ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

ESTUDO PARA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA EM MESQUITA, RJ

ARGÔLO, Ana Luzia Leandro
(ana.argolo@fau.ufrj.br)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

OKUMURA, Celí Kiyomi
(celi.okumura@fau.ufrj.br)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

VERÓL, Aline Pires
(alineverol@fau.ufrj.br)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

PALAVRAS-CHAVE:

Tipologias arquitetônicas, lotes residenciais, técnicas compensatórias em drenagem urbana, desenvolvimento de baixo impacto hidrológico.

RESUMO

Com o crescimento populacional e a urbanização de territórios, o ciclo da água vem sofrendo alterações que acarretam problemas de cheias e ameaçam a saúde pública. No município de Mesquita, localizado na Baixada Fluminense do Rio de Janeiro, observa-se que o somatório de fatores, como a impermeabilização do solo, a poluição dos rios que atravessam a área urbana e a ocupação irregular, acaba por trazer aspectos negativos ao território urbanizado, com inundações recorrentes. Assim, este trabalho visa estudar tipologias arquitetônicas e de lote, de acordo com a legislação urbanística vigente, com objetivo de avaliar a adequação de uso de diversas técnicas compensatórias em drenagem urbana sustentável com vistas a uma futura reorganização de geração de escoamentos na bacia do Rio Dona Eugênia, que corta a área urbana de Mesquita. O processo metodológico consistiu na realização da revisão bibliográfica acerca do tema de medidas de controle de água na fonte e o estudo da legislação urbanística da área de estudo; definição do recorte de estudo com base na análise do Município e suas diversas macrozonas; levantamento dos tipos de lotes residenciais unifamiliares e multifamiliares, considerando taxas de permeabilidade, impermeabilidade e área edificada; análise das distintas tipologias arquitetônicas; identificação das tipologias arquitetônicas de maior recorrência; definição das técnicas compensatórias a serem utilizadas no estudo; elaboração de diretrizes projetuais para aplicação de técnicas compensatórias nos lotes, em edificações existentes e novas edificações. A intenção deste trabalho é a de enriquecer os estudos referentes a medidas compensatórias e de mitigação de cheias a nível de lote entendendo que, apesar de cada lote ter uma especificidade, é possível trabalhar com parâmetros que sejam aplicáveis a um grupo de tipologias. Com isso, pretende-se fomentar a discussão relacionada à potencialidade de aplicação e o impacto destas medidas a nível do lote em relação ao território.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e a urbanização de territórios, o ciclo da água vem sofrendo alterações que acarretam problemas de cheias e ameaçam a saúde pública (Miguez *et al.,* 2016). Observa-se que o somatório de fatores como a impermeabilização do solo, a poluição dos rios que atravessam a área urbana e a ocupação irregular, acaba por trazer aspectos negativos ao território urbanizado, com inundações recorrentes (Veról *et al.,* 2020).

A urbanização impacta diretamente nos percentuais de permeabilidade do solo, acarretando a modificação de processos naturais como a evapotranspiração, a infiltração de água no solo e o escoamento superficial (*runoff*), sendo este último o mais afetado, com um incremento de até 45% para superfícies que apresentam de 75 a 100% de taxa de impermeabilidade (Tomkin e Theis (2015). Com a necessidade de reduzir estes impactos, foram desenvolvidos novos conceitos, que atuam na macro escala, visando reduzir o impacto causado por enchentes (Melbourne Water, 2017). Podem ser destacados os seguintes:

Desenho Urbano Sensível a Água (*Water Sensitive Urban Design – WSUD),* que trata do planejamento e do desenho urbano priorizando o manejo sustentável, a qualidade e a conservação da água;

Desenvolvimento de Baixo Impacto *(Low Impact Development – LID),* que busca uma redução no custo do manejo de águas ao projetar soluções integradas a natureza;

Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável *(Sustainable Urban Drainage Systems),* que consiste no uso de diferentes tecnologias que recuperam parte da permeabilidade original do solo para drenar água pluvial, inclusive podendo aumentar a qualidade da água (Fletcher *et al.,* 2015);

Técnicas compensatórias em drenagem urbana, que surge para mitigar os problemas relacionados à redução da permeabilidade do solo, atuando em escalas menores e com base no conceito dos Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (Baptista et al., 2005).

Por outro lado, na microescala, compreendendo a edificação como uma célula básica da urbanização (Veról *et al.,* 2019), é possível aplicar medidas que atuam na reserva, na detenção, na infiltração do escoamento da água pluvial e na redução da velocidade do escoamento, na escala do lote, como aquelas apresentadas na Figura 1.

