drenagem de águas pluviais sistema de drenagem da Rua Jerônimo de Albuquerque, situada na lateral da Igreja Matriz de Casa Forte, que faz parte da microdrenagem da Estrada da Ubaias.

Imagem 4 - Manutenção nas galerias de drenagem de águas pluviais, Rua Jerônimo de Albuquerque



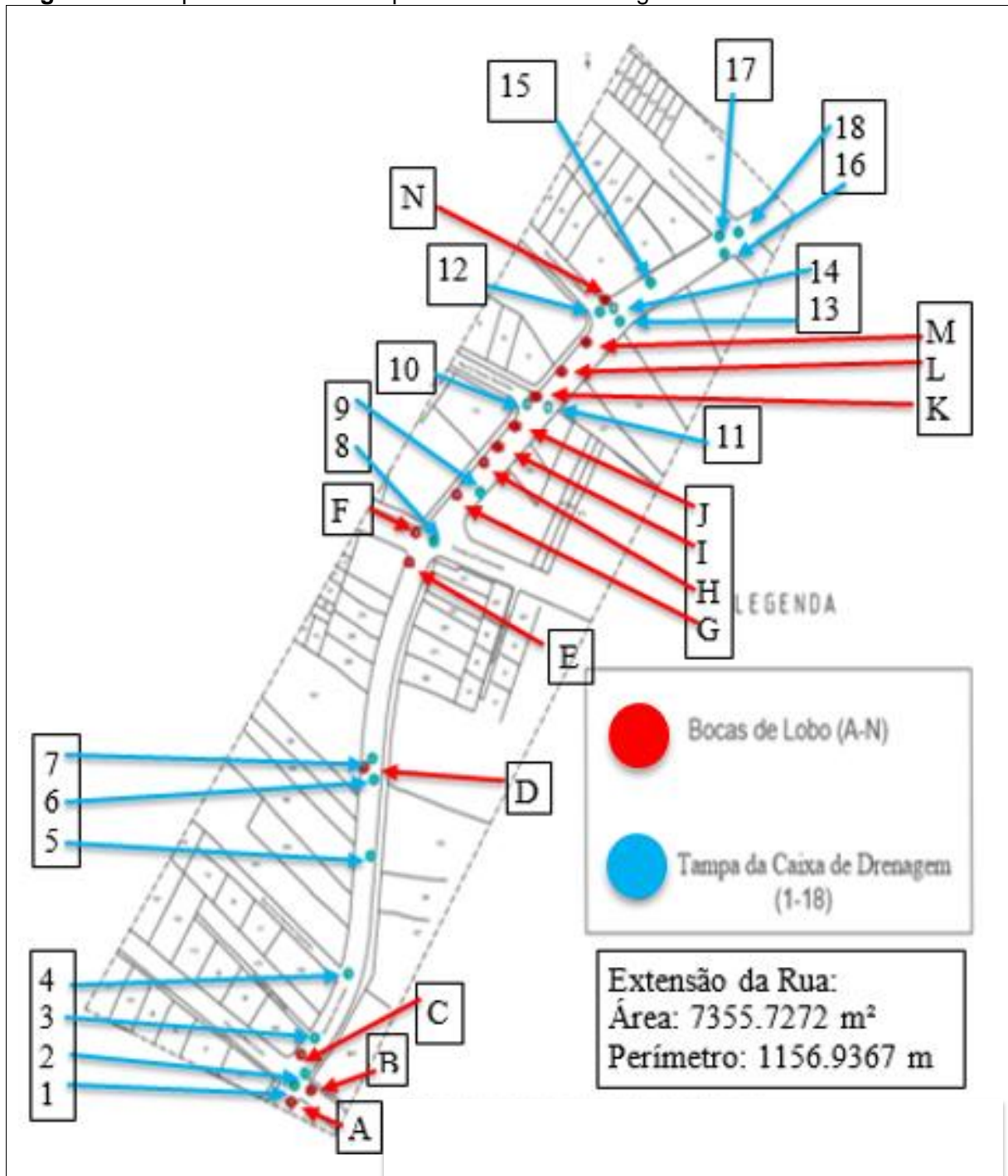
Fonte: Autora. 28/10/18

Essas medidas de manutenção têm o intuito de promover a conservação e a limpeza periódica e permanente das galerias e bocas de lobo, para auxiliar na drenagem urbana. Entretanto, essas ações muitas vezes não são suficientes para drenar o volume de água nos períodos de chuva como foi visto na **Figura 44**.

Mapeamento e verificação das Bocas de Lobo e tampas de Bueiros.

Foi realizado um mapeamento e verificação do estado atual em que se encontram as bocas de lobo e tampas de bueiros no recorte da Estrada das Ubaias, situado entre a Rua Irmã Maria David, Rua Padre Edwaldo Gomes, Rua Estrada do Encanamento até a Rua Conselheiro Nabuco (**Figura 50**).

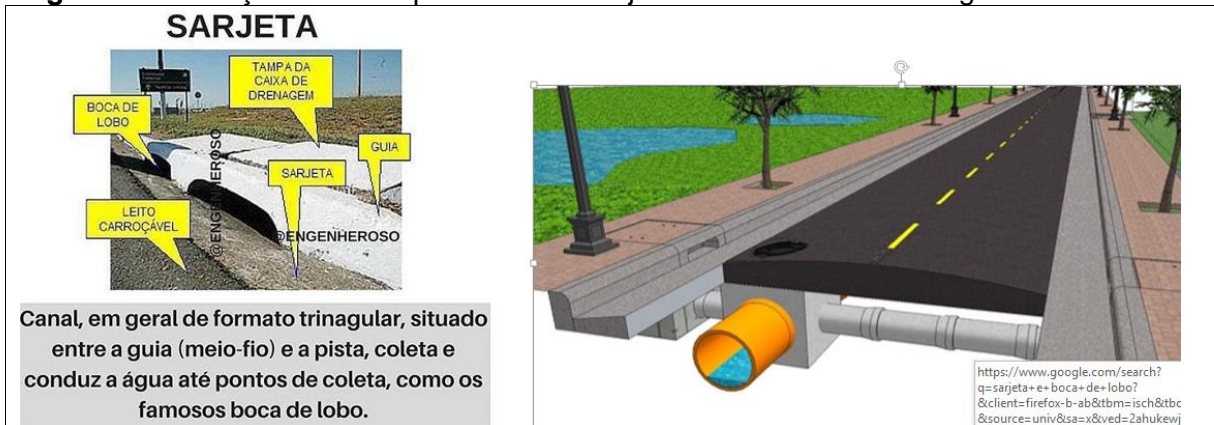
Figura 50 - Mapeamento das Tampas da Caixa de drenagem e Bocas de Lobo



Fonte: Prefeitura da Cidade do Recife, Unibase do ESIG, DWG, Recife 2008. Editados pela autora, 2018.

A **Figura 51** ilustra os componentes da sarjeta e da Rede de Drenagem, para melhor compreensão desses elementos.

Figura 51- Ilustração dos Componentes da Sarjeta⁸ e da Rede de Drenagem.



Canal, em geral de formato trinagular, situado entre a guia (meio-fio) e a pista, coleta e conduz a água até pontos de coleta, como os famosos boca de lobo.

Fonte:

<https://www.google.com/search?q=sarjeta+e+boca+de+lobo?&client=firefox-b-ab&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=2ahUKewjuoKG3jdHdAhWJk5AKHVUyA7UQsAR6BAgFEAE&biw=1366&bih=654#imgrc=Noyk8NFwAs1AwM>: Acesso em 23/09/18)

Disponível

em:

As **Imagens 5 a 11** mostram as bocas de lobo e tampas de caixa de drenagem da Estrada das Ubaias apontadas na **Figura 50**. Foi definida a legenda a seguir para indicar as duas informações.

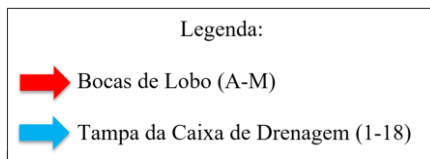
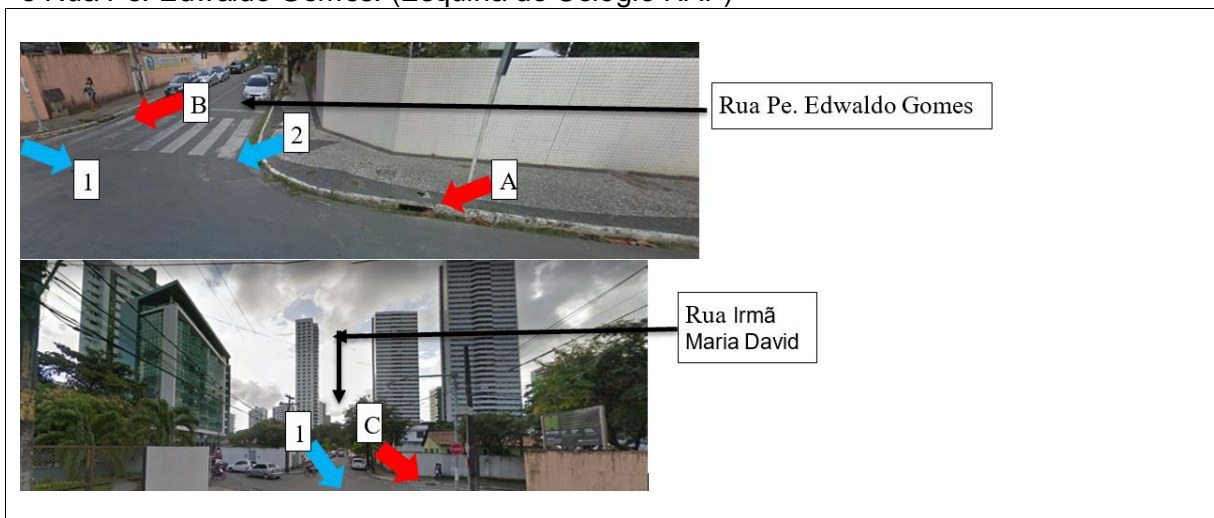


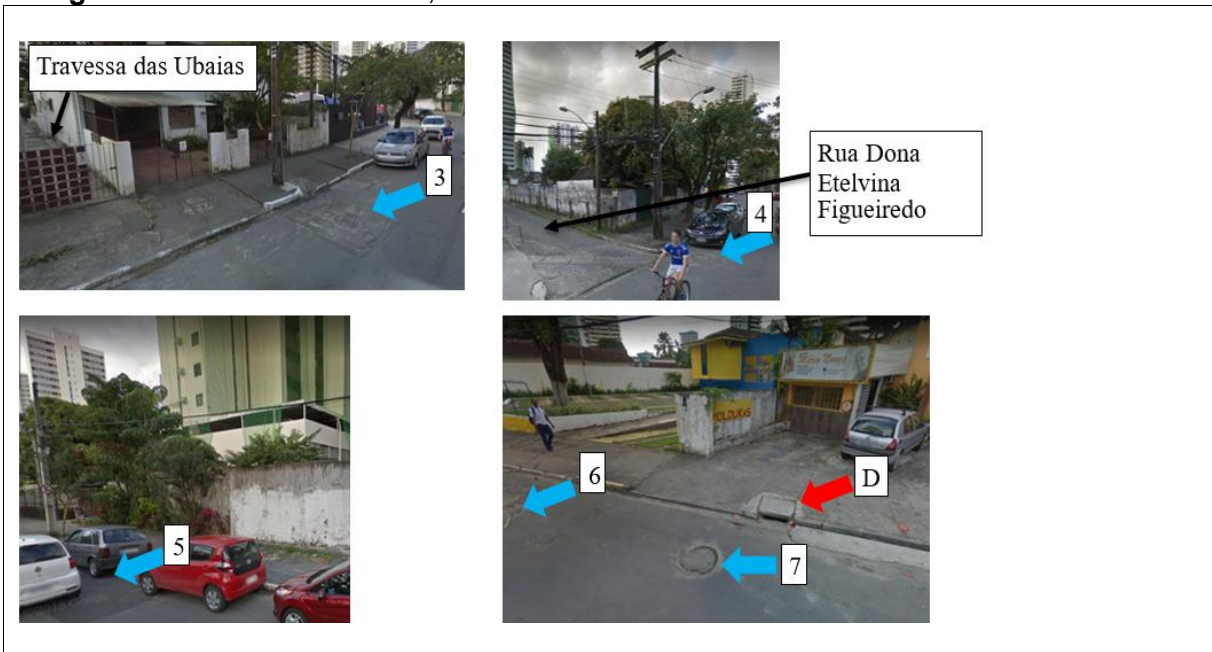
Imagem 5 - Cruzamento da Estrada das Ubaias, Casa Forte, com a Rua Irmã Maria David e Rua Pe. Edwaldo Gomes. (Esquina do Colégio NAP)



Fonte: Autora, 2018

⁸ Sarjeta: São faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio.

Imagem 6- Estrada das Ubaias, bairro de Casa Forte



Fonte: Autora, 2018.

