



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE LETRAS E ARTES
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

Relações entre desenho urbano e drenagem: Vargem
Grande, Cidade do Rio de Janeiro, RJ.

LUCIANA DA SILVA MAYRINK

Rio de Janeiro

2018



LUCIANA DA SILVA MAYRINK

Relações entre desenho urbano e drenagem: Vargem Grande,
cidade do Rio de Janeiro, RJ.

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Arquitetura na área de concentração Qualidade, Ambiente e Paisagem.

Orientadora: Andréa Queiroz Rego

Coorientadora: Aline Pires Veról

Rio de Janeiro

2018

**Relações entre desenho urbano e drenagem: Vargem Grande,
cidade do Rio de Janeiro, RJ.**

LUCIANA DA SILVA MAYRINK

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Andréa Queiroz da Silva Fonseca Rego

Coorientadora: Prof.^a. Dr.^a. Aline Pires Veról

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Arquitetura na área de concentração Qualidade, Ambiente e Paisagem.

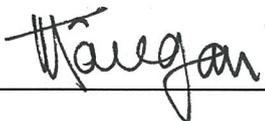
Aprovada por:



Prof.^a. Dr.^a. Andrea Queiroz Rego [Orientadora] (PROARQ – UFRJ)



Prof.^a. Dr.^a. Aline Pires Veról [Coorientadora] (PROARQ – UFRJ)



Prof.^a. Dr.^a. Vera Regina Tângari (PROARQ – UFRJ)



Prof. Dr. Rogerio Goldfeld Cardeman (PROARQ – UFRJ)



Prof. Dr. Osvaldo Moura Rezende (AQUAFLUXUS)

Rio de Janeiro
Julho de 2018

M466r Mayrink, Luciana da Silva
Relações entre Desenho Urbano e Drenagem: Vargem Grande, cidade do Rio de Janeiro - RJ / Luciana da Silva Mayrink. -- Rio de Janeiro, 2018.
120 f.

Orientador: Andrea Queiroz da Silva Fonseca Rego.
Coorientador: Aline Pires Veról.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2018.

1. Forma Urbana. 2. Espaços Livres. 3. Expansão Urbana. 4. Infraestrutura Urbana. 5. Drenagem Urbana. I. Rego, Andrea Queiroz da Silva Fonseca, orient. II. Veról, Aline Pires, coorient. III. Título.

Ao meu filho Rafael.

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho que é a razão de toda a minha força.

Aos meus pais que me ajudaram incansavelmente apoiando todas as minhas decisões profissionais.

À minha irmã que à sua maneira posso sempre contar.

Ao meu companheiro Miguel que tem sido excelente em ser minha companhia acadêmica e de vida.

À minha família que torce pelas minhas conquistas sempre.

Ao Sérgio, amigo irmão.

Aos amigos da faculdade que acompanham, cooperam, apoiam e estão sempre por perto.

Aos amigos de toda a vida que compreendem a ausência e ainda estão aqui comigo.

À minha professora Vera Tângari que muito me acolheu e me deu muitas lições.

Às minhas orientadoras Andrea Rego e Aline Veról que estão incansáveis no apoio a essa conquista.

Ao Laboratório Sistema de Espaços Livres do Proarq - UFRJ que abriu as portas da academia para mim.

Ao Laboratório de Hidráulica Computacional da COPPE-UFRJ que sempre, com muita paciência, me explicam um mundo que eu estou descobrindo.

À UFRJ, Universidade excelente de ensino público, por me conceder a oportunidade de conquistar um sonho.

RESUMO

Esta dissertação discute os processos de transformação da paisagem em áreas de expansão urbana e as relações que se estabelecem entre o desenho urbano e a drenagem, a partir do estudo do sistema de espaços livres, da forma de ocupação e da qualidade ambiental, em especial em áreas alagáveis onde a drenagem urbana é elemento definidor destes processos. Metodologicamente, a pesquisa simula cenários possíveis para áreas alagáveis, ainda não ocupadas, com a finalidade de compreender as respostas de diferentes desenhos urbanos aos mesmos eventos de cheias no mesmo suporte geográfico. O objeto de estudo é o Bairro de Vargem Grande na porção oeste do Município do Rio de Janeiro que sofre atualmente com as pressões do mercado imobiliário no processo de ocupação. Os resultados obtidos demonstram o impacto das diferentes ocupações nas manchas de alagamento e, respectivamente, suas consequências para a população e para o ambiente.

Palavras-Chave: desenho urbano; drenagem urbana; sistemas de espaços livres.

ABSTRACT

This dissertation discusses the processes of transformation of the landscape into areas of urban expansion and the connection established between urban design and drainage, based on the study of open space systems, the form of urban occupation and the environmental quality, especially in floodable areas where urban drainage is the central element of these processes. Methodologically, this research simulates possible scenarios for not yet occupied floodplains, to understand the responses of different urban designs to the same flood events in the same geographic support. The object of study is the Vargem Grande Neighborhood in the western portion of the Municipality of Rio de Janeiro, which is currently suffering from the pressures of the real estate market in the occupation process. The obtained results demonstrate the impact of the different occupations on the flood spots and, respectively, their consequences for the population and the environment.

Keywords: urban design; urban drainage; open space systems.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: DIFERENTES FORMAS URBANAS RELACIONADAS COM OS PARÂMETROS URBANÍSTICOS E QUANTITATIVOS.	22
FIGURA 2: A FORMA VISUAL DE JERSEY CITY VISTA NO CAMPO.	24
FIGURA 3: ILUSTRAÇÃO COM CICLO HIDROLÓGICO	25
FIGURA 4: RETIRADA DE COBERTURA VEGETAL EM VARGEM GRANDE, RJ.....	27
FIGURA 5: VIA ASFALTADA AO LADO DO CANAL DE SERNAMBETIBA.....	28
FIGURA 6: VARGEM GRANDE – OBRA DE EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO E CANALIZAÇÃO DE RIO.....	29
FIGURA 7: OCUPAÇÃO ÀS MARGENS DO CANAL DE SERNAMBETIBA, RJ.	30
FIGURA 8: LANÇAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA MARGEM DO CANAL DE SERNAMBETIBA.....	31
FIGURA 9: OCUPAÇÃO DAS MARGENS DO CANAL DE SERNAMBETIBA, RJ.	32
FIGURA 10: PONTES DE CONCRETO ARMADO E ESTRUTURAS NAS MARGENS DO RIO.....	33
FIGURA 11: ILUSTRAÇÃO COM CROQUIS DEMONSTRANDO “GRELHAS RETANGULARES”.	36
FIGURA 12: IMAGEM COM PROJETO DE LOTEAMENTO LOCALIZADO NO RECREIO DOS BANDEIRANTES PARA REMEMBRAMENTO DE DOIS LOTES.	38
FIGURA 13: FOTO AÉREA DE EDIFÍCIOS DO RECREIO DOS BANDEIRANTES.....	38
FIGURA 14: IMAGEM AÉREA DE QUADRAS DO RECREIO DOS BANDEIRANTES.	39
FIGURA 15: ILUSTRAÇÃO COM CROQUIS DE LE CORBUSIER DEMONSTRANDO “TORRES NO MEIO DE ESPAÇOS VERDES”	40
FIGURA 16: MODELAGEM 3D DE CONDOMÍNIO ADJACENTE CHAMADO PONTAL OCEÂNICO.	41
FIGURA 17: TIPOLOGIAS RESIDENCIAIS A SEREM EMPREGADAS NA SIMULAÇÃO. O NÚMERO DE PAVIMENTOS É VARIÁVEL.	41
FIGURA 18: MODELO DE INTERAÇÃO DAS CÉLULAS EM UMA SIMULAÇÃO NO MODCEL EM PLANTA.....	44
FIGURA 19: REPRESENTAÇÃO POR CÉLULAS MOSTRANDO INTERFACES DOS ESCOAMENTOS SUPERFICIAIS EM CORTE.	45
FIGURA 20: (A) IMAGEM DEMONSTRANDO ANEXO III A COM SETORIZAÇÃO DO PEU E DESTACANDO RECORTE GEOGRÁFICO A SER TRABALHADO E (B) FOTO AÉREA DOS CAMPOS DE SERNAMBETIBA.	46
FIGURA 21: MAPA INDICANDO A LOCALIZAÇÃO DOS MACIÇOS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO.	47
FIGURA 22: (A) MAPA DAS MACRORREGIÕES DE DRENAGEM DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (2015) E (B) DETALHE DO MAPA DE BACIAS E SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO DE VARGENS.....	48
FIGURA 23: MAPA BACIAS, SUB-BACIAS E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS – 2012.	48
FIGURA 24: LOCALIZAÇÃO DO RECORTE DE ESTUDO EM BAIRRO DE VARGEM GRANDE E A LOCALIZAÇÃO DO BAIRRO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO.....	50
FIGURA 25: CORPOS-D’ÁGUA DA REGIÃO DO BAIRRO DE VARGEM GRANDE.....	51
FIGURA 26: CANAL DE SERNAMBETIBA TENDO COMO FUNDO OS CAMPOS DE SERNAMBETIBA E O PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA	52