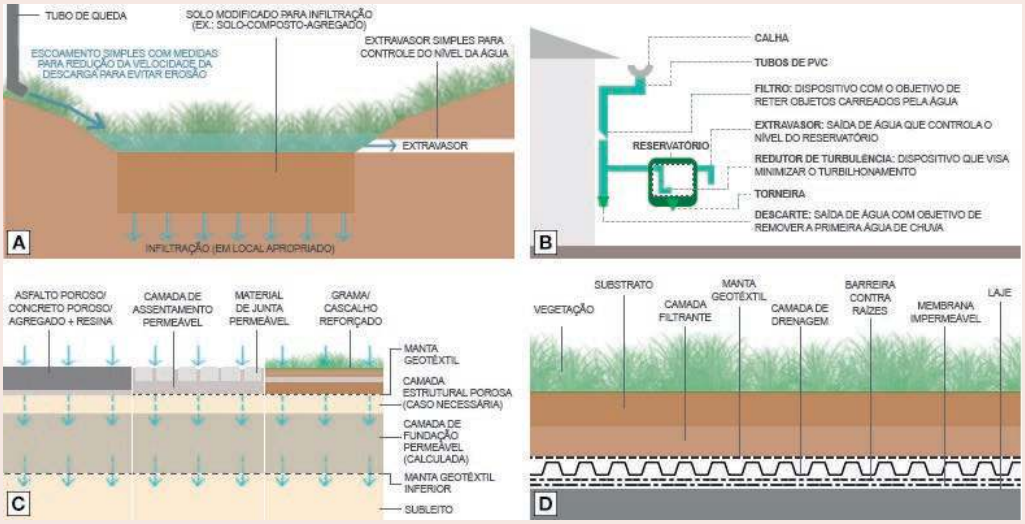


Figura 1. Jardim de chuva (A), Reservatório de lote (B), Piso permeável (C) e Telhado verde (D).

Fonte: Adaptado e traduzido pelas autoras de Woods, B. B. *et al.* (2015).

A intenção deste trabalho é a de enriquecer os estudos referentes ao uso de medidas compensatórias e de mitigação de cheias, na microescala, entendendo que, apesar da especificidade de cada conjunto de lote e edificação, é possível trabalhar com parâmetros que sejam aplicáveis a um grupo de tipologias. Com isso, pretende-se fomentar a discussão relacionada à potencialidade de aplicação e o impacto destas medidas na escala do lote em relação ao território.

Como caso de estudo, será utilizado um recorte na área urbana de Mesquita, na Bacia do Rio Dona Eugênia, na Baixada Fluminense (RJ), uma região que sofre com alagamentos constantes, e que já foi objeto de estudo de pesquisas pregressas (Veról, A. P. *et al.* 2020; Veról e Miguez 2019).

2. OBJETIVOS

Este trabalho visa estudar tipologias arquitetônicas e sua respectiva implantação no lote, para identificar a potencial aplicação de técnicas compensatórias em drenagem urbana na escala do lote, objetivando, portanto, uma futura reorganização de geração de escoamentos na bacia da área de estudo selecionada.

3. MÉTODO

O método adotado neste trabalho pode ser descrito conforme os tópicos apresentados a seguir:

1. Realização da revisão bibliográfica acerca do tema de medidas de controle de água na fonte e o estudo da legislação urbanística da área de estudo (Município de Mesquita, RJ).

2. Definição do recorte de estudo com base na análise do Município e suas diversas macrozonas.
3. Levantamento dos tipos de lotes residenciais unifamiliares e multifamiliares, considerando taxas de permeabilidade, impermeabilidade e área edificada, para análise de percentuais de ocupação e área livre.
4. Análise das distintas tipologias arquitetônicas, considerando a configuração dos pavimentos e o tipo de cobertura.
5. Identificação das tipologias arquitetônicas de maior recorrência, buscando agrupá-las pelo tipo de cobertura e de implantação no lote.
6. Definição das técnicas compensatórias a serem utilizadas no estudo.
7. Elaboração de diretrizes projetuais para aplicação de técnicas compensatórias nos lotes, em edificações existentes e novas edificações.

4. RESULTADOS

4.1 CASO DE ESTUDO

O caso de estudo está localizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, no Município de Mesquita. A escolha deste local para análise e aplicação das técnicas compensatórias em drenagem urbana se deu pelo histórico de alagamentos presentes na região e a existência de diversos trabalhos pregressos com foco na mitigação de cheias (Veról et al., 2020; Veról e Miguez, 2019; Lourenço *et al.*, 2016).