Imagem 7- Estrada das Ubaias, área limítrofe entre o bairro de Casa Forte e Casa Amarela. Cruzamento da Estrada das Ubaias com a Rua do Encanamento. (Esquina da Drogasil)



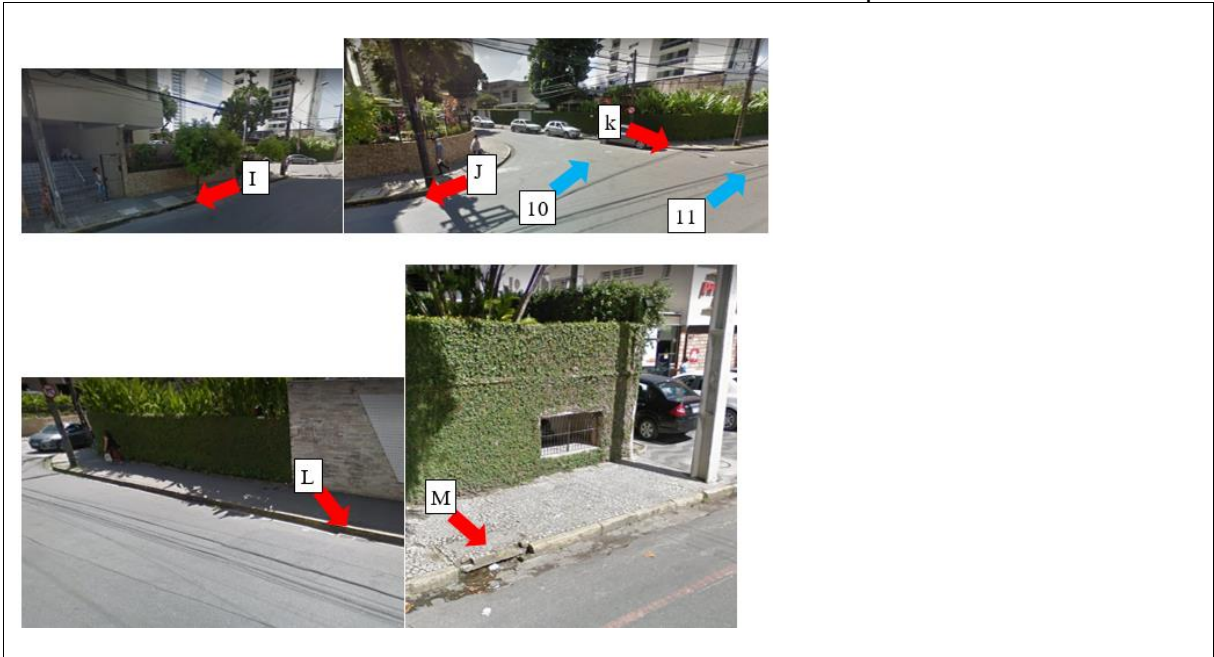
Fonte: Autora, 2018.

Imagem 8- Estrada das Ubaias, bairro de Casa Amarela.



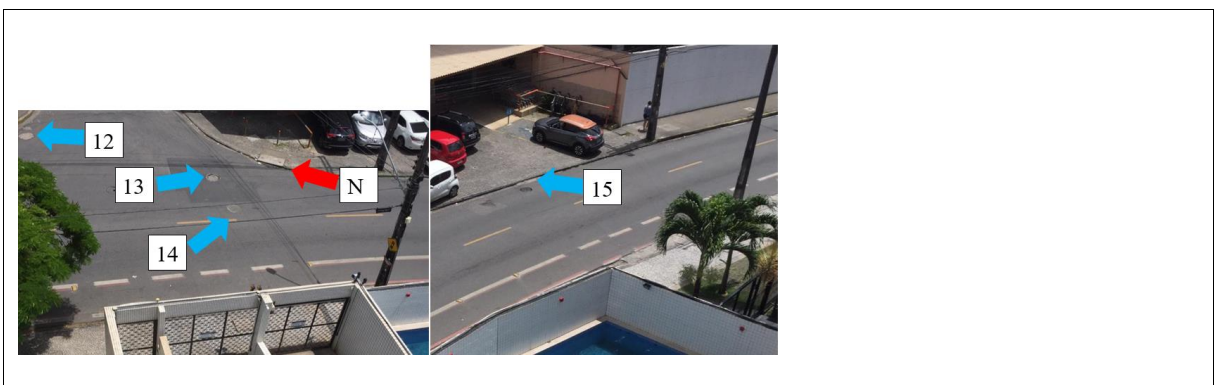
Fonte: Autora, 2018.

Imagem 9- Estrada das Ubaias, lotes fronteiriços com a Rua Dr. Genaro Guimarães, bairro de Casa Amarela. Boca de lobo “M” danificada e com a entrada quase obstruída



Fonte: Autora, 2018.

Imagem 10- Estrada das Ubaias, lotes fronteiriços com a Rua Raimundo Freixeira, bairro de Casa Amarela.



Fonte: Autora, 2018.

Imagem 11- Estrada das Ubaias, lotes fronteiriços com a Rua Conselheiro Nabuco, bairro de Casa Amarela.



Fonte: Autora, 2018.

6.1.2. Dispositivos legais voltados para a Drenagem

Segundo Vasconcelos (2016, p. 122), “as diretrizes e os disciplinamentos estabelecidos pelo Plano Diretor Urbano, Plano de Uso e Ocupação do Solo e o Plano Diretor de Drenagem, funcionam como base para a função de Regulação e Controle”. E diz ainda que “estes são aplicados na análise e nas exigências determinadas pela Secretaria Executiva do Controle Urbano para a aprovação dos projetos de obras e empreendimentos urbanos, tantos os de iniciativa do setor público, quanto as de iniciativa do setor privado”. São os principais dispositivos legais que de alguma maneira disciplinam e promovem a proteção ambiental envolvendo os recursos hídricos da cidade do Recife:

No âmbito Federal

- Lei Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979: disciplina o parcelamento do solo urbano, determinando a obrigatoriedade da reserva de uma faixa não edificável de 15m (quinze metros) de cada lado ao longo das águas correntes e dormentes;
- Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981: dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente;
- Decreto Nº 4.287, de 10 de julho de 2002: rregulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências;
- Lei de Saneamento Básico – Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007: estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências, definindo a drenagem e o manejo das águas puviais urbanas como “conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas” (Artigo 3º, alínea d);
- Código Florestal – Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012;
- Lei dos Resíduos Sólidos - Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências;

No âmbito Estadual

- Decreto Nº 20.423, de 26 de março de 1998 trata das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco, regulamentando a Lei Nº 11.427 de 17 de janeiro de 1997;
- LEI Nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005: Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências;

No âmbito Municipal

- Lei Orgânica Municipal
- Plano Diretor Municipal (Lei 17.511/2008 e suas regulamentações e alterações)
- Código de Meio Ambiente Municipal (Lei Municipal nº 16.243/96)
- Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais – PDDR
- Lei 16.680/2001: dispõe sobre o Plano de Arborização Urbana do Recife e dá outras providências.
- Lei do Telhado Verde: Lei Nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015

6.1.3. Atores Envolvidos no Sistema de Drenagem Urbana da Cidade do Recife

No que se refere ao sistema de gestão de drenagem urbana, segundo Vasconcelos (2016), verifica-se um grande número de atores públicos da municipalidade recifense e do governo estadual, além de atores do Governo Federal e de atores privados e sociais de interesse.

O comportamento desses atores influencia diretamente a utilização e funcionamento dos sistemas de drenagem, através dos impactos causados por seus comportamentos em termos da ocupação das áreas e o uso, adequado ou inadequado, das estruturas naturais e construídas da drenagem urbana. São também esses atores que sofrem diretamente os efeitos decorrentes da adequação ou inadequação das estruturas e operação do sistema de drenagem associados às enxurradas, desestabilização das encostas e alagamentos, tanto em termos de consequências para a segurança pessoal, quanto nos agravos e perdas patrimoniais

As entidades da sociedade organizada, tais como as associações comunitárias e as entidades empresariais, constituem nesse sentido importantes estruturas para o relacionamento da entidade gestora do sistema de drenagem urbana, seja para levantar e tratar os problemas de drenagem, quanto para a importante tarefa de promover através da educação ambiental mudanças culturais no relacionamento da sociedade com a cidade e com o sistema de

drenagem, especialmente os cursos d'água. Em relação às concessionárias de serviços públicos, o principal relacionamento refere-se à necessidade de coordenação dos projetos e das intervenções de lançamento e remanejamento das redes físicas de canos, dutos e outras estruturas e as intersecções causadas pelas mesmas na rede de drenagem urbana (VASCONCELOS, 2016, p121-122).

São os principais atores municipais e estaduais:

Atores Municipais

- Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade: sua responsabilidade está ligada à gestão da política ambiental do município, realizando atividades como licenciamento, fiscalização, fomento da educação ambiental, preservação das Unidades de Conservação da Natureza (UCN) e dos Imóveis de Proteção de Áreas Verdes (IPAVs), além do tombamento de árvores.
- Secretaria de Infraestrutura e Serviços Urbanos: sua responsabilidade está ligada ao sistema de manutenção e limpeza urbana, pavimentação e iluminação pública, ações estruturadoras e serviços de engenharia, além de atividades de defesa civil. Para executar estas ações, a Secretaria conta com o apoio das Secretarias Executivas de Defesa Civil e de Serviços de Campo, além da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife – EMLURB e da Empresa de Urbanização do Recife (URB).
- Secretaria de Saneamento: tem como responsabilidade a coordenação e desenvolvimento das políticas públicas municipais de saneamento ambiental, o que inclui a drenagem urbana, e o acompanhamento e regulação das concessões para a prestação dos serviços de águas e esgotos.
- Secretaria de Habitação: tem como responsabilidade o desenvolvimento de projetos e ações que facilitem o acesso da população de baixa renda a uma moradia digna.
- Secretaria de Mobilidade e Controle Urbano: tem como responsabilidade planejamento do sistema viário e coordenação das ações de mobilidade urbana e de controle urbano, vinculando com esses propósitos as estruturas da CTTU e DIRCON;
- Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano: tem como responsabilidade o planejamento do desenvolvimento urbano, tanto físico-territorial, quanto econômico e social, estabelecendo as visões de futuro e as normatizações legais que permitam induzir o crescimento e o desenvolvimento da cidade no sentido desejado pela sociedade.
- CODECIR – Comissão de Defesa Civil do Recife: É uma estrutura integrante do sistema de defesa civil, responsável pela coordenação das ações de defesa civil, incluindo as decorrentes de eventos climáticos relacionados com os problemas de drenagem urbana.

Atores Estaduais

- Secretaria de Recursos Hídricos e Energia: tem como responsabilidade a política estadual de desenvolvimento e conservação dos recursos hídricos e a coordenação das ações de saneamento ambiental, incluindo o apoio e suporte aos municípios em termos de drenagem urbana, tendo vinculada à sua estrutura a APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima e a COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento.
- Defesa Civil – CODECIPE: órgão estadual integrante do sistema de defesa civil, e cuja atuação se dá em conjunto e articuladamente com a CODECIR.

Atores privados e sociais de interesse

- Concessionárias de Serviços Públicos (COMPESA, estrutura vinculado ao Governo Estadual), outros Atores Públicos vinculados ao municípios (CELPE, COPERGÁS, telefônicas e operadores de redes e serviços de comunicação, tais como OI, CLARO, TIM, VIVO, GVT, SKY, NET- para uso dos espaços aéreos e subterrâneos).
- Atores Privados e Atores Sociais (compreende a população como um todo, as organizações e as entidades privadas, lucrativas ou não e as entidades sociais.)

E são as funções do sistema de gestão do sistema de drenagem urbana, segundo o mesmo autor:

- Compreender e dominar o sistema de drenagem, planejando-o e monitorando-o continuamente;
- Identificar os problemas de drenagem, planejando as soluções e articulando a implantação da solução (projetos, intervenções e obras);
- Operar e manter as estruturas de drenagem (macro: rios e canais; e micro: galerias e canaletas; estações de bombeamento e comportas) e o cadastro técnico do sistema de drenagem;
- Acompanhar o monitoramento das ocorrências de eventos climáticos e hidrológicos, estruturando e deflagrando as operações especiais de drenagem nessas ocorrências;

6.2. O que pensa o cidadão recifense sobre os alagamentos da Estrada das Ubaias

Uma pesquisa sobre as inundações da Estrada das Ubaias não estaria completa sem que fosse dada a oportunidade de expressão aos recifenses direta ou indiretamente envolvidos com essa questão. Para isso foram realizadas uma pesquisa *online* e uma entrevista com um ator estratégico já mencionado, como será visto a seguir.

6.2.1. A pesquisa *online*

Procedimentos metodológicos

Essa pesquisa foi formulada e realizada no intuito de obter informações quanto à percepção dos moradores e frequentadores em relação à eficiência das redes de drenagem situadas no recorte da área de estudo – Estrada das Ubaias, bairros de Casa Forte e Casa Amarela e no seu entorno imediato. O trabalho consistiu de duas etapas: uma de **aplicação de questionários** por meio da Internet, tendo como base a plataforma de Formulário da Google para desenvolver e divulgar o questionário, compartilhando o endereço eletrônico (*link*) por meio das plataformas e veículos de

socializações como *E-mail*, *WhatsApp* e *Instagram*; e outra de **análise dos resultados do questionário**, a partir gráficos formulados pela plataforma.