FIGURA 27: DESEMBOCADURA DO CANAL DE SERNAMBETIBA NO BAIRRO RECREIO DOS BANDEIRANTES, RIO DE JANEIRO, RJ.....	55
FIGURA 28: MAPA GEOMORFOLÓGICO DA SUB-BACIA DA ZONA DOS CANAIS, RIO DE JANEIRO.	56
FIGURA 29: MAPA DE TOPOGRAFIA COM DESTAQUE PARA ÁREA EM FOCO.....	57
FIGURA 30: MAPA DE DECLIVIDADES COM DESTAQUE PARA ÁREA EM FOCO.....	57
FIGURA 31: CONDOMÍNIO AFETADO POR ENCHENTE EM VARGEM GRANDE.	58
FIGURA 32: MAPA PEDOLÓGICO DA SUB-BACIA DA ZONA DOS CANAIS, RIO DE JANEIRO.	59
FIGURA 33: ENCHENTE DE 2010 EM VARGEM GRANDE.	60
FIGURA 34: ALAGAMENTO NA ESTRADA VEREADOR ALCEU DE CARVALHO NA MARGEM DO CANAL DE SERNAMBETIBA.	61
FIGURA 35: MAPA DAS REGIÕES ADMINISTRATIVAS DO PLANO DIRETOR DO RIO DE JANEIRO (2009). ..	62
FIGURA 36: GRÁFICO COM AUMENTO DA POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO DE VARGEM GRANDE.	63
FIGURA 37: PLANO PILOTO PARA A URBANIZAÇÃO DA BAIXADA COMPREENDIDA ENTRE A BARRA DA TIJUCA, O PONTAL DE SERNAMBETIBA E JACAREPAGUÁ. LUCIO COSTA, 1969.	64
FIGURA 38: MAPA APRESENTANDO LIMITE DO PEU VARGENS E DO BAIRRO VARGEM GRANDE.	66
FIGURA 39: MAPA DE COBERTURA VEGETAL E DO USO DAS TERRAS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO.72	
FIGURA 40: SUBDIVISÃO EM UNIDADES DE PAISAGEM – BAIRROS DE VARGEM GRANDE E RECREIO	73
FIGURA 41: UP3 – BAIRRO DE VARGEM GRANDE	74
FIGURA 42: ZONEAMENTO DO SETOR G PROPOSTO PELO PEU VARGENS.	75
FIGURA 43: UP3 – DISTRIBUIÇÃO DE NÚMERO DE DOMICÍLIOS	76
FIGURA 44: UP3 - DISTRIBUIÇÃO DE POPULAÇÃO	76
FIGURA 45: DISTRIBUIÇÃO DE DENSIDADES - HABITANTES POR HA.....	77
FIGURA 46: MAPA GERAL COM A DISTRIBUIÇÃO DOS ESPAÇOS LIVRES:–(1) ESPAÇOS DE CARÁTER AMBIENTAL; (2)ESPAÇOS DE CARÁTER URBANO.	77
FIGURA 47: A ESTRUTURA DE CANAIS.....	79
FIGURA 48: A ESTRUTURA E A HIERARQUIA VIÁRIA DEFINIDA COM BASE NO PEU DAS VARGENS.	80
FIGURA 49: CORTE TIPO DA VIA ARTERIAL COM CANAL.	80
FIGURA 50: CORTE TIPO DA VIA ARTERIAL SEM CANAL E COM CANTEIRO CENTRAL.	81
FIGURA 51: CORTE TIPO DA VIA ARTERIAL SEM CANAL E SEM CANTEIRO CENTRAL.....	81
FIGURA 52: CORTE TIPO DA VIA COLETORA COM CANAL.	81
FIGURA 53: CORTE DE VIA COLETORA COM CANAL E OCUPAÇÃO APENAS EM UMA MARGEM.	82
FIGURA 54: CORTE DE VIA COLETORA SEM CANAL.	82
FIGURA 55: CORTE DE VIA LOCAL SEM CANAL.	82
FIGURA 56: PLANTA DE PARCELAMENTO PARA O “PADRÃO 1”.....	83
FIGURA 57: DETALHE DE QUADRA COM “PADRÃO 1” DE OCUPAÇÃO.....	84
FIGURA 58: PAISAGEM URBANA GERADA PELO PADRÃO 1.	84
FIGURA 59: ESQUEMA TRIDIMENSIONAL DO “PADRÃO 1” DE OCUPAÇÃO	86
FIGURA 60: PLANTA DE PARCELAMENTO PARA O “PADRÃO 2”	87

FIGURA 61: DETALHE DE QUADRA COM “PADRÃO 2” DE OCUPAÇÃO.....	88
FIGURA 62: PAISAGEM URBANA GERADA PELO PADRÃO 2.	88
FIGURA 63: MODELO TRIDIMENSIONAL DEMONSTRANDO RESULTADO DA QUADRA EDIFICADA DO MODELO DE QUADRA 3.....	90
FIGURA 64: IMAGEM COM TRABALHO DE YAMAMOTO SEM AS CÉLULAS REFERENTES AO CAMPO DE SERNAMBETIBA.	91
FIGURA 65: EXPANSÃO DO MODELO BASE.....	93
FIGURA 66: MANCHA DE ALAGAMENTO DO CENÁRIO 0 - SITUAÇÃO ATUAL	95
FIGURA 67: CENÁRIO 1 DE SIMULAÇÃO PARA O “PADRÃO 1” DO DESENHO URBANO E PARCELAMENTO QUE DEFINE AS CÉLULAS DO MODELO MATEMÁTICO.	96
FIGURA 68: MANCHA DE ALAGAMENTOS DO CENÁRIO 01.....	98
FIGURA 69: CENÁRIO 2 DE SIMULAÇÃO PARA O “PADRÃO 2” DO DESENHO URBANO E PARCELAMENTO QUE DEFINE AS CÉLULAS DO MODELO MATEMÁTICO.	99
FIGURA 70: MAPA COM DEFINIÇÃO DE TIPOS DE QUADRAS.	100
FIGURA 71: MANCHA DE ALAGAMENTO DO CENÁRIO 2A - CONCRETO.	102
FIGURA 72: MANCHA DE ALAGAMENTO DO CENÁRIO 2B – INTERTRAVADO.....	104
FIGURA 73: MANCHA DE ALAGAMENTO DO CENÁRIO 2C - CONCREGRAMA.	106