Parte do município está contido na Bacia do Rio Dona Eugênia, sub-bacia do Rio Sarapuí, que tem como principais características a existência de duas áreas distintas: a urbanizada e a vegetada, além do fato de ser cortada por uma ferrovia e por uma rodovia (Figura 2). O Rio Dona Eugênia corta a área urbana de Mesquita e deságua no Rio Sarapuí, que funciona como limite entre municípios. Como área de atuação para esta pesquisa, foi considerada apenas a região urbanizada dentro da bacia do Rio Dona Eugênia.

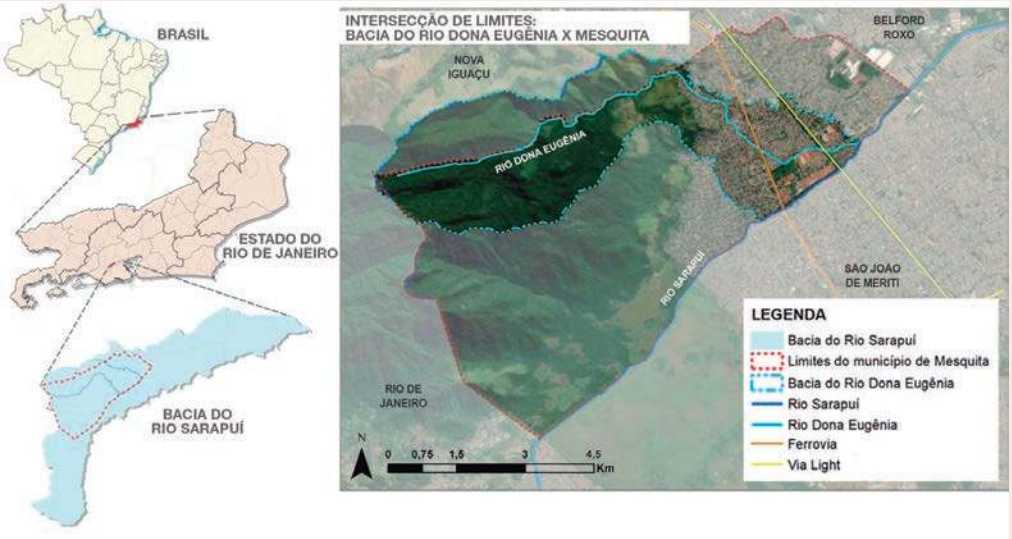


Figura 2. Localização do caso de estudo – Bacia do Rio Dona Eugênia (Mesquita, RJ).

4.2 LEGISLAÇÃO E LEVANTAMENTO DE DADOS

Tendo como base a Lei complementar nº15/2011 (Mesquita, 2011), observou-se a presença de três macrozonas no município: Ocupação Urbana, Ocupação Rural e Proteção Ambiental. Como o foco era a área urbanizada de Mesquita, a análise inicial indicou quatro possíveis zonas de interesse: Área de Ocupação Prioritária 1 (AOP1), Área de Ocupação Prioritária 2 (AOP2), Área de Adensamento Controlado (AAC) e Área de Restrição ao Adensamento (ARA).

Considerando o interesse, nesta pesquisa, em analisar edificações unifamiliares e multifamiliares, a AOP2 foi desconsiderada, por se tratar de área industrial. Portanto, o estudo teve como base a análise das zonas AOP1, AAC e ARA. É importante salientar que a legislação apresenta informações sobre compatibilização de usos e atividades: na AOP1, localizada no centro, é aceitável a presença de edificações multifamiliares e é tolerável a construção de edificações unifamiliares; na AAC é aceitável as duas formas de habitação; e na ARA, é aceitável a construção de edificações unifamiliares e tolerável a presença de edificações multifamiliares.

Na etapa seguinte da análise do território foi definido que, para cada zona apresentada, seriam analisados dez lotes com edificação unifamiliar e dez lotes com edificação multifamiliar. Como na área de restrição ao adensamento não foi possível encontrar edificações multifamiliares, o estudo contou com 50 lotes levantados no total. Após prévia identificação das diferentes tipologias arquitetônicas e implantação destas nos lotes, realizou-se o mapeamento das edificações unifamiliares e multifamiliares nas zonas citadas anteriormente.

Na Figura 3 é possível observar as zonas de ocupação urbana, conforme delimitado na legislação de Mesquita, e a localização das edificações escolhidas. A partir do uso da ferramenta de geolocalização do *Google,* foi possível realizar a medição dos lotes correspondentes.