O questionário utilizado foi semiestruturado, com questões objetivas, de múltipla escolha e abertas, com perguntas sobre os aspectos da gestão pública de drenagem, conhecimento dos recursos que auxiliam na drenagem das águas pluviais (Teto Jardim, Piso drenante etc.) e questionamentos sobre as soluções apontadas pela atual gestão de drenagem, objetivando verificar as experiências dos moradores e transeuntes diante do alagamento na Estrada das Ubaias.

A aplicação do questionário ficou disponível na plataforma do Google durante 22 dias (14 dias úteis e 03 fins de semana), tendo início no dia 20 de outubro de 2018 às 08h30 e término no dia 08 de novembro de 2018 às 08h30. O questionário foi respondido por um total de 143 pessoas.

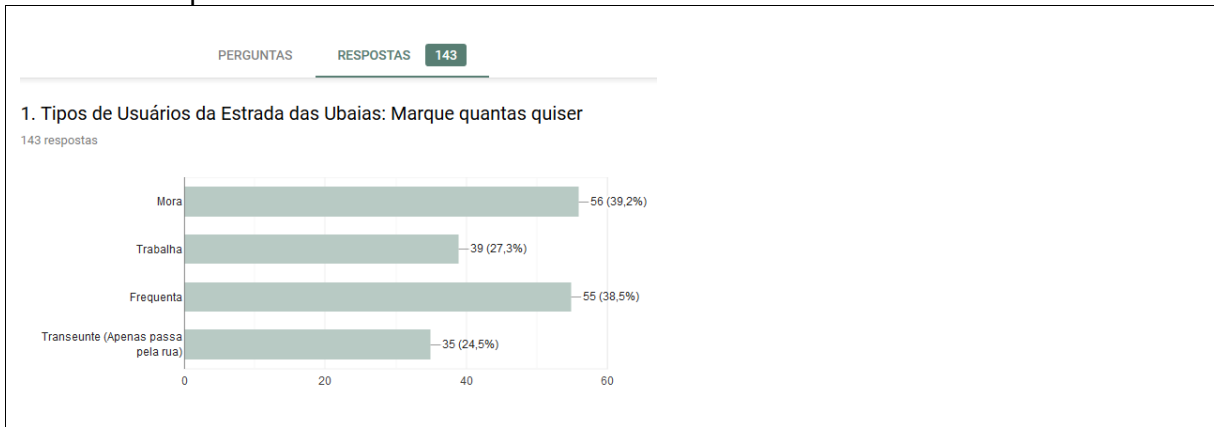
Apresentação e análise dos resultados da pesquisa

O questionário foi composto por 14 questões, sendo 14 fechadas e de múltiplas escolhas, algumas delas cabendo mais de uma resposta, sendo 05 abertas (**APÊNDICE A**).

Respostas às questões objetivas e de múltipla escolha

- A resposta à pergunta que foi acrescentada no dia 20 de outubro de 2018, sendo obrigatória, mostrou que mais de 39,2% dos entrevistados são moradores, (27,3%) trabalham, (38,5%) frequentam, evidenciando o grande fluxo da área. Essa pergunta podia ter mais de uma opção de resposta, uma vez que, há moradores da área que também exercem outras atividades no mesmo local ou em seu entorno imediato (**Gráfico 1**).

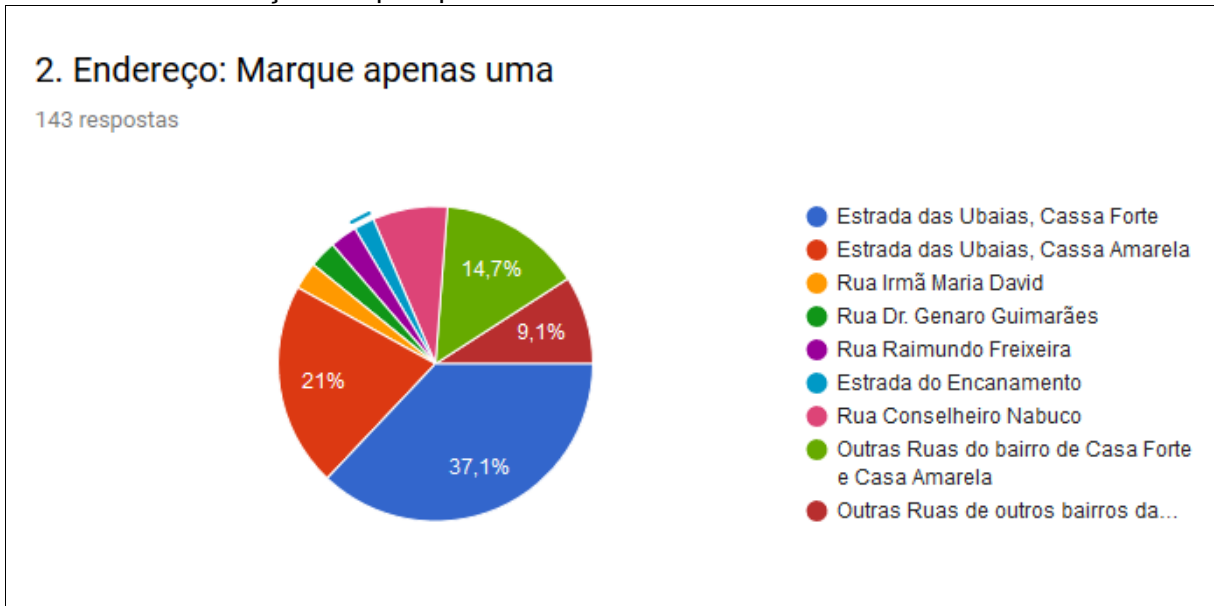
Gráfico 1- Tipos de Usuários da Estrada das Ubaias:



Fonte: Pesquisa *online*, 2018 entre 20/10/2018 a 08/11/2018 (a autora)

- A pesquisa mostra que os participantes moram 31,1% na Estrada das Ubaias (Casa Forte) e 21% Estrada das Ubaias (Casa Amarela), 14,7% de outras ruas do bairro Casa Forte e Casa Amarela, 9,1% de outros bairros do Recife, 7,7% Conselheiro Nabuco, 2,8% Rua Irmã David, 2,8% Rua Dr. Genaro Guimarães, 2,8% Rua Raimundo Freixeira, 2,1% Estrada do Encanamento.

Gráfico 2 - Endereço: Marque apenas uma

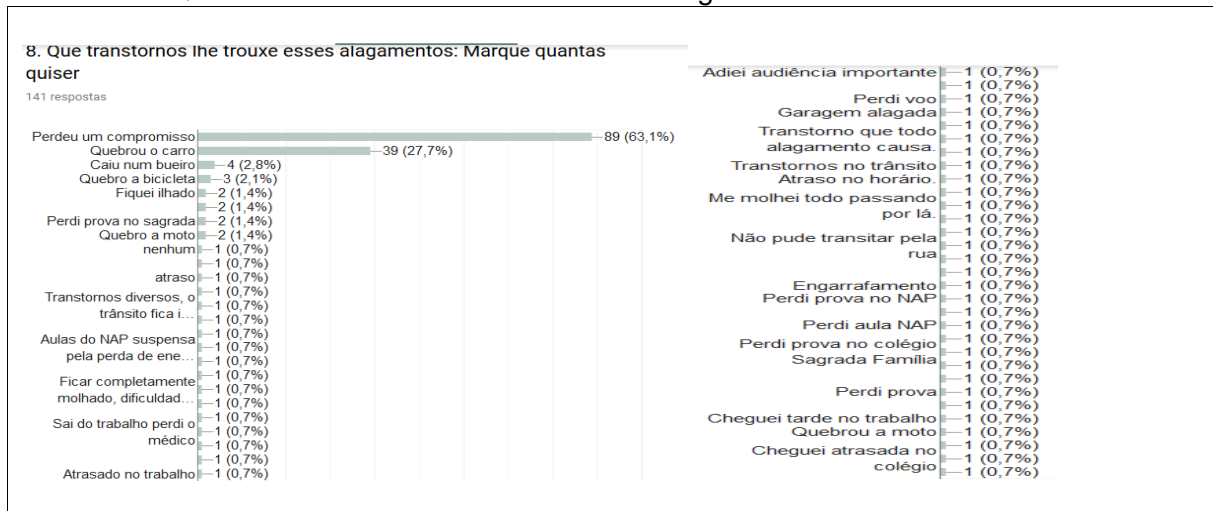


Fonte: Pesquisa *online*, 2018 entre 20/10/2018 a 08/11/2018 (Autora)

- Sobre os transtornos causados pelos alagamentos, vale destacar que 63,1% dos entrevistados perderam compromissos, 27,7% tiveram prejuízo com seus carros quebrados, 2,8% caíram num bueiro, e 6,4% sofreram transtornos diversos como perder provas, aulas (colégios NAP e Sagrada Família), atraso

no trabalho, meios de transportes quebrados (moto, bicicleta), engarrafamento, dentre outros, mostrando as precárias condições do sistema de drenagem convencional das águas pluviais, o que já foi constatado por estudiosos e acadêmicos (**Gráfico 3**).

Gráfico 3- Que transtornos lhe trouxeram esses alagamentos:

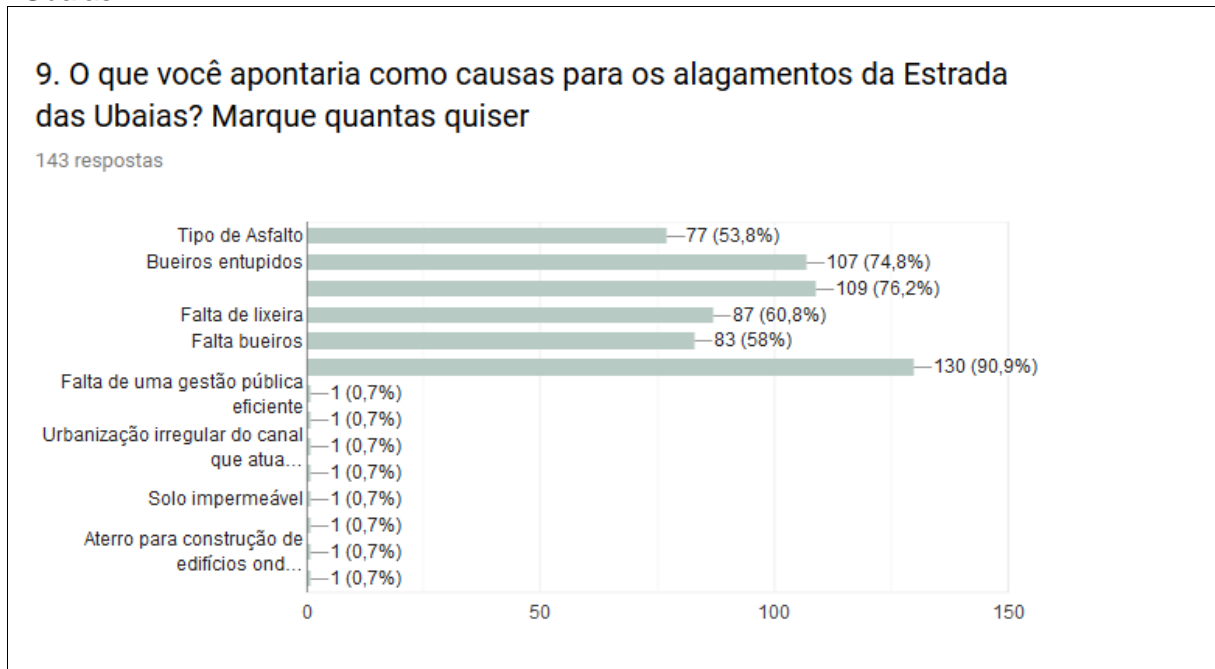


Fonte: Pesquisa *online*, 2018 entre 20/10/2018 a 08/11/2018 (Autora)

- Sobre o conhecimento dos entrevistados em relação às causas dos alagamentos da Estrada das Ubaias, as respostas ao questionário fechado com múltiplas escolhas onde podiam ser selecionadas quantas opções se quisesse, além de sugerir outras causas, mostraram que quase 90,9% afirmaram como causa dos alagamentos, o escoamento de águas pluviais precário, 76,2% apontam que é a falta de manutenção e limpeza nos bueiros, 74,8% bueiros entupidos, 60,8% falta lixeira, 58% falta bueiros, 53,8% tipo de asfalto.
- E como sugestões abertas foram apontadas com cerca de 0,7% cada, como causas, falta ou ineficiência da gestão pública de drenagem, falta de áreas permeáveis (solo naturais), uso excessivo do solo impermeável, o nível da rua Estrada das Ubaias que é mais baixo do que o seu entorno imediato, e aterro para a construção dos edifícios da área. Essas sugestões estão associadas às medidas convencionais de drenagem mesmo que, como já comentado, sejam insuficientes para resolver de modo isolado, a questão dos alagamentos do logradouro.