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: LISTA DOS RIOS DA ZONA DOS CANAIS.	53
TABELA 2: PARÂMETROS URBANÍSTICOS DO “PADRÃO 1”.	85
TABELA 3: PARÂMETROS URBANÍSTICOS DO “PADRÃO 2”.	89
TABELA 4: TIPOLOGIA DA ÁREA DE DRENAGEM E COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL. FONTE: RIO ÁGUAS, 2018.	92
TABELA 5: ESCOAMENTOS SUPERFICIAIS UTILIZADOS NO CENÁRIO 01 - FONTE: TABELA DA RIO-ÁGUAS ADAPTADA PELA AUTORA, 2018.	97
TABELA 6: COEFICIENTES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL UTILIZADOS NO CENÁRIO 2A- FONTE: TABELA DA RIO-ÁGUAS ADAPTADA PELA AUTORA, 2018.	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	12
INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO	19
1.1 O SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES	19
1.2 O DESENHO URBANO	22
1.3 A DRENAGEM URBANA	25
CAPÍTULO 2: METODOLOGIA	35
2.1 PADRÕES DE QUADRAS URBANAS	35
2.1.1 “Grid” com ocupação na borda da quadra	37
2.1.2 “Grid” com ocupação no miolo da quadra	39
2.2 A MODELAGEM MATEMÁTICA DE CHEIAS	42
CAPÍTULO 3: DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	46
3.1 A SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DOS CANAIS	46
3.2 O PLANO DE ESTRUTURAÇÃO URBANA – O PEU DAS VARGENS	62
3.3 A OCUPAÇÃO URBANA DA GLEBA G DO PEU DAS VARGENS E O POTENCIAL DE ALAGAMENTO ...	71
CAPÍTULO 4: SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS E RESULTADOS	79
4.1 A DEFINIÇÃO DO DESENHO URBANO	79
4.2 A DEFINIÇÃO DAS QUADRAS	83
4.2.1 Padrão 1: “grid” com ocupação na borda da quadra	83
4.2.2 Padrão 2: “grid” com ocupação no miolo da quadra	86
4.3 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS	90
4.3.1 Cenário 0: simulação da situação atual	92
4.3.2 Cenário 1: simulação do “padrão 1”	96
4.3.3 Cenário 2: simulação do “padrão 2”	99
4.3.3.1 Cenário 2A: Simulação do Cenário 2 com pavimentação de concreto (estacionamentos) nos espaços livres intraquadra	101
4.3.3.2 Cenário 2B: simulação do cenário 2 com pavimentação em bloco intertravado (estacionamentos) nos espaços livres intraquadra	103

4.3.3.3	<i>Cenário 2C: simulação do cenário 2 com pavimentação em “concregrama” (estacionamentos) nos espaços livres intraquadra</i>	105
4.3.4	<i>Análise comparada</i>	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS		108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		109

INTRODUÇÃO

A pesquisa se desenvolve estabelecendo relações entre o desenho urbano e a drenagem urbana, especialmente, em áreas de expansão urbana. Os acelerados processos de urbanização e industrialização são correlatos com os danos ambientais ocorridos nas cidades. Aliado a este processo, o rápido crescimento imobiliário e seu pouco compromisso com a questão ambiental geram impactos variados no meio físico. Outrossim, também contribuem para tal fato a poluição atmosférica, do solo e das águas, deslizamentos, enchentes, entre outros que interferem diretamente no dia-a-dia de todos os cidadãos e comprometem a qualidade da vida urbana.

Grande parte dessa pesquisa foi motivada pela participação no Grupo de Pesquisas Sistemas de Espaços Livres no Rio de Janeiro - SEL/RJ do PROARQ-FAU/UFRJ, que desenvolveu diversos trabalhos acerca da análise dos espaços livres de edificação, nos bairros de Vargem Grande, Vargem Pequena e Recreio dos Bandeirantes, na zona oeste do Rio de Janeiro, como parte integrante da pesquisa “Mudanças climáticas e as formas de ocupação urbana: estudos comparativos de tipos de ocupação e indicadores socioambientais para adaptação de situações de vulnerabilidade e risco das regiões metropolitanas de Rio de Janeiro e Campinas”. A pesquisa foi realizada entre 2012 e 2015, em parceria com o Grupo NIPP-Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Paisagens, do IGEO-UFF, e com o Grupo Água no Meio Urbano, do POSURB/PUC-Campinas.

Busca-se, aqui, relacionar o processo de ocupação e produção do espaço urbano de Vargem Grande, partindo do pressuposto de que a relação entre o espaço livre e o edificado altera a qualidade da paisagem, com o sistema de drenagem de um determinado lugar.

As grandes metrópoles estão em constante expansão. A combinação de diversos processos intra-urbanos como a dicotomia rural-urbana, a peri-urbanização, formas de assentamentos ilegais e periferização

fazem parte do processo de crescimento urbano nas metrópoles. De modo específico, a Cidade do Rio de Janeiro, segunda metrópole brasileira, se expande de forma difusa e segmentada, sem que haja uma contiguidade física entre muitas de suas centralidades. Esta pesquisa irá se debruçar sobre a ocupação na porção oeste da Cidade – Vargem Grande.

Segundo Muniz (2013), os processos de urbanização e industrialização vêm desempenhando um papel significativo nos danos ambientais ocorridos nas cidades. O rápido crescimento gera uma pressão significativa os processos de urbanização e industrialização, contribuindo para os danos ambientais ocorridos nas cidades sobre o meio físico urbano. À medida que as árvores são cortadas, ruas asfaltadas, casas e prédios são construídos; encostas são impermeabilizadas, rios são canalizados e retificados, ocorre toda série de respostas geomorfológicas típicas das cidades grandes: movimentos de massa e enchentes que acontecem com frequência, muitas vezes não sendo necessários totais pluviométricos elevados para que esses processos ocorram. Com isso, é necessário conhecer a formação, constituição e dinâmica das bacias geográficas para planejar uma ocupação territorial com um olhar sistêmico.

Contudo, o crescimento urbano de uma cidade precisa de um planejamento que leve em consideração o meio ambiente e as pessoas que ali viverão. Deve-se acreditar que a proposta de um traçado urbano projetado por meio de padrões hierarquizados, formando um sistema complexo entre os espaços livres e edificados, sendo seus usos diversos e combinados de forma eficiente e considerando todos os impactos ambientais gerados, pode promover maior ou menor urbanidade em uma área urbana em expansão.

O objetivo geral é discutir os efeitos na drenagem de áreas alagáveis em função das diferentes formas de ocupação e transformação da paisagem em áreas de expansão urbana.

Este objetivo está alinhado com os trabalhos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisas Sistemas de Espaços Livres no Rio de Janeiro (SEL/RJ¹), da linha de pesquisa Cultura, Paisagem e Ambiente Construído do PROARQ, do qual participam a orientadora e a Coorientadora.

Como objetivos específicos foram traçados: estudar os aspectos biofísicos presentes nos bairros inseridos na bacia hidrográfica de Jacarepaguá e sua relação com a ocupação urbana; simular cenários propostos cruzando parâmetros urbanísticos diferentes com soluções de drenagem, relacionando o sistema de espaços livres e a potencialidade de drenagem, buscando uma abordagem interdisciplinar na discussão de alternativas integradas à relação da cidade com a água.

estudando a transformação a partir da forma de ocupação e da qualidade ambiental, em especial em áreas alagáveis onde a drenagem urbana é elemento definidor destes processos tendo como proposta, simular cenários possíveis para áreas alagáveis, ainda não ocupadas. A finalidade é compreender as respostas de diferentes formas urbanas aos mesmos eventos de cheias no mesmo suporte geográfico.

No primeiro capítulo – Referencial teórico, aborda-se o papel do sistema de espaços livres na estruturação da paisagem urbana e, conseqüentemente, para os resultados ambientais nas cidades. Parte-se do pressuposto de que a relação entre espaço livre de edificação e o edificado tem resultados diretos na qualidade de drenagem. Para que haja maior compreensão do tema, a seguir, são apresentados diálogos com autores estudiosos acerca dos temas morfologia urbana e drenagem.

Os conceitos apresentados neste trabalho foram adotados de um modo preliminar, permitindo o estabelecimento de uma primeira carta de

¹ O SEL/RJ é coordenado pela Professora Vera Regina Tângari e está vinculado ao Grupo de Pesquisa QUAPÁ/SEL da FAUUSP coordenado pelo Professor Silvio Macedo.

parâmetros de discussão desta realidade, de modo que se possa criar uma base conceitual aplicável ao presente estudo. Eles permitem identificar, descrever, qualificar e relacionar os elementos estudados a fim de oferecer ao trabalho um embasamento referencial e teórico que contribua para as discussões apresentadas. Para a compreensão do objeto sistema de espaços livres é necessário que se entenda sua relação com a paisagem, perpassando por diferentes escalas, desde a da região até situações mais locais, transitando entre as esferas públicas e privadas e entre as formas de ocupação urbana e sua matriz de suporte natural.