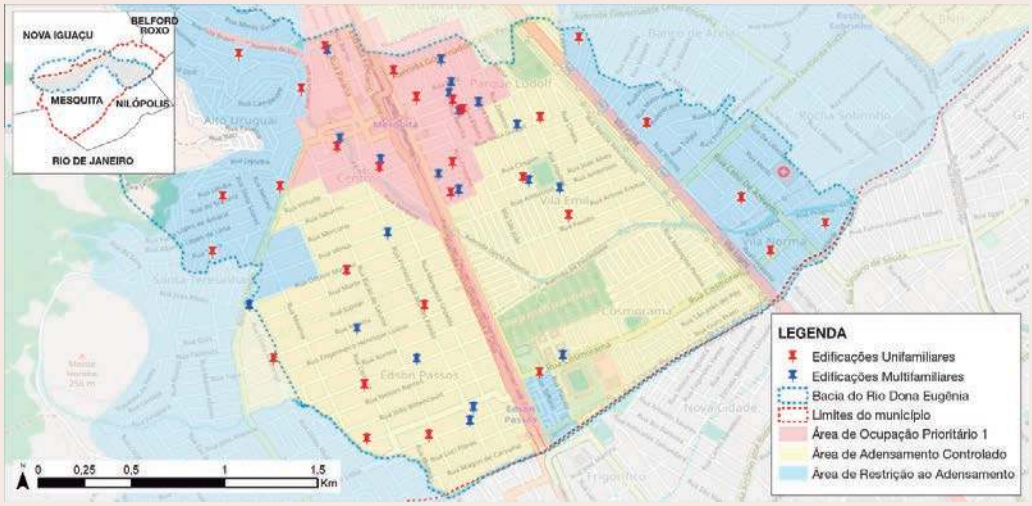


Figura 3. Mapeamento de edificações unifamiliares e multifamiliares nas zonas de interesse.

O levantamento levou em consideração a área do terreno, a área edificada, a área livre impermeável e permeável e suas respectivas porcentagens. De posse dessas informações, foi possível gerar uma tabela de comparação entre as três zonas analisadas, relativa à porcentagem de impermeabilidade e de permeabilidade da área não edificada do lote em questão (Tabela 1).

Utilizando os dados coletados, foi feita uma análise dessas informações por meio dos valores máximo, mínimo, médio e mediana tanto para a área impermeável quanto para a permeável, coletadas para ambas as formas de morar. É possível observar, no caso do residencial unifamiliar, valores de permeabilidade aumentando com o afastamento da zona central AOP1 e uma estabilidade dos valores de impermeabilidade. Já no caso do residencial multifamiliar, observa-se a grande quantidade de lotes com 100% de ocupação, refletindo na redução das taxas de impermeabilidade na zona AAC, ocasionando uma redução das taxas de permeabilidade.

RESIDENCIAL UNIFAMILIAR									
Zona	Dados	Impermeabilidade (%) *				Permeabilidade (%)			
		Máxima	Mínima	Média	Mediana	Máxima	Mínima	Média	Mediana
AOP1	10	58,23%	26,42%	38,89%	35,97%	16,76%	0,00%	3,96%	0,00%
AAC	10	46,17%	0,00%	28,99%	29,94%	30,86%	0,00%	6,92%	1,56%
ARA	10	63,80%	8,00%	37,53%	40,53%	51,10%	0,00%	11,50%	3,18%
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR									
Zona	Dados	Impermeabilidade (%) *				Permeabilidade (%)			
		Máxima	Mínima	Média	Mediana	Máxima	Mínima	Média	Mediana
AOP1	10	54,06%	0,00%	16,83%	11,89%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AAC	10	48,25%	0,00%	10,85%	0,00%	3,59%	0,00%	0,36%	0,00%
ARA	0	-	-	-	-	-	-	-	-

* A taxa de impermeabilidade corresponde à área livre impermeável.

Tratando dos lotes unifamiliares, em muitos casos, o que ocorre nas zonas AAC e ARA, é a existência de um terreno grande, apenas com metade da ocupação, onde alguns moradores impermeabilizaram o espaço livre e outros mantiveram a vegetação natural.

Já no caso dos lotes multifamiliares, o levantamento apontou que apenas uma edificação apresentou valor de área permeável, sendo importante citar que a taxa de permeabilidade mínima para as três zonas é de 20%, independentemente do tipo de construção. Da mesma forma, vale ressaltar que a legislação atual é relativamente nova (2011) e que muitas residências foram construídas em período anterior ao início de sua vigência.