- Cabe ressaltar uma resposta relativa a não ter sido considerado o desenho urbano e a localização das bacias e subbacias no planejamento urbano, o que teria afetado a infraestrutura de drenagem como ressaltam teóricos e especialistas hidrológicos (**Gráfico 4**).

Gráfico 4- O que você apontaria como causas para os alagamentos da Estrada das Ubaías?



Fonte: Pesquisa *online*, 2018 entre 20/10/2018 a 08/11/2018 (Autora)

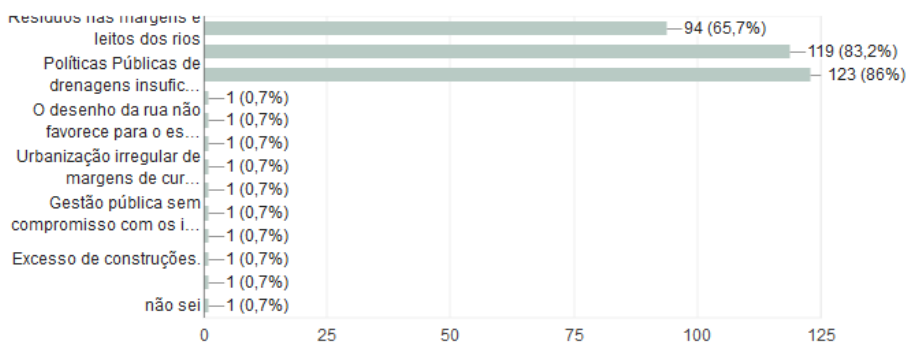
- Quanto ao conhecimento dos fatores externos que podem contribuir para os alagamentos da Estrada das Ubaías, os entrevistados podiam escolher quantas opções quisessem, além de sugerir outros fatores que julgassem pertinentes. Sendo assim, os entrevistados atribuem ao fato de que há Políticas Públicas de drenagens insuficientes (limpeza e escoamento de águas da chuva) com 86%. Já 83% afirmam que há uma ausência nas Políticas Públicas de drenagens (limpeza e escoamento de águas da chuva), 65,7% destaca a questão sobre os resíduos nas margens e leitos dos rios (**Gráfico 5**)
- Como sugestões, cada uma com 0,7%, foram apontados o desenho da rua que não favorece o escoamento das águas pluviais, gestão pública sem compromisso com os interesses da população, excesso de construções. (Gráfico 5). Deste modo, se faz presente uma gestão de infraestrutura integrada em toda a cidade do Recife e não ações pontuais como vistos nos

casos exemplares. E em relação ao sistema de drenagem de águas pluviais 86% dos entrevistados o considera péssimo e 14% razoável (**Gráfico 6**).

Gráfico 5- Que fatores externos podem contribuir para os alagamentos da Estrada das Ubaias?

10. Que fatores externos podem contribuir para os alagamentos da Estrada das Ubaias? Marque quantas quiser

143 respostas

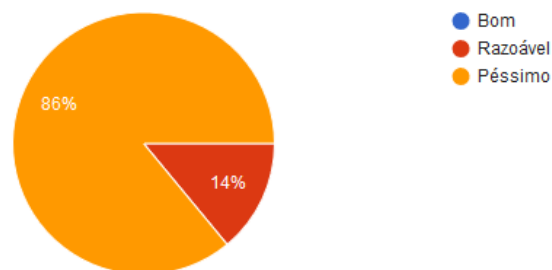


Fonte: Pesquisa *online*, 2018 entre 20/10/2018 a 08/11/2018 (Autora)

Gráfico 6- O nosso sistema de drenagem de águas pluviais é:

11. O nosso sistema de drenagem de águas pluviais (escoamento da água de chuva) é: Marque apenas uma

143 respostas

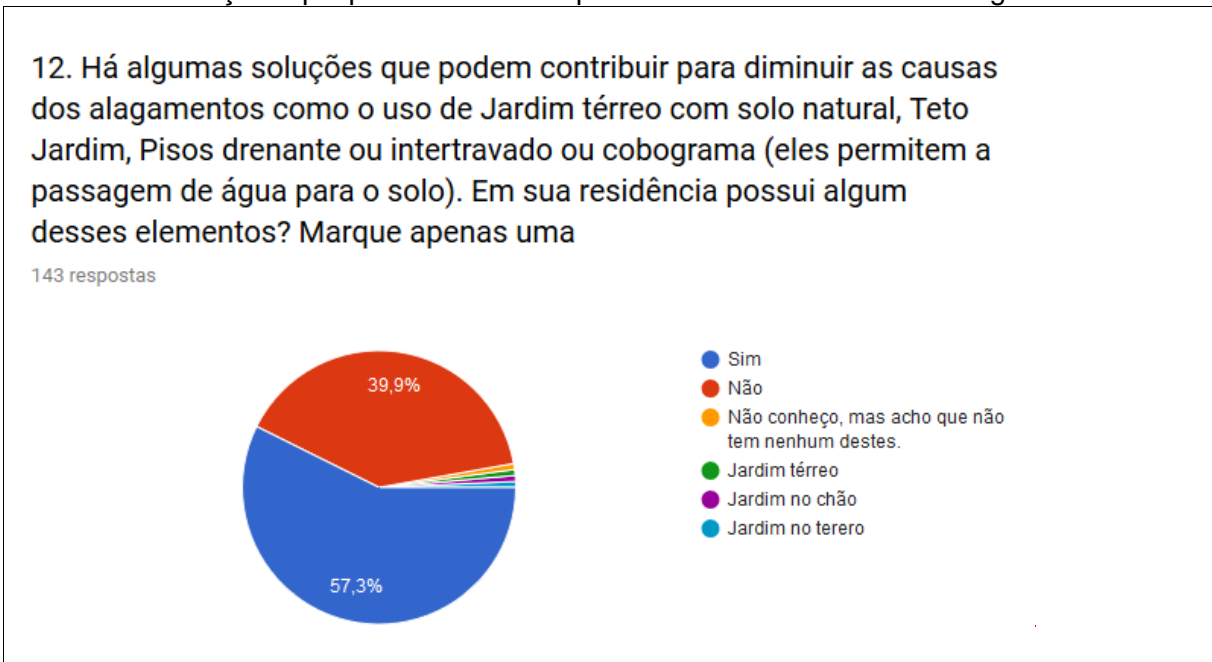


Fonte: Pesquisa *online*, 2018 entre 20/10/2018 a 08/11/2018 (Autora)

- Quanto ao questionamento sobre as medidas que podem contribuir na diminuição das causas dos alagamentos, como o uso de Jardim Térreo com solo natural, Teto Jardim, Pisos drenantes ou intertravados e cobograma. Se havia alguma dessas opções na residência dos entrevistados ou outras opções de drenagem das águas pluviais 57,3% afirmaram que possuíam pelo menos algum desses elementos na drenagem de suas residências e 39,9% não

possuíam nenhum tipo de elemento drenante ou solo natural em suas casas. Esses elementos drenantes têm uma parcela importante na colaboração do escoamento das águas pluviais, segundo evidência acadêmicos e estudiosos especialistas na área de hidro sanitária (**Gráfico 7**).

Gráfico 7- Soluções que podem contribuir para diminuir as causas dos alagamentos



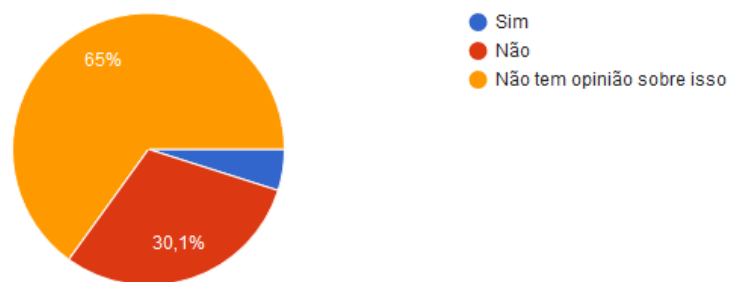
Fonte: Pesquisa *online*, 2018 entre 20/10/2018 a 08/11/2018 (Autora)

- Quanto à interpretação da ação da Prefeitura em estar colocando piso drenante nas calçadas em alguns pontos da cidade para solucionar os alagamentos, 65% não tem opinião, 30,1% afirmam que essa medida não vai solucionar o problema dos alagamentos e 4,9% essa medida vai ser suficiente.
- Cabe lembrar que, segundo evidenciam teóricos e acadêmicos, medidas paliativas e pontuais não resolvem o problema da drenagem urbana que deve ser visto de forma integrada com todo o sistema de infraestrutura (**Gráfico 8**).

Gráfico 8- Sobre solução com piso drenante

13. A prefeitura está colocando piso drenante (tipo de piso que permitem a passagem de água para o solo), nas calçadas em alguns pontos da cidade. Considerando que a via carroçável (onde passa os carros) tem maior extensão que as calçadas. Você acha que essa medida vai solucionar os alagamentos? Marque apenas uma

143 respostas



Fonte: Pesquisa *online*, 2018 entre 20/10/2018 a 08/11/2018 (Autora)

- Quanto à sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias 75,5% não tiveram sugestão, 24,5% sugeriram algum tipo de solução como asfalto permeável, microrreservatório, políticas integradas de saneamento, dentre outras. E apesar desse questionamento ser técnico, pois, exige uma equipe multidisciplinar para tentar solucioná-lo, foi feito no intuito de fomentar discussões e instigar o conhecimento acerca do tema (**Gráfico 9**).
- Observou-se, portanto, que as sugestões dadas, mesmo oriundas de uma minoria de respostas, foram muito apropriadas para solucionar, ou pelo menos minorar as inundações da Estrada das Ubaias, se implantadas.

Gráfico 9- Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

143 respostas



14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

143 respostas



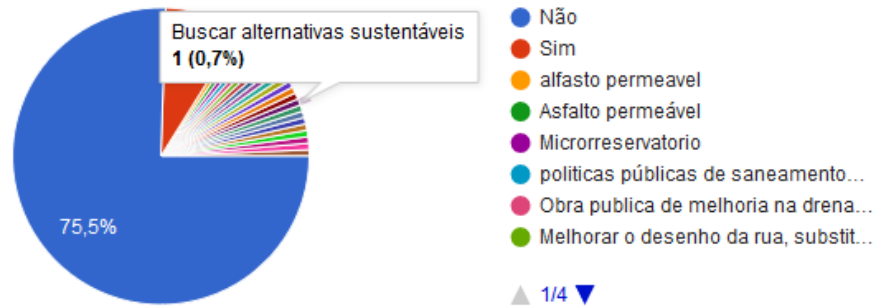
14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

143 respostas



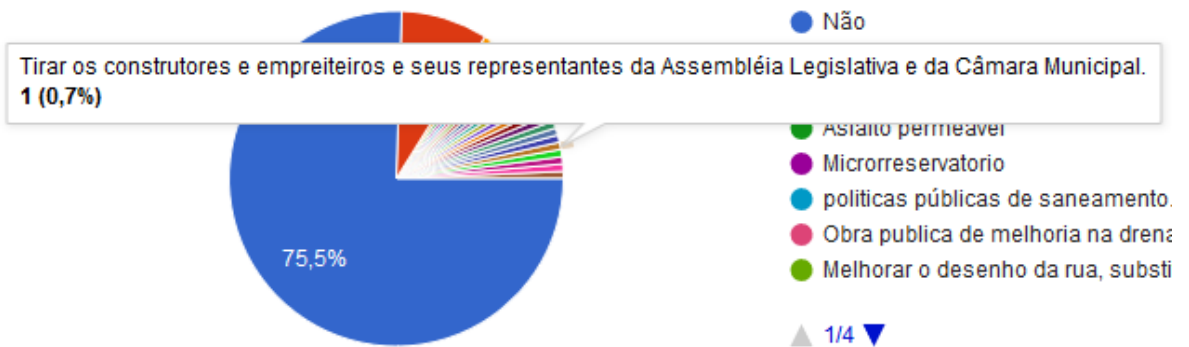
14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

143 respostas



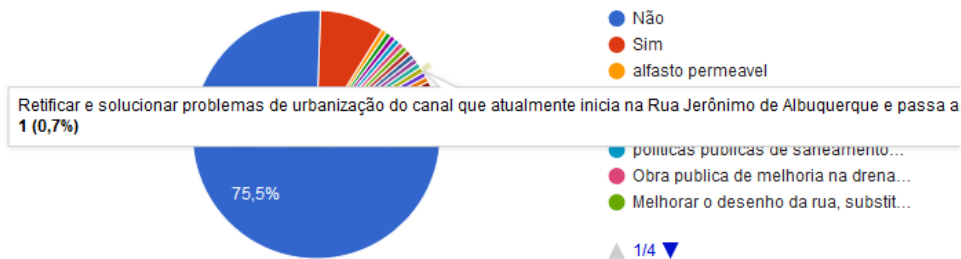
14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