O segundo capítulo trata da metodologia adotada, um estudo com base em simulação usando o modelo matemático MODCEL. Para tanto são definidos os padrões de desenho urbano com base nos referenciais teóricos, a serem simulados, criando, assim, diferentes cenários, que possuem maior ou menor capacidade de drenagem.

No terceiro capítulo, o estudo de caso, apresenta, na primeira parte, Vargem Grande, sua contextualização e localização na bacia de drenagem. Na segunda parte são definidos os padrões urbanos a serem simulados, isto é, o desenho urbano com base na estrutura viária e de drenagem, os quais são avaliados por meio da simulação na terceira parte.

Com base nessa abordagem, é possível compreender, de forma mais eficaz, o sítio em estudo e propor desenhos urbanos que evitem impactos ambientais que já ocorrem em outras partes da cidade e, por isso, são previstos para o recorte geográfico caso a forma de projetar cidade continue sendo a mesma.

CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 O SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES

A paisagem urbana possui uma conceituação que abarca múltiplos aspectos. Segundo Rego et al. (2016), a definição de uma "paisagem ideal" passa pelas relações estabelecidas entre rural e urbano, público e privado, construído e livre, tal como, pela existência ou não de uma abordagem sistêmica e escalar sobre esses conceitos. Para Magnoli (2006), devem-se entender diferentes matrizes, situações e níveis de antropização, configurando uma dimensão morfológica com derivados da natureza e da ação humana. Segundo Lynch (2011), vias, limites, bairros, nós e marcos conformam uma relação entre percepção e legibilidade orientando o observador por meio dos sentidos. Por último, Macedo (2007) define paisagem como um sistema onde acontecem ações e reações correspondentes alterando-a morfológicamente. Esta definição se distingue das definições anteriores quando aborda uma dimensão funcional na qual situações dialéticas transcorrem. Segundo Raquel Tardin (2008), os espaços livres são elementos considerados fundamentais no processo de ordenação e qualificação do território urbano e são vistos como um sistema com valores próprios e com grande potencial de reestruturação. Todo esse valor conferido a estes espaços deve ser levado em consideração quando se planeja o espaço urbano. Para Macedo et al. (2007), apesar da riqueza de categorias de espaços livres urbanos, é nas ruas, nas calçadas, praças e parques que se realiza a apropriação pública de modo significativo no Brasil. Para este trabalho será admitida a paisagem nas três dimensões apresentadas, morfológica, simbólica e funcional. Estas, com diversos estágios de antropização, que apresenta legibilidade através de seus elementos e que funciona como um sistema onde todos os acontecimentos interferem no restante da paisagem, de forma parcial ou total, constituindo uma visão sistêmica aplicável a diferentes cenários e escalas.

No caso de um tecido urbano, fragmentado e desconexo há uma série de ocupações que não dialogam entre si. Segundo McHarg (1992), a expectativa normal é de que o crescimento seja descontrolado, esporádico, representando valores de curto prazo, com pouca habilidade. Essa descontinuidade, presente em toda a área analisada, não apenas fragiliza as relações sociais intra-bairro; como também dificulta a conexão ambiental, interferindo na manutenção do ciclo hidrológico, na melhoria micro-climática, do conforto térmico, na preservação da qualidade da água e no incremento do sombreamento urbano. A conexão da cidade feita por meio dos espaços livres, além de ser um estratégico elemento de integração da vida urbana, favorece a conectividade biológica e ecológica (fluxos abióticos), colaborando com a manutenção da diversidade dos processos naturais da cidade. O processo de expansão das cidades, ou seja, de ocupação do solo tende a contribuir para a degradação dos recursos naturais (MIGUEZ et al, 2016). Para isso é necessária a compreensão da paisagem que terá intervenção. McHarg (1992) complementa esta visão, afirmando que a natureza pode ser considerada um processo de interação, responsivo às leis, constituindo um sistema de valores, oferecendo oportunidades e limitações intrínsecas aos usos humanos. Assim podemos tomar nosso conhecimento da natureza como um processo e planejar as intervenções, considerando as pré-existências.

A partir desta visão, nas diferentes escalas de análise e apreensão, a paisagem é constituída de espaços, sendo estes pontos de referência definidos e delimitados, nos quais objetos se situam, atividades se desenrolam e os acontecimentos se produzem (FISCHER, 1994). Espaços construídos e espaços livres de ocupação e de edificação podem ser públicos, privados, individuais, coletivos, de recreação, de circulação abertos ou fechados e dentro destas diversas formas de categorização. Nesta escala dos espaços livres em meio urbano que Magnoli (1982) define como espaços livres de edificação temos: quintais, jardins públicos ou privados, ruas, avenidas, praças, parques, rios, florestas, mangues e praias urbanas. Todos estes elementos

constituem um sistema complexo, inter-relacionado com outros sistemas urbanos que podem se justapor, total ou parcialmente, enquanto sistema de ações (SCHLEE et al, 2009).

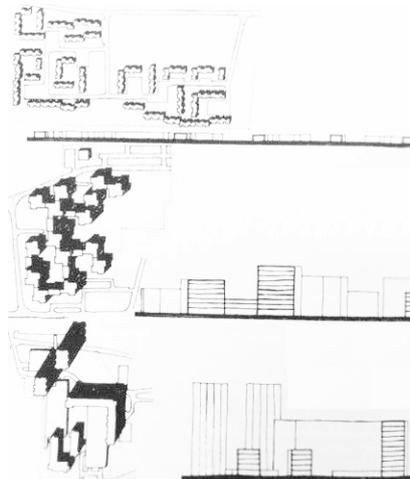
Queiroga (2011) propõe a compreensão do sistema de espaços livres urbanos como os elementos e as relações que organizam e estruturam o conjunto de todos os espaços livres de um determinado recorte urbano, como um sistema aberto onde o sistema de espaços livres urbanos se relaciona com o sistema de espaços livres regional. Isso constitui um processo dialético escalar o que para Morin (2008), configura um “sistema de sistemas”.

Quanto à sua função, o sistema de espaços livres pode apresentar diversos papéis como a circulação, atividades de lazer, conforto, preservação, conservação e convívio social. Além disso apresenta grande relevância na problemática ambiental, sendo importante para o controle das temperaturas, da produção de água e da drenagem urbana, de modo que integra questões funcionais, ecológicas e estéticas de seu recorte territorial. Para Lima et al (2016), a organização da estrutura urbana a partir da distribuição dos espaços, de forma a promover conexões de usos e unicidade de linguagem, valoriza o conjunto idealizado e incentiva fortemente o desenvolvimento das atividades humanas dirigidas ao lazer, à recreação e às práticas esportivas ao ar livre, resumindo, ao convívio. São espaços que devem desempenhar um papel de integração social, ambiental e funcional. Para tanto é necessário o planejamento urbano que proponha novas formas de produção e ocupação. Todas estas características devem ser refletidas no estabelecimento das diretrizes dos planos diretores e para este fim, segundo Fontes e Barbassa (2003), é fundamental associar o tratamento multidisciplinar ao uso de novas tecnologias para diagnosticar e prognosticar o comportamento urbano a fim de compor espaços urbanos, livres e edificados, que funcionem como sistemas e dialoguem entre si.

1.2 O DESENHO URBANO

Segundo Lamas (2014), a forma do meio urbano corresponde a um conjunto de objetos arquitetônicos ligados entre si por relações espaciais e é produzida e transformada conforme o tempo, envolvendo relações entre atores políticos, econômicos e sociais. Ele facilita a apreensão destes elementos quando os divide em quatro aspectos: quantitativos, de organização funcional, qualitativos e figurativos como pode ser observado na figura 1.