Um segundo levantamento foi realizado para identificar as tipologias arquitetônicas com maior recorrência, considerando o sistema de cobertura das edificações. Esta análise foi pensada visando a possível aplicação da técnica de telhado verde nas coberturas. Após a análise das 50 edificações, foi possível identificar seis tipos distintos de cobertura, sendo quatro tipos da arquitetura unifamiliar e dois tipos da arquitetura multifamiliar. A Figura 4 apresenta os croquis destas tipologias, sendo possível observar que, apesar do sistema de cobertura das edificações multifamiliares estarem separadas, elas seguem o mesmo modelo de dois sistemas presentes nas edificações unifamiliares, referente aos tipos T1/T4 e T5/T6, respectivamente.

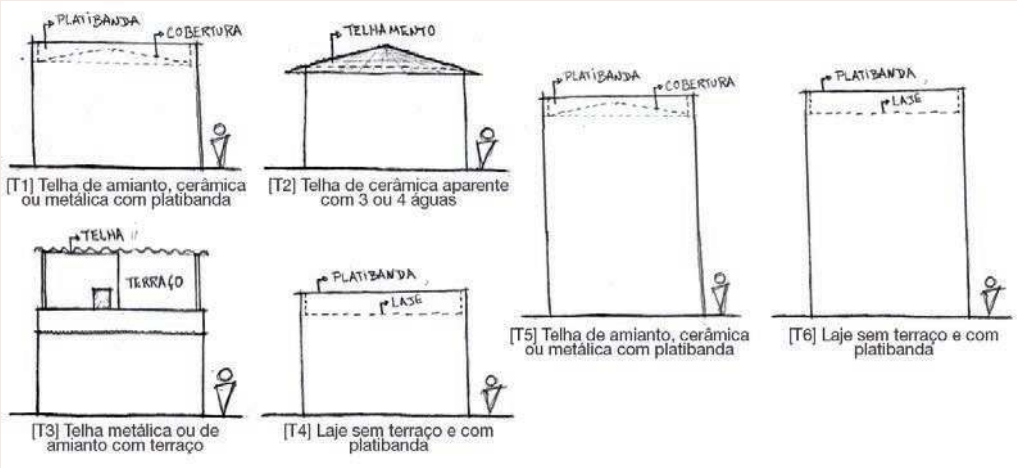


Figura 4. Sistemas de cobertura de maior recorrência no recorte de estudo.

4.3 APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA EM LOTES HIPOTÉTICOS

Considerando o levantamento feito na etapa anterior e a legislação vigente na área de estudo, foram desenvolvidos três lotes hipotéticos por zona para a aplicação das técnicas compensatórias em drenagem urbana, apresentados por meio de croquis da implantação e corte esquemático nas Figuras 5, para lotes unifamiliares, e Figura 6, para lotes multifamiliares.

Tratando dos lotes unifamiliares hipotéticos, para a zona AOP1, foram consideradas três tipos de implantação, com as coberturas captando água e armazenando