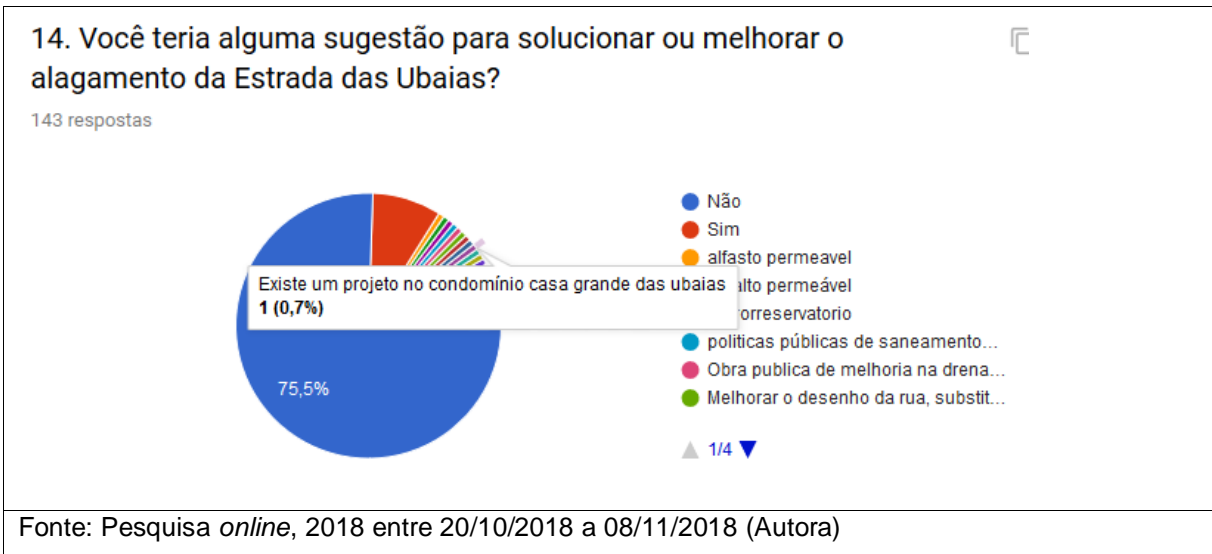
143 respostas



14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

143 respostas





6.2.2. A Entrevista com um ator estratégico

Entrevista feita pela autora ao Engenheiro Hidráulico da Divisão de Projeto de Drenagem da EMLURB, Pedro Oliveira. (APÊNDICE B)

Em 13 de abril de 2018, a autora entrevistou o Engenheiro Hidráulico do departamento de projeto da EMLURB, o Sr. Pedro Oliveira, mediante solicitação oficial da Faculdade Damas (ANEXO A). Seguem as perguntas e as respostas (transcritas a partir das anotações feitas com o consentimento do entrevistado).

Pergunta 1. Como funciona o sistema de infraestrutura e o de captação das águas da chuva em Recife?

Resposta: *Grande parte da cidade possui captação de águas pluviais e águas negras separadas. A média anual de chuvas é de aproximadamente 940mm e são drenadas por gravidade até dispositivos públicos e privados espalhados pela cidade para captação e armazenamento. E o manejo dessas águas ocorre de maneira integrada com o paisagismo urbano através de jardins de chuva, biovalas, canteiros, lagoas, etc.*

Pergunta 2. Qual o objetivo principal do Plano Diretor de Drenagem das Águas Pluviais na cidade do Recife?

Resposta: *O Plano Diretor de Drenagem das Águas Pluviais em qualquer município tem como principal objetivo contribuir para melhorar as condições de funcionamento da drenagem urbana. As contribuições estão tanto no âmbito do universo territorial com as medidas estruturais para controle de enchentes indesejadas e que devem agir corretivamente, quanto no universo das legislações, ações educacionais e gestão das águas urbanas numa escala municipal, com princípios que se apoiam em medidas não estruturais de controle. Além das estruturais através da implantação de infraestrutura verde na cidade é a remoção de poluentes, redução da velocidade de escoamento, reabastecimento de lençol freático e melhoria da qualidade ambiental da cidade.*

Pergunta 3. Quais medidas estruturais e não estruturais a EMLURB utiliza para solucionar o problema dos alagamentos de vias em Recife e como elas funcionam?

Resposta: *As medidas não estruturais visam proporcionar o controle através de normas, regulamentos e programas voltados para o disciplinamento do uso e ocupação do solo, para a implantação de sistemas de alerta e de segurança, além da conscientização da população local quanto à preservação das unidades do sistema de drenagem.*

As medidas de controle estruturais do escoamento são mais indicadas para áreas com processo de ocupação já consolidado e são classificadas de acordo com sua ação na bacia hidrográfica, por exemplo tem: a distribuída (tipo de controle que atua sobre o lote, praça e passeios); a microdrenagem: (controle que age sobre o hidrogramas⁹ resultante de um ou mais loteamentos); a macrodrenagem (controle sobre os principais riachos urbanos). E de acordo com o tipo de ação sobre os hidrogramas de cheias nas bacias, essas medidas podem utilizar os seguintes princípios: de Infiltração e percolação¹⁰ (Normalmente, cria-se espaço para que a água armazenada tenha maior infiltração e percolação no solo, utilizando o armazenamento e o fluxo subterrâneo para retardar o escoamento superficial. Podem ser utilizadas estruturas do tipo trincheira de infiltração, pavimento permeável, vala de infiltração, poço de infiltração, bacias de infiltração e percolação); de armazenamento

⁹ Um hidrograma é um gráfico que mostra a taxa de fluxo versus o tempo passado em um ponto específico em um rio, canal ou fluxo de transporte de conduíte.

¹⁰ Percolação Acontece quando a água encontra pequenos canais no solo ou microvilosidades capazes de fazer a água "infiltrar" com mais rapidez.

(Através de reservatórios, que podem ser de tamanho adequado para o uso em uma residência e até de porte para a macrodrenagem urbana. O efeito do reservatório é de reter parte do volume do escoamento superficial, reduzindo o seu pico e distribuindo a vazão no tempo. As estruturas que utilizam armazenamento podem ser microrreservatórios, bacias de detenção, bacias de retenção e até mesmo alguns pavimentos porosos. Pode-se combinar, por exemplo, estruturas com princípio de infiltração às de armazenamento); Aumento da eficiência do escoamento (Através de condutos e canais, drenando áreas inundadas. Esse tipo de solução tende a transferir enchentes de uma área para outra, mas pode ser benéfico quando utilizado em conjunto com soluções de retenção e/ou infiltração.)

*As medidas de controle na fonte são as que atuam sobre os lotes e têm caráter estrutural, necessitando de obras complementares para o desvio das vazões. As principais medidas de controle localizado no lote podem ser divididas em: aumento das áreas de infiltração e percolação e armazenamento temporário em reservatórios residenciais. O objetivo é tornar o lote urbano uma unidade do sistema de drenagem, onde uma parte dos escoamentos podem ser absorvida (infiltrada ou utilizada) ou retida temporariamente para retardar os escoamentos. O principal objetivo é fazer com que as vazões produzidas pelos lotes urbanizados não ultrapassem os picos naturais ou anteriores à sua ocupação. O armazenamento temporário em microrreservatórios se mostra bastante viável em locais com características geográficas atípicas; por exemplo, quando o solo é argiloso e o nível do lençol freático não é muito profundo, já que esses dois fatores praticamente impedem que se indiquem dispositivos de infiltração ou de percolação para o sistema de drenagem. Algumas soluções podem e devem ser aplicadas em áreas públicas como por exemplo a escolha do material usado nos pisos das áreas públicas de lazer que possibilitem obter superfícies de infiltração com a finalidade de reduzir a velocidade de escoamento das águas pluviais e, como consequência, amortecer os picos de vazão que garantam uma considerável área permeável junto aos espaços públicos. As demais medidas de caráter estrutural atingem de forma mais direta os sistemas públicos de drenagem, tanto no que diz respeito às unidades da microdrenagem quanto às da macrodrenagem, existentes ou a implantar como *Intervenções no Sistema de Microdrenagem, Intervenções na Rede de Macrodrenagem, Implantação de Bacias de Detenção, Adoção de Sistemas de Drenagem Forçada.**

Pergunta 4. A EMLURB tem algum estudo sobre os problemas dos alagamentos de vias no Recife?

Resposta: *Foi realizado um relatório para a elaboração dos estudos de concepção para gestão e manejo de águas pluviais e drenagem urbana do Recife – PDDR. E através de uma simulação hidráulica verificou-se que os cursos d'água principais do sistema hídrico, estão situados no Rio Tejió e no Jiquiá e seu comportamento hidráulico é que define o regime de todos os seus afluentes. Isso foi evidenciado no Diagnóstico do Plano Diretor de drenagem. Esse Relatório do Estudo de Concepção, contempla o resultado das atividades realizadas na Etapa 5, que de acordo com o Fluxograma de Execução das Atividades e do Cronograma Geral de Atividades compreende a realização de 07 atividades e 07 subatividades. As atividades são: Formulação de Alternativas de Solução, Pré-dimensionamento das Alternativas, Estimativa de Custos, Estudo de Viabilidade Técnico-econômica, Seleção da Alternativa Escolhida, Estudos e Serviços Complementares, Adequação de dados até a aprovação. E as subatividades são: Diretrizes de Programas e Projetos, Diretrizes para o Sistema de Gestão, Anteprojeto de Lei, Manual de Drenagem, Estudo de definição da Equação de Chuvas Intensas, Resultados dos Ensaios de Absorção, Proposta de Tratamento das Margens dos Rios. Além de estudos complementares: Anteprojeto de Lei e no Manual de Drenagem e Proposta de Melhoria da Qualidade da Água e de Restauração Paisagística.*

Pergunta 5. A Estrada das Ubaias, nos bairros Casa Forte e Casa Amarela, pertencem a qual rede de microdrenagem e como está sua situação?

Resposta: *Foi realizada uma simulação no Canal do SERPRO que mostrou pequenos transbordamentos de sua calha durante as chuvas intensas, mas que não chegam a causar transtornos diretos à população e às edificações de seu entorno. Ao longo de suas margens, nas duas faixas de rolamento da Av. João Tude de Melo, são registrados alagamentos resultantes, principalmente, dos recalques pronunciados ocorridos nessa via. Há, ainda, problemas de obstruções das estruturas da microdrenagem local, o que pode ser observado no cruzamento dessa avenida com a Rua Virginia Loreto, onde o tráfego de veículos chega a ficar impedido, mesmo com o nível d'água no canal abaixo da cota da via. Neste caso, os problemas podem ser resolvidos através de reparação na rede de microdrenagem local.*

O Canal do Parnamirim, para efeito de análise, pode ser dividido em dois trechos com características bem distintas. A jusante¹¹ da Av. Dezesete de Agosto, até seu deságue no Canal do SERPRO, e sua parte inicial vai desde as proximidades da Rua Jerônimo de Albuquerque até a Av. Dezesete de Agosto. No trecho de jusante, há alagamentos devidos, principalmente, às cotas baixas da margem direita do canal. Em 2010, por exemplo, o pavimento térreo do Shopping Plaza chegou a ser inundado devido a um transbordamento desse canal, que não ocorreu na margem esquerda. No trecho de montante¹², a situação é bem mais complexa. De fato, ali a ocupação das margens se dá de forma intensa praticamente ao longo de toda a sua extensão, o que impede o acesso à calha. Além disso, parte do leito do canal natural foi canalizada como galeria retangular, de seção inferior à necessária, para facilitar a construção de edifícios de alto padrão. E essa galeria provoca remansos¹³ de elevação no trecho de montante, agravando os alagamentos nessa área. A solução para o problema consta em duas medidas principais: a desapropriação das construções irregulares existentes ao longo da calha do canal para garantir uma faixa de proteção em cada margem.

Atualmente a URB-Recife está trabalhando no reassentamento de parte da população local, o que vai acarretar a disponibilidade de área para garantir a implantação dessa faixa. A outra medida trata-se de um projeto para a implantação de estruturas que compensem a perda de capacidade de escoamento do canal devido à construção da galeria acima citada. Tais estruturas devem ser formadas, basicamente, por reservatórios de retenção que poderão ser associados, caso necessário, a sistemas de bombeamento.

Pergunta 6. Atualmente, a EMLURB, tem algum projeto eficiente para solucionar o problema dos alagamentos de vias nos pontos críticos dos bairros da cidade do Recife?

Resposta: Em 2007, foi desenvolvido um projeto não convencional (microrreservatório) para a Rua Santo Elias, no bairro do Espinheiro, e que trouxe bons resultados para a questão do alagamento.

¹¹ Jusante significa em direção à foz, ou seja, o fluxo normal da água.

¹² Montante significa em direção à nascente, ou seja, contracorrente.

¹³ No trajeto da água do rio há uma inclinação (remanso) da superfície da água, que varia conforme as vazões aumentam.

Pergunta 7. E porque este tipo de projeto não foi extensivo a outros bairros da cidade que também apresentam problemas de alagamentos de vias semelhantes ao da Rua Santo Elias, como por exemplo, a Estrada das Ubaias?