Figura 1: Diferentes formas urbanas relacionadas com os parâmetros urbanísticos e quantitativos.



Fonte: LAMAS, 2014, p.42.

Os aspectos quantitativos se referem ao controle dos aspectos físicos, às densidades, superfícies, fluxos, coeficientes volumétricos, dimensões e perfis. Os aspectos de organização funcional tratam do uso do solo quando este é residencial, comercial, sanitário, industrial, etc. Quanto aos aspectos qualitativos, estes podem ser também quantitativos, pois para que haja qualidade em um espaço, medições podem ser feitas a fim de que se chegue a condições de conforto e comodidade para o usuário de determinado espaço. Insolação, abrigo de ventos, das chuvas, acessibilidade, estas são algumas condições de qualidade mensuráveis no espaço urbano. Já os aspectos figurativos dizem respeito à comunicação estética. Esta multiplicidade de critérios, por meio do planejamento urbano, organiza e define a forma urbana atual diante da heterogeneidade de situações geoclimáticas.

Alexander (1977), por sua vez, sustenta a tese de que a forma é a solução do problema posto pelo contexto. Isso significa que cada cidade terá uma forma diferente, pois as respostas dos elementos morfológicos que definem o espaço urbano a sítios distintos serão também diferentes. Alexander (1977) restringe uma hierarquização da forma urbana a fim de compreender e organizar os problemas que acontecem em uma sequência linear. Ele parte de áreas maiores, como regiões e cidades, passando por bairros, conjuntos de edificações, edificações, ambientes e nichos, finalizando com os detalhes construtivos e demonstrando dessa maneira, como tudo na forma da cidade está conectado e que por haver essas conexões, devemos sempre pensar na forma urbana como um todo. Em todos estes âmbitos é necessário entender como um padrão interfere em outro através de conexões ou combinações.

Para Aguiar (2012), o homem vive numa continuidade ambiental e as formas urbanas são constituídas pela composição de diferentes unidades espaciais e elementos morfológicos que juntos formam um sistema. Esses elementos se correlacionam de forma interescalar, desde a dimensão territorial, passando pela urbana e chegando à escala setorial, ou seja, a rua.

A articulação dos espaços públicos entre si – ruas, avenidas, etc. – e entre as edificações constituem, conformam e confrontam a cidade como uma rede social. É nesta rede que a forma urbana se apresenta, que o tecido urbano se destaca e nele acontecem a cultura, a história, a origem, a vivência e a sensibilidade.

Segundo Aguiar (2012), os novos planos urbanos e suas conseqüentes urbanizações trazem impactos com o conceito de segregação espacial e social por meio dos zoneamentos que incentivam condomínios residenciais fechados, centro de negócios, shoppings centers, verdadeiros bairros em bairros rodoviaristas. Nestes lugares, percebe-se a existência do desurbano. A forma urbana resulta de um desenho

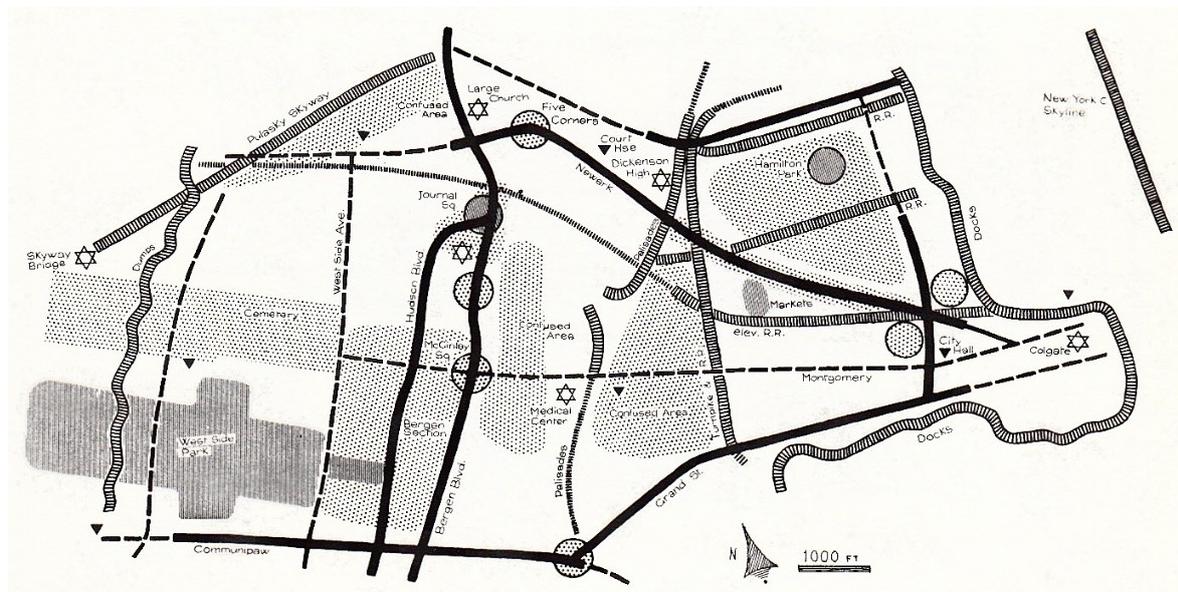
hostil ao corpo, ao pedestre, ao uso do sistema de espaços livres na plenitude de suas funções.

Esse raciocínio é complementado por Alexander (1965), que defende a diversidade como resultado do questionamento ao funcionalismo e corolários morfológicos, ou seja, dar um passo atrás nessa forma de planejar a cidade e mantê-la crescendo de forma espontânea.

No diálogo entre estes dois teóricos, percebe-se um ponto em comum: a dedicação à percepção da perda da diversidade arquitetônica natural na cidade que é produzida por diferentes agentes ao longo do tempo.

Kevin Lynch (2011) contribui para a discussão trazendo a legibilidade dos espaços públicos, edifícios e as pessoas como um conjunto de sequências espaciais que conforma a cena urbana. Em seu trabalho, ele detecta o predomínio visual do sistema viário e sua importância fundamental como rede e fundo ativo em que a maioria das pessoas vivencia o espaço da cidade colocado em mapas como o demonstrado na figura 2; demonstra a rede interconectada funcionando como um sistema que conforma estruturalmente os espaços da cidade.

Figura 2: A forma visual de Jersey City vista no campo.



Fonte: LYNCH, 2011, p.30.

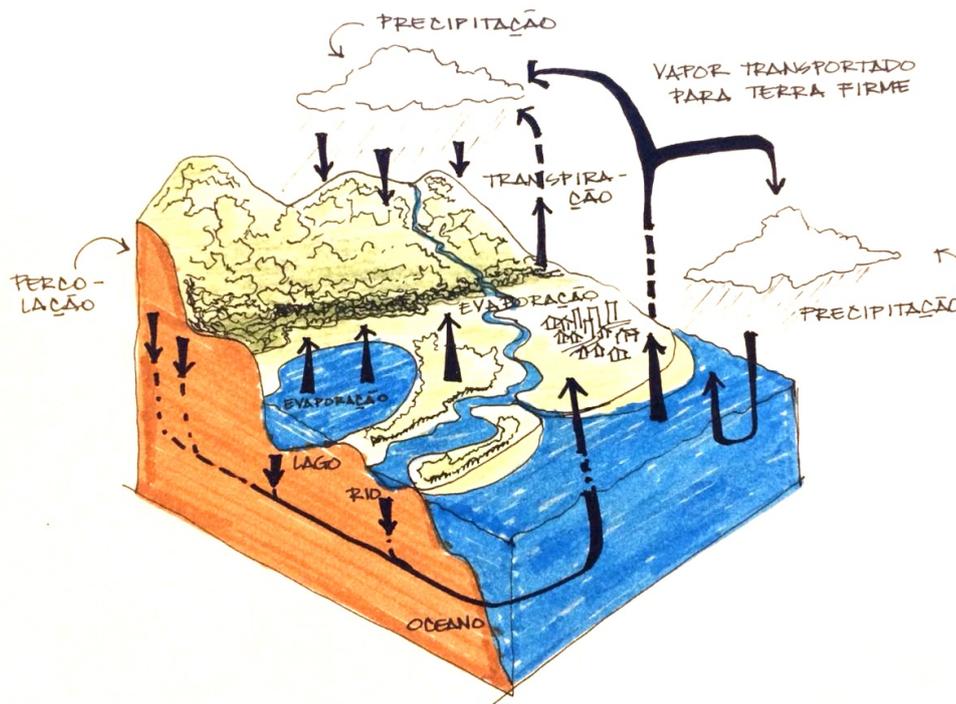
Quanto mais essa configuração espacial do espaço público, dada pelo posicionamento das edificações, for substituída por um espaço público

contínuo e pontuado por edificações, menos teremos a dita condição de acolhimento (AGUIAR, 2012).