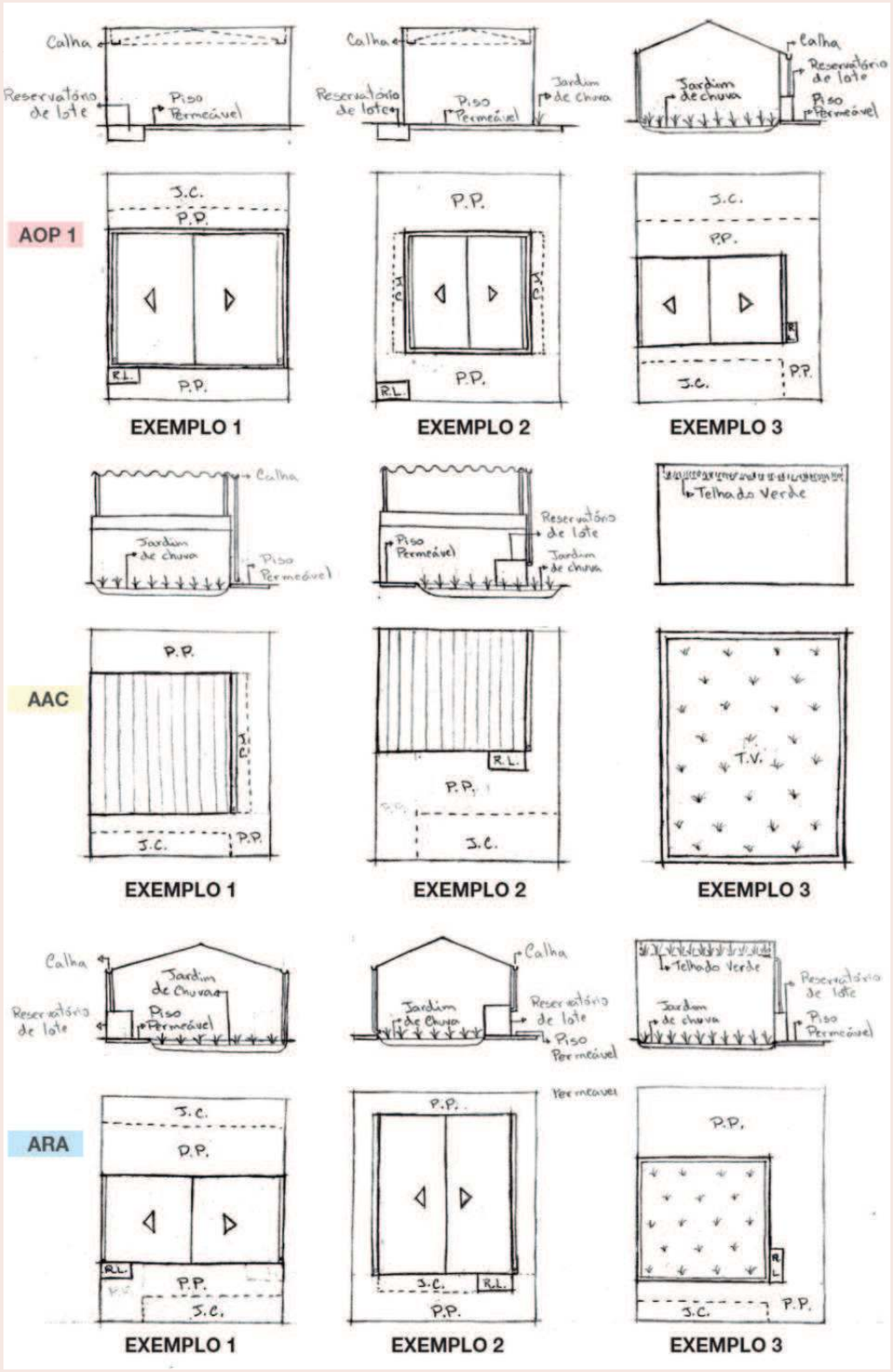


Figura 5. Planta e vista esquemáticas de implantação de tipologias arquitetônicas em lotes unifamiliares hipotéticos.

Já considerando as tipologias arquitetônicas em lotes multifamiliares hipotéticos, na zona AOP1 tem-se o exemplo 1 com 100% de ocupação do lote e a aplicação de

telhado verde. Em sequência, o exemplo 2 apresenta um lote com edificação que utiliza o térreo como garagem tendo a aplicação de piso permeável onde os automóveis transitam (área descoberta), e também apresentando captação de água de chuva no telhado com seu armazenamento no reservatório do térreo. Já o exemplo 3 possui todas as técnicas apresentadas neste estudo, considerando a possibilidade de o reservatório no térreo armazenar a água retida pelas outras técnicas.

Por fim tem-se o exemplo da zona AAC, onde a grande maioria das edificações estudadas ocupam 100% do lote. Assim, o exemplo 1 apresenta a possibilidade de posicionamento de reservatório de lote no térreo, considerando uma garagem ou área livre similar. O exemplo 2 difere deste, ao incluir telhado verde como técnica compensatória, além do reservatório. Já o exemplo 3, com menor ocupação, trabalha com todas as técnicas, sendo a área definida para o jardim de chuva menor considerando a utilização do térreo como garagem.