Resposta: *Por que é uma questão de gestão pública. Esse tipo de medida estrutural requer a liberação das margens dos rios então, teria que haver remoção e relocação da população Ribeirinha. O uso do microrreservatório requer medidas de contenção (na jusante e na fonte) com redução ao longo do percurso e também com estudos detalhados no âmbito do escoamento com várias considerações e análise quanto as características de cada trecho do percurso dos canais através de uma equipe técnica e multidisciplinar associado a ações integradas na infraestrutura da cidade do Recife.*

6.3. Soluções possíveis para os alagamentos da Estrada das Ubaias

De acordo com teóricos e especialistas na área de projetos hidráulicos, construir uma solução para o alagamento de vias envolve a análise detalhada das condições de solo natural e a análise dos níveis e cursos d'água feitas por uma equipe multidisciplinar, acompanhados de estudos aprofundados sobre vários outros aspectos. Porém, a solução obtida por meio do “microrreservatório”, na Rua Santo Elias, no Espinheiro foi viável e mostrou-se de rápida execução apresentando bons resultados. Entretanto, cabe lembrar que para qualquer tipo de medida estrutural escolhida é necessário adotar em paralelo medidas não-estruturais de apoio. Sendo assim, é preciso que haja um esforço na reformulação de normas reguladoras e na criação de incentivos através de medidas compensatórias para aqueles que se utilizem de algum tipo de dispositivo de controle, visando restringir a entrada dos escoamentos no sistema de drenagem pública. Uma sugestão para o enfrentamento dos alagamentos da Estrada das Ubaias (e que beneficiaria toda a população da cidade) seria estudar a possibilidade de criação e implementação) de dois projetos simultâneos, o Projeto Telhado Verde (PTV) e o Projeto Jardins Verdes (PJV), este associado ao uso de microrreservatório: o primeiro através de ação privada e o segundo por ações públicas.

Ação Privada

- Projeto Telhado Verde (PTV): este projeto consistiria na instalação de telhado verde em edificações privadas e sua construção poderia ser incentivada pela prefeitura, por meio de uma medida compensatória como a redução na taxa de escoamento de esgoto, desde que o aproveitamento de suas águas fosse reservado e absorvido na própria residência, sem precisar escoar pelas instalações públicas. Esse incentivo poderia ser incorporado à Lei Municipal Nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015, que dispõe sobre Telhados Verdes, mediante alteração pontual, ou através de outros mecanismos julgados mais pertinentes pelo órgão municipal.

Ações Públicas

- Projeto Jardins Verdes (PJV): com as mesmas características dos “jardins de chuva” discutidos ao longo desse trabalho, cuja a viabilidade no logradouro em pauta deveria inicialmente ser pesquisada. O PJV constaria na construção de jardins verdes em vias públicas como calçadas com faixas gramadas e pavimento permeável, além do plantio de árvores no intuito de melhorar o microclima reduzindo as inundações, protegendo os recursos hídricos e melhorando a qualidade dos aquíferos.
- O uso do “microrreservatório” estaria associado a esses Jardins Verdes para maior eficiência no escoamento das águas pluviais.

É possível evidenciar que um dos entraves para a implantação de soluções alternativas na solução dos alagamentos de vias e na redução do impacto nos recursos hidrológicos, na cidade do Recife, é a falta de colaboração por parte dos gestores estaduais na concretização dos projetos que viabilizam essas medidas estruturais. Como a finalização da implementação do Parque do Capibaribe (Parque Linear), a remoção e relocação adequada da população Ribeirinha, incluindo as medidas não convencionais mais eficazes como o caso da Rua Santo Elias, que teve sua implementação rápida e eficiente, podendo ser aplicadas em outras áreas da cidade que apresentam características semelhantes aos dessa rua.

É importante salientar que as medidas estruturais, inclusive as aqui sugeridas devem ser avaliadas por uma equipe multidisciplinar constituída por Engenheiro Hidráulico, Geólogo, Arquitetos e técnicos afins, para analisarem os parâmetros

urbanísticos vigentes para a área, o tipo de solo, os custos do projeto, o dimensionamento hidráulico dos canais, dentre outros estudos. Com essa avaliação se poderia chegar a uma solução viável para o enfrentamento dos alagamentos na Estrada das Ubaías.

Alertando para o fato de que a implementação de qualquer tipo de projeto hidráulico exige aprofundamentos nos estudos envolvendo simulações matemáticas de amortecimento de cheias (*routing*), mecanismos climatológicos que influenciam na desagregação das precipitações e das durações críticas, avaliando aspectos como sua geometria, declividade, profundidade e direção do fluxo subterrâneo incluindo zonas de entrada e saída, nível do lençol freático e sua distância em relação ao terreno, velocidade e variação do nível da água ao longo do ano, como lembrado por Canholi (2005). E, portanto, a sugestão de uma alternativa viável para o objeto de estudo como o “jardim de chuva” associado a um “microrreservatório” requer como já comentado, uma análise feita por uma equipe técnica competente e multidisciplinar em conjunto com ações integradas na infraestrutura da cidade do Recife e implementadas pela gestão pública com medidas estruturais e não estruturais.

7. CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve por objetivo analisar os impactos causados pelo processo de urbanização no ciclo hidrológico das cidades, focando na impermeabilização do solo e em uma das suas consequências imediatas, os alagamentos. As duas questões que nortearam a pesquisa foram: em que medida o processo de urbanização afeta o ciclo hidrológico de uma cidade e tem como uma das consequências imediatas, os alagamentos? E em que medida esses alagamentos podem ser evitados ou pelo menos minorados? A hipótese construída foi a de que haveria uma relação direta entre o processo de urbanização, a impermeabilização do solo e a ocorrência de alagamentos em pontos específicos de uma cidade. Esses alagamentos, no entanto, poderiam ser evitados ou pelo menos minorados em cidades de países em desenvolvimento, desde que implantadas pelos órgãos oficiais de governo, medidas estruturais e não estruturais além de medidas não convencionais.

Para verificar a hipótese, foi utilizado como método, o Estudo de Caso, tendo sido escolhido o caso da Estrada das Ubaias, Recife/PE, considerando que esse logradouro está localizado em dois bairros totalmente urbanizados (Casa Forte e Casa Amarela) e sofrem frequentes inundações.

Os conceitos que deram suporte teórico para a pesquisa foram especialmente os de **ciclo hidrológico** e **processo de urbanização**, e seus desdobramentos, de acordo com autores diversos e com entendimentos de instituições internacionais e nacionais que lidam com o tema. Como técnicas de pesquisa foram utilizadas pesquisa bibliográfica, pesquisa documental (em especial documentos produzidos por iniciativa da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB no Recife), visitas a campo e entrevistas (*online* e com atores estratégicos). Também foram estudadas duas situações exemplares de alagamentos que foram solucionados mediante intervenções bem sucedidas.

Concluiu-se após todas essas consultas (teóricas e empíricas), em primeiro lugar, que a frequência das inundações na Estrada das Ubaias se deve não só ao aumento das áreas impermeáveis resultantes da crescente urbanização, mas também, e principalmente, devido à falta de medidas efetivas por parte dos órgãos governamentais, sejam elas medidas estruturais, não estruturais ou não convencionais.

Observou-se pelos resultados da pesquisa *online*, que uma parte bastante expressiva dos que responderam ao questionário foi prejudicada com os alagamentos do logradouro, havendo relatos de perda de compromissos (provas, trabalho), de queda em bueiro, de meios de transportes quebrados (moto, bicicleta). A maioria conseguiu apontar as causas reais dos alagamentos, como escoamento de águas pluviais precários, falta de manutenção e limpeza nos bueiros, tipo de asfalto, falta de políticas públicas mais eficazes, ineficiência da gestão pública, falta de áreas permeáveis ao longo do logradouro e nos lotes lindeiros, inclusive com indicação do próprio desenho da via como uma das causas de alagamento. Apontar soluções para o problema, apesar de ter sido uma resposta mais difícil para os entrevistados, aqueles que responderam, deram sugestões bastante apropriadas, inclusive microrreservatórios e asfalto permeável.

Com relação à entrevista com o engenheiro hidráulico, representante da EMLURB, observou-se tratar-se de profissional bastante qualificado, e com extenso conhecimento sobre o sistema de drenagem da cidade, seus problemas e soluções mais adequadas, sobre o Plano Diretor de Drenagem e sobre os estudos em andamento. A não solução dos alagamentos da Estrada das Ubaias, com o uso de microrreservatório, à exemplo do que foi feito na Rua Santo Elias, foi entendida pelo engenheiro como uma questão de gestão pública. Uma vez que o uso do microrreservatório requer medidas de contenção (na jusante e na fonte) com redução ao longo do percurso, o que carece de ações integradas na infraestrutura da cidade.

Foi possível concluir pela pertinência da hipótese, uma vez que os estudos teóricos e empíricos mostraram que há de fato uma relação direta entre o processo de urbanização, impermeabilização do solo e ocorrência de alagamentos em pontos específicos de uma cidade. E que esses alagamentos podem ser evitados em cidades de países em desenvolvimento, desde que implantadas pelos órgãos oficiais de governo, medidas estruturais e não estruturais além de medidas não convencionais. O exemplo da rua Santo Elias que demonstrou essa possibilidade. O que deu margem a se propor duas soluções iniciais para a Estrada das Ubaias, agregando ações privadas e públicas, o Projeto Telhado Verde (PTV) e o Projeto Jardins Verdes (PJV), este associado a microrreservatório. Em paralelo, medidas não estruturais seriam tomadas, em especial na atualização da base jurídica e legal de apoio à drenagem urbana.

Nota-se que um dos desafios para o desenvolvimento de projetos de sistemas de drenagem urbana é a abordagem desses projetos que estão desatualizadas. Apesar da vasta experiência obtida por diversas instituições brasileiras, percebe-se que após todas as inundações registradas no mesmo período, o problema ainda persiste e continuam a ocorrer nos períodos críticos de chuva.

Há ausência de normas técnicas para o desenvolvimento de projetos de sistemas de drenagem urbana, principalmente de drenagem urbana sustentável. Não se encontram orientações e diretrizes fornecidas pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana do Recife quanto a iniciativas para se solucionar os problemas dos alagamentos. E assim, a “Impermeabilização das superfícies” tem como símbolo do desenvolvimento o asfalto que, muitas vezes, pode sacrificar a segurança em favor da economia na eficiência das obras.

Por não haver um programa que vise promover uma articulação das políticas de desenvolvimento urbano para o controle no processo de urbanização (ocupação do solo) e uma integração das ações do Plano Diretor em contemplar o uso do solo associado com gerenciamento sustentável da drenagem urbana.

Tem-se como consequência a drenagem tratada à parte, de forma isolada e pontual, sem considerar as bacias e o entorno urbano. E a solução apresentada é sempre a implantação de um canal. Muitas vezes, pouco eficiente uma vez que, a prática de uso da rede mista (pluvial, esgoto, lixo) resulta em contaminação e poluição dos recursos hídricos.

Outros aspectos a serem considerados como consequências são o crescimento não planejado e desordenado, as obstruções de canalização por resíduos sólidos, sedimentos e as frequentes inundações.

É preciso que haja uma gestão de planejamento urbano de infraestrutura e drenagem integradas associadas a normas reguladoras de projetos ambientalmente sustentáveis visando uma mudança de concepção para um manejo sustentável das águas urbanas com melhor conhecimento do comportamento hidrológico urbano para se aplicar as técnicas com mais eficiência.

Deste modo, observa-se que há suporte técnico disponível apontando soluções viáveis para o problema dos alagamentos. Mas, falta uma iniciativa mais contundente por parte da gestão da cidade do Recife para investir nessas medidas de modo definitivo e extensivo a todas as áreas que apresentam problemas de drenagem das águas pluviais associado a um planejamento de infraestrutura e drenagem integrados.

Infraestrutura de saneamento básico também inclui o sistema de drenagem das águas pluviais, portanto, se faz necessário um planejamento de infraestrutura e drenagem urbana integradas englobando toda a cidade evitando que se contemple apenas um caso isolado e pontual. A exemplo o caso da Rua Santo Elias no bairro do Espinheiro, uma solução não convencional (o Microrreservatório) que foi implementada de forma rápida e eficiente. Essa medida deveria ser investigada como modelo e de forma extensiva para todas as áreas que sofrem com alagamentos de vias na cidade do Recife, como é o caso da Estrada das Ubaias, nos bairros de Casa Forte e Casa Amarela.

É sabido que esse tipo de medida não convencional através das obras de canalização das águas pluviais provocam o aumento da velocidade dos escoamentos aumentando a vazão das águas nas jusantes, como evidencia Canholi (2005). E se faz necessário que as medidas não convencionais estejam associadas ao uso de medidas complementares, como retenção/ contenção e redução do volume de águas escoadas ao longo do percurso antes de chegar nas jusantes dos rios, como jardins de invernó, tetos jardins, pisos drenantes, evitar a ocupação desordenada nas encostas de rios (remoção de população ribeirinha), e a finalização do projeto Parque do Capibaribe (obra iniciada em 2015, que tem várias funções como conservar as encostas dos rios, preservar a biodiversidade, melhorar o microclima, área de contemplação, lazer, etc.).

Concluída essa reflexão final, pode-se considerar que os objetivos dessa pesquisa foram plenamente atingidos, bem como as hipóteses foram devidamente confirmadas.