1.3 A DRENAGEM URBANA

A hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação, distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua relação, não só com o meio ambiente mas também com as formas vivas (CHOW,1959). O ciclo hidrológico (figura 3) representa o movimento da água no planeta, apresentando como parcelas a precipitação, a evaporação de superfícies líquidas, a evaporação de água do solo e a transpiração dos seres vivos sobre a bacia hidrográfica (MIGUEZ et al., 2016).

Figura 3: Ilustração com ciclo hidrológico



Fonte: Autora com base no desenho desenvolvido por Newton Almeida, 2012.

Quando esse ciclo é alterado, geralmente por ações antrópicas, podem ocorrer impactos negativos para a cidade, em consequência do aumento do volume e da velocidade dos escoamentos superficiais. A combinação de um sistema artificial de drenagem com a

impermeabilização do solo produz respostas mais rápidas no padrão de escoamento, agravando o problema de cheias que degradam o ambiente construído. Segundo Tebaldi et al (2015), este fato gera danos a edificações e equipamentos urbanos, desvalorizam áreas sujeitas a inundações, interrompem a circulação de pedestres e do sistema de transportes e propagam doenças fragilizando a população em sua saúde e danos a seus bens.

Desastres hidrológicos, como inundações, enxurradas e alagamentos são os mais registrados no Brasil, de acordo com ISDR (2005), com mais de 13 mil ocorrências no período de 1991 a 2012 (BRASIL,2013).

As ocupações urbanas em planícies, segundo Righetto et al. (2009), causam o confinamento dos rios, aterramento e erosão das margens, desmatamento e redução da calha secundária dos rios, fatores que contribuem para a redução da capacidade de resposta dos sistemas de drenagem perante as inundações.

Tavares e Silva (2008) ressaltam que alterações como a impermeabilização do solo, retificação e assoreamento de cursos d'água são condições antrópicas que agravam fenômenos como o escoamento superficial das águas das chuvas em planícies, fundos de vales estreitos e nas áreas urbanas.

De forma resumida, pode-se dizer que os principais agravantes do problema de cheias são aqueles descritos por Miguez et al 2017 e apresentados a seguir,

- Retirada da Cobertura Vegetal

Esse processo contribui para o assoreamento dos rios, diminuição da calha fluvial e, conseqüentemente, da capacidade de vazão do canal. Além disso, diminui não só a capacidade de amortecimento das cheias, mas também o processo de evapotranspiração, aumentando o volume e a velocidade do escoamento superficial. A figura 4, apresenta uma

imagem aérea de Vargem Grande, na zona oeste do município do Rio de Janeiro, onde parte da cobertura vegetal vem sendo retirada ao longo dos anos. Segundo Togashi (2011), a expansão urbano-industrial na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro pode estar contribuindo com um quadro de fragilização ambiental, pela capacidade de interceptação reduzida com a retirada de cobertura vegetal.

Figura 4: Retirada de cobertura vegetal em Vargem Grande, RJ.



Fonte: autora, 2017

- Impermeabilização do solo

Os problemas relacionados à drenagem de águas pluviais em áreas urbanas estão fortemente ligados à questão da mudança na cobertura natural do solo em decorrência do processo de ocupação (figura 5). Na ausência de normas que regulem a ocupação do solo, é inevitável a impermeabilização de grandes áreas, decorrente da implantação de edificações, calçadas, ruas pavimentadas, e do próprio adensamento urbano (SILVA, 2006).

A impermeabilização do solo urbano, caracterizada pela transformação da cobertura natural do solo por meio da sobreposição de telhados, calçamentos, pavimentação asfáltica, entre outros, impede que a água das chuvas alcance o solo, tendo como resultado o seu escoamento para regiões adjacentes, o que favorece alterações nas parcelas do

ciclo hidrológico (BRUNO et al 2013). O escoamento superficial aumenta, como resultado da urbanização, e é proporcional à área que se torna impermeável. A impermeabilização altera a taxa em que a água se infiltra no solo, diminuindo a recarga de água subterrânea, e diminui eventos de chuva de baixa intensidade (LEOPOLD, 1968 apud JACOBSON, 2011).

Em resumo, pode-se concluir que a impermeabilização do solo diminui o processo de evapotranspiração; reduz o potencial de infiltração e a recarga dos aquíferos; aumenta e acelera o escoamento superficial.

Figura 5: Via asfaltada ao lado do Canal de Sernambetiba.



Fonte: autora, 2018.

- Canalização

A canalização dos rios tem como objetivo principal aumentar a capacidade hidráulica da rede de drenagem e acelerar os escoamentos, o que acaba tendendo a transferir problemas de inundações para as áreas à jusante da intervenção. Bruno et al (2013), por sua vez, reitera, que tradicionalmente, os projetos e, conseqüentemente, dispositivos utilizados para a solução dos problemas de drenagem das águas pluviais são voltados para a canalização do escoamento. A figura 6 apresenta foto de obra de canalização em Vargem Grande, no Rio de Janeiro.

Figura 6: Vargem Grande – Obra de empreendimento imobiliário e canalização de rio.



Fonte: Autora, 2016.

- Ocupação de áreas potencialmente alagáveis.

Há redução da capacidade de condução de vazão do canal quando as margens e o leito secundário de um rio são ocupados (figura 7). Nesse sentido, há aumento da quantidade de resíduos na calha do rio; maior exposição de pessoas às inundações, intensificando a vulnerabilidade da população aos eventos de cheia. Bellini et al. (2014) afirmam que, nos espaços urbanos, os motivos para o uso irregular nas Áreas de Preservação Permanente (APP) estão relacionados com o crescimento da demanda por terra urbanizada e a falta de investimentos públicos na expansão de serviços, infraestruturas e mobilidade urbana. Segundo Machado (2004), essas faixas, embora não constituam uma medida de eficiência total, representam uma providência válida de preservação de recursos hídricos superficiais.

Figura 7: Ocupação às margens do Canal de Sernambetiba, RJ.



Fonte: autora, 2018.

- Resíduos Sólidos

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica vêm sendo acompanhados por alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população. Como decorrência direta desses processos, vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos. Com o acúmulo de partículas em pontos de estrangulamento do escoamento, há redução na capacidade de condução de vazão do trecho, o que produz um efeito de remanso para montante e, com isso, o aumento nos níveis d'água na calha do rio, assim propiciando maiores e mais frequentes inundações nos trechos a montante desde ponto. Além disso, o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos gera diretamente outros impactos importantes, tanto ambientais quanto na saúde da população.

Figura 8: Lançamento de resíduos sólidos na margem do Canal de Sernambetiba.



Fonte: Autora, 2018.