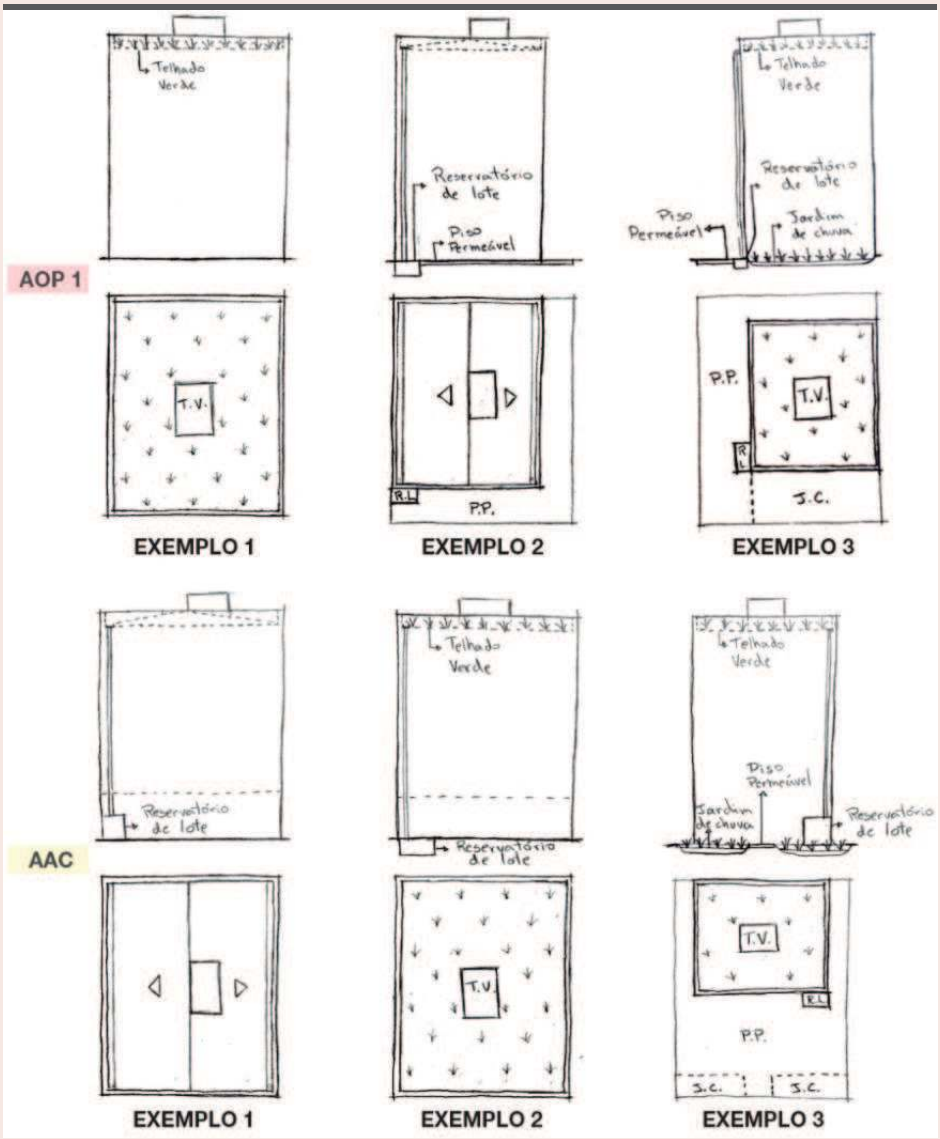


Figura 6. Planta e vista esquemáticas de implantação de tipologias arquitetônicas em lotes multifamiliares hipotéticos.

4.4 SUGESTÕES E DIRETRIZES

Após este estudo, foram formuladas algumas diretrizes gerais para o município de Mesquita, tendo como base as tipologias arquitetônicas e os lotes estudados, visando o mínimo de intervenção nos mesmos, tendo em vista que estas mudanças possuem um custo associado. São elas:

- Os telhados verdes podem ser implementados em tipologias de laje com platibanda. Para aplicação em outras coberturas, deve-se considerar os custos adicionais;
- Os reservatórios de lote podem ser aplicados em todas as tipologias arquitetônicas e de lote, observando-se apenas o espaço para seu posicionamento;
- Os reservatórios enterrados podem ser aplicados em áreas permeáveis ou, então, em áreas impermeáveis, desde que seja possível a remoção do pavimento existente;
- Para os jardins de chuva, deve-se considerar sua aplicação sobretudo em áreas permeáveis; em áreas impermeáveis deve-se considerar a retirada do pavimento existente, para que seja possível preparar o solo para receber a técnica compensatória corretamente;
- Por fim, no caso de pisos permeáveis, é possível sua aplicação em diferentes áreas, desde que o projeto preveja corretamente as camadas inferiores, que permitirão a infiltração, para não danificar a estrutura da edificação; é preciso, ainda, considerar a viabilidade da retirada de pavimento.