APÊNDICE A
Formulário Aplicado Online
(Entre 20 de outubro e 08 de novembro de 2018)

AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM URBANA

Meu nome é Madalena Dias sou aluna da Faculdade Damas da Instituição Cristã do curso de Arquitetura e Urbanismo. Estou concluindo meu trabalho de graduação que objetiva avaliar as causas e as possíveis soluções para os alagamentos e reposição dos recursos hidrológicos (poços), na Estrada das Ubaías bairros de Cassa Forte e Casa Amarela. Você sabia que alagamento tem solução? Aqui em Recife há um caso bem sucedido de solução não convencional para a questão do alagamento de vias, situado na Rua Santo Elias, no bairro do Espinheiro. Por que não já foi implementada em outras áreas da cidade que tem problema semelhante como é o caso da Estrada das Ubaías?

Dê sua contribuição para essa pesquisa acadêmica pois, a informação pode ajudar nas nossas futuras conquistas.

*Obrigatório

1. 1. Tipos de Usuários da Estrada das Ubaías: Marque quantas quiser *

Marque todas que se aplicam.

- Mora
 Trabalha
 Frequenta
 Transeunte (Apenas passa pela rua)

2. 2. Endereço: Marque apenas uma *

Marcar apenas uma oval.

- Estrada das Ubaías, Cassa Forte
 Estrada das Ubaías, Cassa Amarela
 Rua Irmã Maria David
 Rua Dr. Genaro Guimarães
 Rua Raimundo Freixeira
 Estrada do Encanamento
 Rua Conselheiro Nabuco
 Outras Ruas do bairro de Casa Forte e Casa Amarela
 Outras Ruas de outros bairros da cidade

5. 5. Grau de Escolaridade: Marque apenas uma *

Marcar apenas uma oval.

- Não estudou
 Da 1° à 4° série do ensino fundamental (primário)
 Da 5° à 8° série do ensino fundamental (ginásio)
 Ensino médio (2° grau) incompleto
 Ensino médio (2° grau) completo
 Ensino superior incompleto
 Ensino superior completo

6. 6. Já vivenciou algum alagamento na Estrada das Ubaías: Marque apenas uma

Marcar apenas uma oval.

- Não
 Sim

3. 3. Sexo: Marque apenas uma *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
 Masculino
 Outros

4. 4. Faixa etária: *Marque apenas uma

Marcar apenas uma oval.

- até 16
 De 17-36
 De 37-50
 De 50-70
 Maior que 70

5. 5. Grau de Escolaridade: Marque apenas uma *

Marcar apenas uma oval.

- Não estudou
 Da 1° à 4° série do ensino fundamental (primário)
 Da 5° à 8° série do ensino fundamental (ginásio)
 Ensino médio (2° grau) incompleto
 Ensino médio (2° grau) completo
 Ensino superior incompleto
 Ensino superior completo

7. Se Sim quantos? Marque apenas uma

Marcar apenas uma oval.

- 1
 2
 3 ou mais

8. 8. Que transtornos lhe trouxe esses alagamentos: Marque quantas quiser

Marque todas que se aplicam.

- Perdeu um compromisso
 Quebrou o carro
 Caiu num bueiro
 Outro: _____

9. 9. O que você apontaria como causas para os alagamentos da Estrada das Ubaías? Marque quantas quiser *

Marque todas que se aplicam.

- Tipo de Asfalto
 Bueiros entupidos
 Falta de manutenção na limpeza dos bueiros
 Falta de lixeira
 Falta bueiros
 escoamento de águas pluviais (chuva) precário
 Outro: _____

10. Que fatores externos podem contribuir para os alagamentos da Estrada das Ubaías? Marque quantas quiser *

Marque todas que se aplicam.

- Resíduos nas margens e leitos dos rios
- Ausência de Políticas Públicas de drenagens (limpeza e escoamento de águas da chuva)
- Políticas Públicas de drenagens insuficientes (limpeza e escoamento de águas da chuva)
- Outro: _____

11. O nosso sistema de drenagem de águas pluviais (escoamento da água de chuva) é: Marque apenas uma *

Marcar apenas uma oval.

- Bom
- Razoável
- Péssimo

Exemplos de piso Drenante ou Intertravado, Teto Jardim e Cobograma para ajudar na próxima pergunta.



12. Há algumas soluções que podem contribuir para diminuir as causas dos alagamentos como o uso de Jardim térreo com solo natural, Teto Jardim, Pisos drenante ou intertravado ou cobograma (eles permitem a passagem de água para o solo). Em sua residência possui algum desses elementos? Marque apenas uma *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não
- Outro: _____

13. A prefeitura está colocando piso drenante (tipo de piso que permitem a passagem de água para o solo), nas calçadas em alguns pontos da cidade. Considerando que a via carroçável (onde passa os carros) tem maior extensão que as calçadas. Você acha que essa medida vai solucionar os alagamentos? Marque apenas uma *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não
- Não tem opinião sobre isso

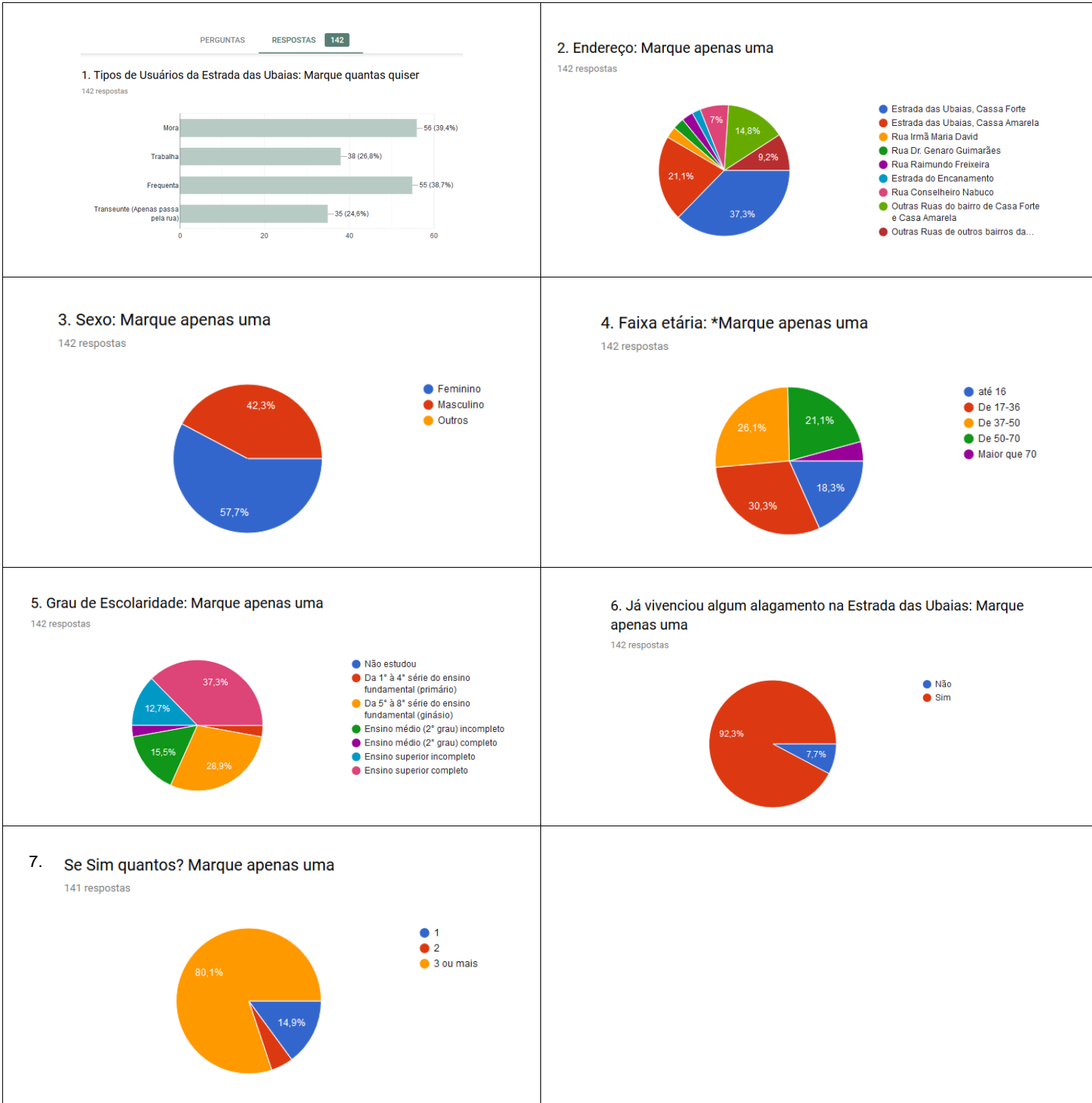
14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaías? *

Marcar apenas uma oval.

- Não
- Sim
- Outro: _____

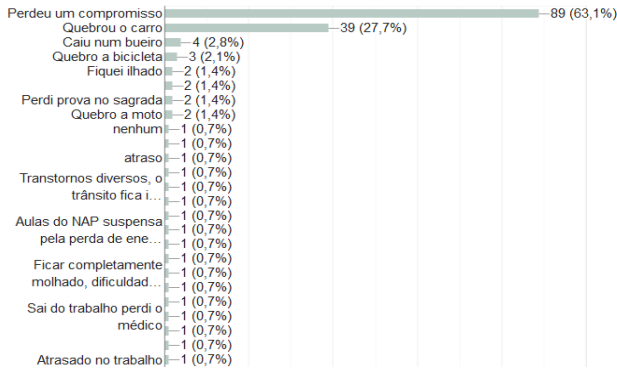
APÊNDICE B

Gráficos apresentados pela Pesquisa Online (Entre 20 de outubro e 08 de novembro de 2018)



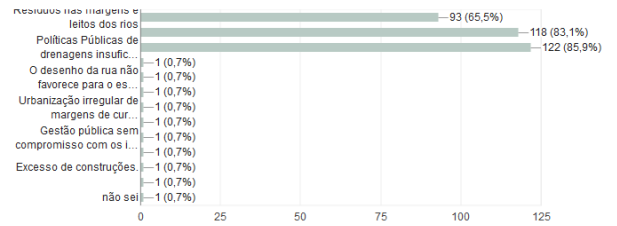
8. Que transtornos lhe trouxe esses alagamentos: Marque quantas quiser

141 respostas



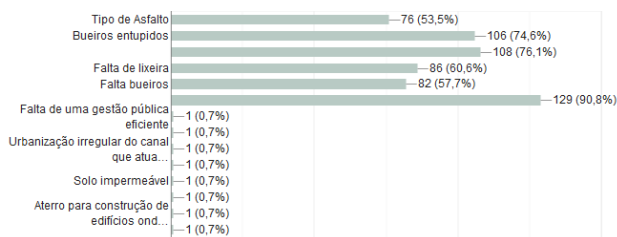
10. Que fatores externos podem contribuir para os alagamentos da Estrada das Ubaias? Marque quantas quiser

142 respostas



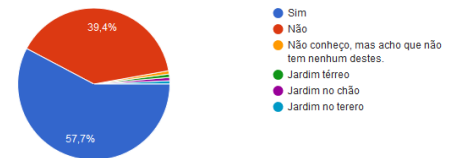
9. O que você apontaria como causas para os alagamentos da Estrada das Ubaias? Marque quantas quiser

142 respostas



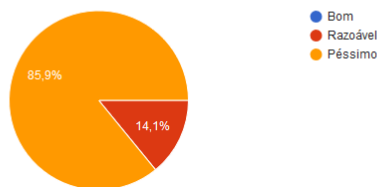
12. Há algumas soluções que podem contribuir para diminuir as causas dos alagamentos como o uso de Jardim térreo com solo natural, Teto Jardim, Pisos drenante ou intertravado ou cobograma (eles permitem a passagem de água para o solo). Em sua residência possui algum desses elementos? Marque apenas uma

142 respostas



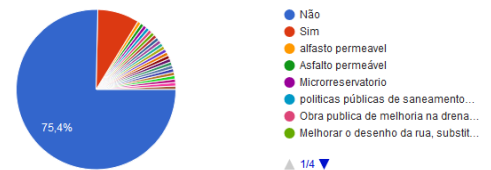
11. O nosso sistema de drenagem de águas pluviais (escoamento da água de chuva) é: Marque apenas uma

142 respostas



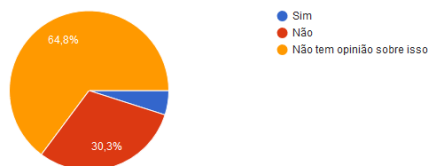
14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

142 respostas



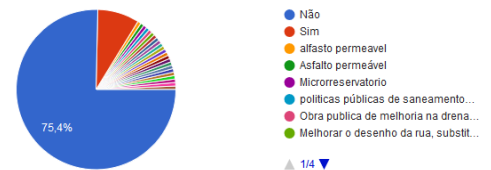
13. A prefeitura está colocando piso drenante (tipo de piso que permitem a passagem de água para o solo), nas calçadas em alguns pontos da cidade. Considerando que a via carroçável (onde passa os carros) tem maior extensão que as calçadas. Você acha que essa medida vai solucionar os alagamentos? Marque apenas uma

142 respostas




14. Você teria alguma sugestão para solucionar ou melhorar o alagamento da Estrada das Ubaias?

142 respostas



ANEXO A

Documento de solicitação para o DMU (Departamento de Manutenção Urbana) autorizar entrevista com o responsável pela Divisão de Projeto da EMLURB. (Data de entrada do protocolo 06 de março de 2018 para aguardar agendamento da entrevista)


**FACULDADE
DAMAS**

Ofício N° 04/2018 Secretaria

Recife, 23 de fevereiro de 2018

À DMU
Departamento de Manutenção Urbana - ENLURB

Assunto: **ACESSO A MATERIAL PARA PESQUISA**


Prezados Senhores,

Por meio deste apresentamos a aluna MADALENA FIGUEIRA DIAS, matrícula nº 162013220016, do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Damas da Instrução Cristã, regularmente matriculada e cursando o 9º período, no horário das 07h30 às 13h40, com a finalidade de solicitar o acesso da mesma, ao material necessário para a elaboração de Trabalho de Pesquisa Acadêmica.