- Favelização

O crescimento sem planejamento das cidades brasileiras vem acompanhado do crescimento dos assentamentos informais de baixa renda, as chamadas favelas. Diante da insuficiência de políticas públicas de habitação populares incisivas, a classe trabalhadora ocupa os terrenos frágeis criando espaços informais que precisam e devem ser recuperados. Essa ocupação irregular dá origem a uma série de impactos no meio ambiente, sobretudo nos recursos hídricos. Ao mesmo tempo, há um grande contingente populacional vivendo sem saneamento básico, gerando sérias consequências de saúde coletiva (CERQUEIRA E SILVA, 2007). Geralmente, os adensamentos se instalam nas áreas consideradas ambientalmente delicadas (manguezais, lagoas, córregos, rios e reservatórios), caracterizando-se como loteamentos irregulares e de grande concentração, o que torna estas áreas insuficientes para suportar tantos moradores (PAVAN, 2010). A ocupação desses terrenos frágeis promove o desmatamento das encostas, desestabilizando as mesmas e acirrando o processo erosivo que levam a impactos diretos nos recursos hídricos. Ainda, a impermeabilização excessiva do solo, representada pela construção de moradias, contribui para o agravamento das grandes enchentes urbanas. Para Miguez et al (2017), por não contarem com serviço de

saneamento eficiente, estas áreas apresentam uma exposição crítica de suas comunidades ao risco de inundação e acidentes maiores. A figura 9 apresenta uma imagem com ocupação irregular das margens do Canal de Sernambetiba, em Vargem Grande, Rio de Janeiro.

Figura 9: Ocupação das margens do Canal de Sernambetiba, RJ.



Fonte: autora, 2018.

- Intervenções físicas nos cursos d'água

A necessidade de adequação da cidade à sua expansão gera problemas que refletem na infraestrutura da cidade. Uma importante obra para permitir a continuidade das áreas urbanas é a travessia sobre os cursos d'água (figura 10). Responsáveis por unir as duas regiões existentes nas margens opostas de um rio, essas obras podem ter escalas diferentes, desde pequenas pinguelas para passagem de pedestres até grandes pontes com estruturas complexas para tráfego de automóveis ou trens. Porém quando o projeto dessas intervenções não considera o regime de cheias fluviais, elas se tornam um grande problema para a cidade, agravando os eventos de inundação por restringir a seção hidráulica do rio, oferecendo uma maior perda de carga localizada aos escoamentos. Assim, o trecho a montante da travessia tem dificuldade em escoar a cheia, o que causa um represamento da água e, por consequência, um efeito de remanso,

aumentando os níveis d'água ao longo do rio, acima do local da travessia.

Figura 10: Pontes de concreto armado e estruturas nas margens do rio.



Fonte: autora, 2018.

Para que haja um maior controle sobre as áreas de risco de inundações, Miguez et al. (2016) afirmam que uma abordagem multidisciplinar pode ser aplicada à forma urbana com a finalidade de desenvolver novas medidas de controle. Estruturas urbanas típicas podem incorporar funções hidrológicas e hidráulicas, como características complementares a fim de permitir uma ação sistêmica sobre a bacia hidrográfica, resgatando, quando possível, a forma como acontece o escoamento d'água superficialmente, ou seja, seus padrões de escoamento pré-urbanização (MIGUEZ, et al.,2005).

Segundo Fontes e Barbassa (2003), há uma forte interdependência entre a forma urbana e a hidrologia, que se dá perpassando pelo traçado urbano, pela regulamentação das edificações e pelo uso do solo, que interferem diretamente na eficiência da drenagem urbana. De acordo com Peres e Silva (2013), identificar as relações entre a gestão de bacias hidrográficas e as dinâmicas de gestão urbana e articular os instrumentos específicos do sistema de gerenciamento dos recursos

hídricos com instrumentos de regulação que agem sobre o território municipal pode ser um começo promissor para uma regulação ambiental articulada com a regulação urbanística.

CAPÍTULO 2: METODOLOGIA

Para este trabalho, a metodologia utilizada é de simulação urbanística, executando a proposta de dois padrões - cenários, com desenhos urbanos distintos para o recorte de estudo, baseados em ocupação urbana vizinha e na proposta do PEU Vargens, com o propósito de testar diferentes comportamentos urbanos de drenagem.

Como ferramentas de apoio, foram utilizados os *softwares* Autodesk AutoCAD, Adobe Photoshop e Adobe Illustrator. Também foi utilizado o modelo hidrodinâmico MODCEL, desenvolvido na COPPE-UFRJ.

Com o recorte geográfico definido, identificam-se os canais e vias já projetadas, para que ambos possam ser estruturadores dos projetos simulados, considerando suas pré-existências. No Mapa de Legislação Ambiental e PEU são respeitados e representados os corpos hídricos existentes, bem como suas faixas marginais de proteção (30 m de cada lado), conforme Código Florestal vigente. Também são representadas as vias existentes e vias projetadas previstas em Projetos de Alinhamentos da Prefeitura do Rio de Janeiro. Foram demarcados os terrenos já ocupados atualmente, considerados apenas para entendimento do recorte. Nas áreas planícies paludiais livres de edificações foram feitos os exercícios de simulação de traçados urbanos distintos.

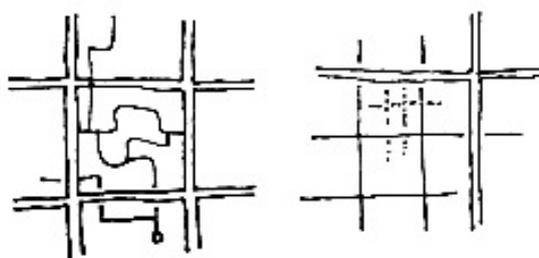
2.1 PADRÕES DE QUADRAS URBANAS

Kevin Lynch (2012) afirma que a forma do conglomerado populacional é a disposição espacial das pessoas e das suas ações, ou seja, os recintos, as superfícies, os canais, as ambiências e os objetos estão relacionados com a forma como as pessoas se apropriam deste espaço. Por isso sempre há duas classes principais de características físicas/sociais que deverão ser consideradas em um plano: as pessoas em ação e as instalações físicas que servem de suporte para essas ações. Em suas próprias palavras:

“O padrão pode ser encarado como uma rede que, por si própria, pode ter uma forma, um grau de ligação, uma escala, ou um grau de especialização. (...) é um dos meios primordiais, juntamente com a organização central, de as pessoas organizarem a sua própria imagem da cidade (Lynch, 2012).”

Lynch (2012) categoriza alguns dos muitos modelos de formas urbanas que ele chama de aglomerados populacionais. São padrões que se baseiam em estudos das formas prototípicas à escala da cidade. Algumas delas se destacam para este trabalho. O padrão em Grelha Retangular ou “grid” é bastante simples, como pode ser observado na figura 11.

Figura 11: Ilustração com croquis demonstrando “grelhas retangulares”.



Fonte: A boa forma da cidade, Kevin Lynch (2012)

Uma rede retangular de estradas, também chamada de grelha romana, divide terrenos em blocos semelhantes, mantendo uma leitura racional do espaço urbano. A acessibilidade e as conexões são feitas de maneira ordenada, garantindo lotes com formatos similares e um fluxo facilitado de pessoas e meios de transporte. A forma como este grid é ocupado irá definir as diferentes paisagens e o comportamento da drenagem.

Na cidade do Rio de Janeiro o grid está bastante presente por toda sua ocupação e é facilmente detectável por meio de análise de mapas. Nesta dissertação são desenvolvidos cenários que terão como base padrões encontrados na cidade do Rio de Janeiro. Buscar-se-á diversidade e níveis de interação entre interior e exterior; a valorização da relação da sociedade com áreas verdes próximas; a cidade como

suporte técnico por meio de suas instalações e serviços; respeito às pré-existências locais considerando seu aporte físico e seu entorno em todas as questões de decisões projetuais. Após definir os perfis dos cenários como um todo, foram elencadas para cada um, a melhor forma de se adaptar a estes valores. Com o objetivo principal de compreender a relação do espaço público com o ciclo hidrológico, esses cenários, com todas essas demandas, serão simulados em eventos de picos de cheias para melhor entender as respostas de cada um à mesma quantidade de precipitação e assim possibilitar o entendimento das respostas da forma urbana aos impactos de cada cheia urbana da área de estudo delimitada.