Ao considerar que Mesquita ainda possui alguns lotes não ocupados e áreas em processo de urbanização, visando um desenvolvimento mais sustentável e atentando para a manutenção da permeabilidade do solo, sugere-se, para novas edificações:

- A aplicação de telhados verdes, flexibilizando a técnica ao considerá-la desde a etapa de projeto de arquitetura e de cálculo estrutural;
- A utilização de piso permeável para áreas de acesso, passagem e estacionamento;
- A inclusão de reservatório de lote enterrado para reserva temporária do volume de águas pluviais captado no lote;
- A preservação da vegetação existente, visando a manutenção da permeabilidade no lote, sempre que possível;
- A aplicação de jardins de chuva, auxiliando na reservação de águas pluviais, na estética paisagística e no microclima;
- A elevação do pavimento térreo com a utilização de laje suspensa em relação ao terreno em edificações unifamiliares, e de pilotis em edificações multifamiliares, produzindo uma edificação resiliente às cheias.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo estudar tipologias arquitetônicas e sua respectiva implantação no lote para identificar a potencial aplicação de técnicas compensatórias em drenagem urbana na área urbana de Mesquita, Estado do Rio de Janeiro. Após a realização da pesquisa, foi possível estabelecer diretrizes gerais para implantação de tais técnicas no município estudado, buscando o mínimo de intervenção possível e observando em que casos há aumento de custo pelas particularidades de cada projeto. Tendo em vista a existência de lotes vazios na região, identificou-se também a potencialidade para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos sustentáveis.

Ressalta-se a importância do entendimento destas aplicações como algo benéfico a longo prazo, considerando que se trata de medidas de prevenção e, portanto, investimentos para o futuro. Nesse sentido, há a necessidade de conscientização ambiental da população, buscando adesão à implementação de tais técnicas. A possibilidade de incentivo fiscal pode também ser considerada pelo poder público como forma de facilitar esta adesão.

Cabe mencionar que a pandemia por COVID-19 foi um fator limitante para o estudo, porque dificultou o levantamento de informações e a consulta às legislações anteriores de forma presencial.

Por fim, como próximos passos, pretende-se realizar o estudo de tipologias arquitetônicas e das configurações nos lotes de edificações não-residenciais para aplicação de técnicas compensatórias em drenagem urbana; e a análise, por meio de modelagem matemática do território, considerando o percentual de 20% de permeabilidade apresentado na legislação, para avaliar se o valor é suficiente para redução significativa das lâminas de alagamento na Bacia do Rio Dona Eugênia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baptista, M.; Nascimento, N.; Barraud, S. (2005). Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH. 266p.

Fletcher, T. D.; Shuster, W.; Hunt W. F.; Ashley, R.; Butler, D.; Arthur, S.; Trowsdale, S.; Barraud, S.; Semadeni-Davies, A.; Bertrand-Krajewski, J.; Mikkelsen, P. S.; Rivard, G.; Uhl, M.; Dagenais, D.; Viklander, M. (2015) SUDS, LID, BMPs, WSUD and more –The evolution and application of terminology surrounding urban drainage, Urban Water Journal, 525-542.

Lourenço, I.B.; Veról, A. P.; Miguez, M.G.; Britto, A.L.N.P. (2016). Rios Urbanos e Paisagens Multifuncionais: Estudo de Caso Rio Dona Eugênia. Paisagem e Ambiente, v. 36, p. 91-115.

MELBOURNE WATER. Introduction to WSUD. (2017). Disponível em: https://melbournewater.com.au/building-and-works/stormwater-management/introduction-wsud

Mesquita (2011). Lei complementar nº 15, de 14 de fevereiro de 2011. Aprova a lei de uso, ocupação e parcelamento do solo do município de Mesquita, e dá outras providências. Mesquita: Câmara Municipal. Disponível em: https://leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-mesquita-rj.

Miguez, M.G.; Veról, A.P.; Rezende, O.M. (2016). Drenagem Urbana: Do projeto tradicional à sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier.

Tomkin, J.; Theis, T. (2015). Sustainability: A Comprehensive Foundation. Disponível em: https://cnx.org/contents/F0Hv_Zza@43.5:HdWd2hN5@2/Foreword.

Veról, A.P.; Lourenço, I.B.; Fraga, J.P.R.; Battemarco, B.P.; Merlo, M.L.; Magalhaes, P.C.; Miguez, M.G. (2020). River Restoration Integrated with Sustainable Urban Water Management for Resilient Cities. Sustainability. v. 12, p. 4677.

Veról, A.P.; Miguez, M.G. (2019). The Influence of Low Impact Development in Flood Control for a Design Rainfall Event. Proceedings of the institution of civil engineers-Municipal Engineer, p. 1-23.

Veról, A.P.; Vazquez, E.G.; Miguez, M.G. (2019). Sistemas prediais hidráulicos e sanitários: projetos práticos e sustentáveis. Rio de Janeiro: Elsevier

Woods, B.B. *et al.* (2015). The SUDs Manual. Londres: CIRIA. 968p.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da Cátedra UNESCO "Drenagem Urbana em Regiões de Baixada Costeira", à qual os autores agradecem.