Agradecemos antecipadamente a gentileza, atenção e colaboração no processo de desenvolvimento desta futura profissional.

Cordialmente,

Nara Regina A. da Fonseca
Nara Regina A. da Fonseca
Assistente de Secretaria
Mat. 1600213
Faculdade Damas

 **EMLURB**
Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana
Recebido em 06/03/18
09:18
Visto 30/04/18
Matricula

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Antônio Valdo de; LAFAYETTE, Fernandha Batista Gerson Batista Filho; SILVA, Pedro Oliveira da; VASCONCELOS, Ronald Fernando Albuquerque. **Manual de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais do Recife /** (Org). Recife: Prefeitura da Cidade do Recife/ Secretaria de Infraestrutura e Serviços Urbanos – SISUR/ Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana – EMLURB, 2016. 145p:il. ISBN:78-85-415-0892-6

ALENCAR, Antônio Valdo de; LAFAYETTE, Fernandha Batista Gerson Batista Filho; SILVA, Pedro Oliveira da; VASCONCELOS, Ronald Fernando Albuquerque. **Revisão Relatório do estudo de concepção e elaboração dos estudos de concepção para gestão e manejo de águas pluviais e drenagem urbana do recife – PDDR, (revisão R02, do Produto 04).** / (Org). Recife: Prefeitura da Cidade do Recife/ Secretaria de Infraestrutura e Serviços Urbanos – SISUR/ Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana – EMLURB, 2016. 145p:il. ISBN:78-85-415-0892-6

ALVES, E. M. **Medidas não-estruturais na prevenção de enchentes em bacias urbanas: cenários para a bacia do Gregório. São Carlos, SP.** 2005. 149 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Disponível em: <www.leg.ufpi.br/subsiteFiles/mestambiente/arquivos/files/Dissertacao_JM_completa.pdf > Acesso em: 27 de julho de 2018. p.2, p.3, p.4.

BAPTISTA, Márcio Benedito et al. **Águas pluviais: técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: guia do profissional em treinamento: nível 2 e 3.** Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: RECESA, 2007.

BENINI, Rubens de Miranda; MENDIONDO, Eduardo Mário. **Urbanização e Impactos no Ciclo Hidrológico na Bacia do Mineirinho. Floresta e Ambiente, 2015.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v22n2/2179-8087-floram-22-2-211.pdf>>. Acesso em setembro de 2018.

BERNADES, Luciana; BOSCOLI, M. A. Baccaro. **Estratégias de urbanismo sustentável para loteamento urbano.** Encontro Nacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Presidente Prudente, 19 a 22 de outubro, 2015, p. 245 a 252.

BIGARELLA, J.J. & SUGUIO, K. (1990) **Ambientes Fluviais.** Editora da UFSC: Editora da Universidade Federal do Paraná, Florianópolis, 2.ed., apud FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luis. **ALTERAÇÕES NO CICLO HIDROLÓGICO EM ÁREAS URBANAS: cidade, hidrologia e impactos no ambiente.** Ateliê Geográfico, Goiânia-GO, v.5, n.3 dez/2011, p239 -254, p.239

BRITO, Fausto. **O deslocamento da população brasileira para as metrópoles.** Estudos Avançados 20 (57), 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v20n57/a17v2057.pdf>>. Acesso em 09 de setembro de 2018.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARVALHO, A.; SILVA, O. **Efeitos do revestimento de canal e impermeabilização do solo à dinâmica de inundação do rio Arrombados – PE**. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 36, n. 1, p. 76-88, 2017

COMISSÃO EUROPEIA. **Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos**. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2012.

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável: desenho urbano com a natureza. Porto Alegre; Bookman**, 2013. Capítulo 2.

FERNANDES, Maria de Lurdes Flores; RAMOS, Marilene; TOLENTINO, Marcella; FOFONKA, Luciana. **Impermeabilização excessiva do solo: impactos ambientais negativos** Disponível em:

<<http://www.revistaeea.org/pf.php?idartigo=1886>> Acesso em: 03 de outubro de 2018.

FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luis. **Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente**. Ateliê Geográfico, Goiânia-GO, v.5, n.3 dez/2011, p239 -254.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO (FUNDAJ). **Casa Amarela. Bairro Recife**, 2009 a. Disponível em:

<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/index.php?option=com_content&view=article&id=574>. Acesso em 10 de setembro de 2017.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO (FUNDAJ). **Casa Forte. Bairro Recife**, 2009b. Disponível em:

<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/index.php?option=com_content&view=article&id=572>. Acesso em 10 de setembro de 2017

GOVERNO FEDERAL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Ciclo hidrológico**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>> Acesso em: 21 de agosto de 2018.

GOVERNO FEDERAL. MINISTÉRIO DAS CIDADES – Global Water Partnership - World Bank – Unesc. **Gestão de águas pluviais urbanas**, 2005.

GOVERNO FEDERAL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. SQA. – Brasília: MMA, 2006.

GOVERNO FEDERAL. IBGE (**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**). Disponível em:

< <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/habitacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=series-historicas>> Acesso em: 29/10/18.

GUERRA, A.J.T. & MENDONÇA, J.K.S. (2010) *Erosão dos Solos e a Questão Ambiental*. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (orgs). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed.

JÚNIOR, Valdevino José dos Santos; SANTOS, Carolina Oliveira. **A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas**. Estação Científica (UNIFAP), Macapá, v.3 n.1 p.19-30, jan. – jun.. 2013.

JUSTINO, Eliane Aparecida; PAULA, Heber Martins de; PAIVA, Ed Carlo Rosa. ISSN: 1519-7816 vol. 13 nº 2 jul/dez. 2011. páginas: 16 – 38. UFG-CAC | **ANÁLISE DO EFEITO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS URBANOS NA DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG** - Espaço em Revista 2011. Disponível em:
< <https://www.revistas.ufg.br/espaco/article/download/16884/10333>> Acesso em 30 de setembro de 2018. P.17

LIMA, João Macêdo Jr; LOPES, Wilza Gomes Reis. **Relação entre aumento de áreas impermeáveis e inundações urbanas: Estudo na cidade de Teresina, Piauí**. 2015. Disponível em:
<http://www.leg.ufpi.br/subsiteFiles/mestambiente/arquivos/files/Dissertacao_JM_completa.pdf. > Acesso em: 06 de julho de 2018.

LIMA, João Macêdo Júnior. **CIDADE, SOLO URBANO E DRENAGEM: ABORDAGEM SOBRE AS INUNDAÇÕES EM ÁREA DA ZONA LESTE DA CIDADE DE TERESINA, PIAUÍ**. 2011. P.34. Disponível em:
<file:///C:/Users/Lena/Desktop/PESQUISAS%20T.G/Dissertacao_JM_completa.pdf > Acesso em: 12 de outubro de 2018.

LOPES, L.R. et al (2007) *Interceptação e Ciclagem de Nutrientes em Floresta de Encosta na Amazônia Central*. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro Oeste. Anais. Disponível em acesso em: 17 de novembro de 2010, apud apud FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luís. **Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente**. Ateliê Geográfico, Goiânia-GO, v.5, n. 3dez/2011, p239 -254, p.239.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MONTERO, T. V.; ALVES, M. C.; LAMIM-GUEDES, V. **Ciclo hidrológico em áreas urbanas**. Educação Ambiental em Ação, v. 56, 2016. Disponível em:
<<http://www.revistaeea.org/pf.php?idartigo=2330>>. Acesso em 09 de setembro de 2018.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MOTA, Erika (coord.), Soluções para a cidade. **Projeto Técnico: Iniciativas Inspiradoras, ASBCP (Associação brasileira de cimentos Portland), Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, Soluções para a cidade**, Recife, [2007? a]. Disponível em: <

saneamento-controle-de-inundacoes-programa-ruas-verdes-de-portland-eua.html>
Acesso em: 02 de setembro de 2018.

MOTA, Erika (coord.), Soluções para a cidade. **Projeto Técnico: Jardins de Chuva, ASBCP (Associação brasileira de cimentos Portland), Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, Soluções para a cidade**, Recife, [2007?b]. Disponível em:

< http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf > Acesso em: 02 de setembro de 2018.

MOTA, Erika (coord.), Soluções para a cidade. **Projeto Técnico: Pavimento Permeável, ASBCP (Associação brasileira de cimentos Portland), Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, Soluções para a cidade**, Recife, [2007?c]. Disponível em: < http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf > Acesso em: 02 de setembro de 2018.

MOTA, Erika (coord.), Soluções para a cidade. **Projeto Técnico: Microrreservatório, ASBCP (Associação brasileira de cimentos Portland), Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, Soluções para a cidade**, Recife, [2007?d]. Disponível em:

<http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Microreservat%C3%B3rios_web.pdf > Acesso em: 02 de setembro de 2018.

Paz, Adriano Rolim da. **HIDROLOGIA APLICADA. TEXTO BÁSICO- Disciplina Ministrada na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, para o curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia na unidade de Caxias do Sul**, Setembro/2004, p.2-4.

PREFEITURA DO RECIFE. EMLURB. ABF. **Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Recife** (PDDR). Recife, 2015.

PREFEITURA DO RECIFE. **Perfil dos Bairros**. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/perfil-dos-bairros>> Acesso em: 29/10/18.

PNUD. PREFEITURA DO RECIFE. **Desenvolvimento Humano no Recife: atlas municipal. Recife, 2005**. Disponível em:

<<https://esigportal.recife.pe.gov.br/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=17a5f2738ff54c6881efca6cf9fac3d6> > Acesso em: 29 de outubro de 2018.

REIS, Nestor Goulart Filho. **Contribuição ao Estudo da Evolução Urbana no Brasil. (1500/1720)**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1968.

ROSA, R; MESSIAS, R; AMBROZINI, B. **Ciclos Biogeoquímicos e Desenvolvimento Sustentável**. Instituto de Química de São Carlos – USP, São Carlos, 2003.

SANTOS, J. e SANTOS. **A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas**. Estação Científica (UNIFAP), Macapá, v.3 n.1, p. 19-30, jan-jun, 2013. Apud MOTA 2008. Disponível em:

<<https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/download/.../valdevinov3n1.pdf>>
> Acesso em: 02/08/18

SANTOS, M. **Hidrologia – escoamento superficial**, FINOM, 2013

Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/marciotecsoma/hidrologia-escoamento-superficial-23627791>>. Acesso em: 03 de setembro de 2018.

TUCCI, Carlos E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. In: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. V.7 n.1. Jan/Mar. 5-27, 2002.

TUCCI, Carlos E. M. *Águas Urbanas*. In: TUCCI, C.E.M. & BERTONI, J.C. (orgs.) **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1.ed., 2003, p.11 a 36.

TUCCI, C. e MENDES C. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf>.

TUCCI, Carlos E. M e ANDRÉ MENDES. **Elementos para o controle da drenagem urbana**. Disponível em: www.semarnh.se.gov.br. Acesso em 02 de janeiro de 2015. p.1-10.

TUCCI, Carlos E. M. **Aspectos Institucionais no Controle de Inundações**. I Seminário de Recursos Hídricos do Centro-Oeste. Brasília, 1999 Anais do I Seminário de Recursos Brasília, 2009.

TUCCI, Carlos E. M.; COLLISCHONN, W. *Drenagem urbana e controle de erosão* In: Carlos E. M. Tucci; David da Motta Marques. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre, RS: EDUFRGS, 2000.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: ABRH, EDUSP, 1993

TUCCI, Carlos E. M. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

TUCCI, Carlos E. M. **Coeficiente de escoamento e vazão máxima das bacias urbanas**. Porto Alegre: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, n.1, p.61-68, jan/mar, 2000.

VASCONCELOS, Ronald F. A. (coord.). **Elaboração dos estudos de concepção para gestão e manejo de águas pluviais e drenagem urbana do Recife**. Relatório de concepção (Estudo de alternativas e complementares). Paulista (PE), 2016.

VAREJÃO-SILVA, M.A. (2006) *Meteorologia e Climatologia*. Versão Digital, Recife. 2.ed., apud FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luis. **ALTERAÇÕES NO CICLO**

HIDROLÓGICO EM ÁREAS URBANAS: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. Ateliê Geográfico, Goiânia-GO, v.5, n.3 dez/2011, p.239 -254, p.239.
2011, p.239 -254, p.239