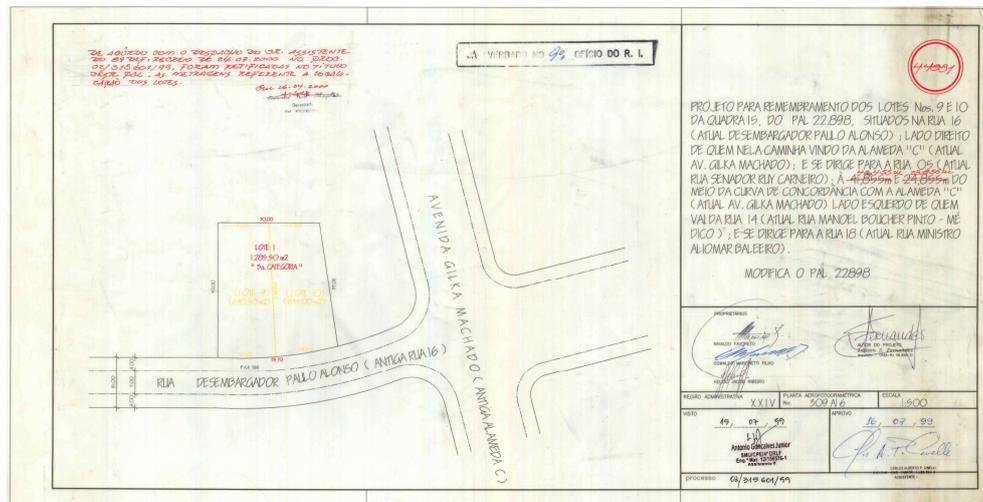
2.1.1 “GRID” COM OCUPAÇÃO NA BORDA DA QUADRA

Considera-se, aqui, a malha viária regular, o grid, que define quadras estreitas e alongadas, cujas edificações formam fachadas contínuas que ladeiam as vias. Deste modo, a infraestrutura viária é elevada para o número de lotes e os espaços públicos (vias e calçadas) são bastante expressivos.

Na Cidade do Rio de Janeiro este modelo está bastante presente e é facilmente detectável por meio de análise de imagens aéreas e de plantas. Bem próximo ao recorte geográfico desta dissertação, em toda a faixa litorânea do Bairro do Recreio dos Bandeirantes, adjacente à área de estudo, observa-se este padrão.

O Recreio dos Bandeirantes é um bairro, em sua maior parte, residencial que possui edificações com tipologias muito semelhantes devido à restrita legislação. Na simulação que será realizada, todas as edificações seguirão o mesmo padrão mantendo sua homogeneidade por todo o recorte geográfico simulado, tanto no formato das quadras como nas tipologias dos edifícios.

Figura 12: Imagem com Projeto de Loteamento localizado no Recreio dos Bandeirantes para remembramento de dois lotes.



Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro.

Figura 13: Foto aérea de edifícios do Recreio dos Bandeirantes.



Fonte: Digital Globe/ TerraMetrics/ DataSIO, NOAA, U.S.Navy, NGA, GEBCO. (07/04/2016)

Uma área residencial destinada à ocupação de alta renda, com pouco comércio e uma baixa densidade, gabarito de construção majoritariamente limitado a poucos pavimentos, ruas com cortes semi-hipodâmicos, ou seja, com características de ordenação do espaço, ruas paralelas e perpendiculares (com algumas curvas suaves de adaptação ao sítio) a uma avenida e ausência de *Cul-de-sacs*.

Figura 14: Imagem aérea de quadras do Recreio dos Bandeirantes.



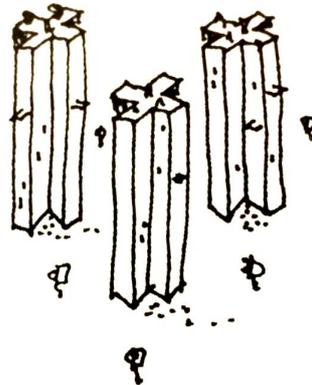
Fonte: Digital Globe/TerraMetrics/DataSIO, NOAA, U.S.Navy, NGA, GEBCO.
(07/04/2016)

2.1.2 “GRID” COM OCUPAÇÃO NO MIOLO DA QUADRA

O segundo padrão “Torres no meio de espaços” verdes que, de acordo com Lynch (2012), é um modelo diferente de habitação em altura situada em meio às áreas verdes livres que preservam a paisagem e ao mesmo tempo consegue propor todos os confortos da vida urbana.

Considera-se, aqui, a malha viária regular, o grid, que define quadras maiores que no modelo anterior, permitindo um menor investimento na infraestrutura viária com a respectiva redução dos espaços públicos (vias e calçadas).

Figura 15: Ilustração com croquis de Le Corbusier demonstrando “Torres no meio de espaços verdes”.



Fonte: A boa forma da cidade, Kevin Lynch (2012).

Este padrão é bastante frequente na zona oeste da Cidade do Rio de Janeiro, destacadamente na Barra da Tijuca e mesmo no Bairro de Vargem Grande.

Este padrão teve como base de estudo o trabalho de Cardeman (2014) que afirma acerca do modelo de condomínio fechado, que os lotes são divididos em usos específicos: casas ou torres residenciais, comércios e serviços, além de previsão de áreas para praças e escolas, bem como arruamentos e calçadas, modelo que é encontrado por toda a região da Baixada de Jacarepaguá, configurado pelo perfil dos lotes com extensas dimensões e por parâmetros urbanísticos que restringem a taxa de ocupação. A imagem de divulgação do empreendimento (Figura 44) mostra como é a tendência e a projeção do mercado para a área em questão.

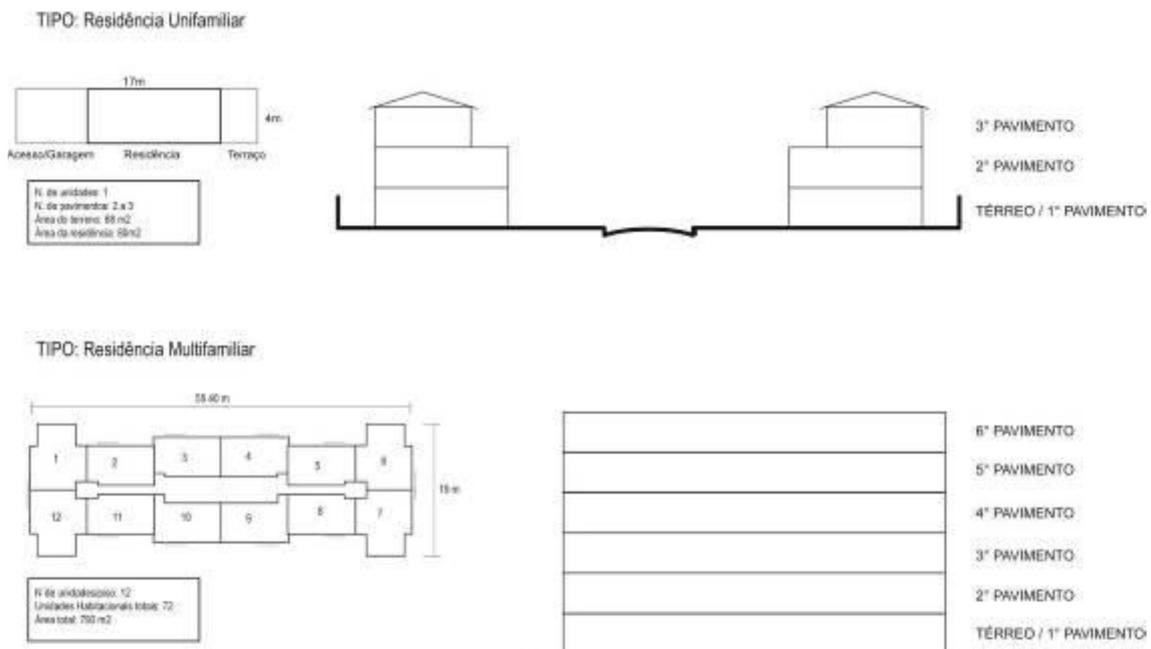
Figura 16: Modelagem 3d de condomínio adjacente chamado Pontal Oceânico.



Fonte: WebStand, 2018.

Os tipos construtivos adotados para as simulações foram baseados naqueles produzidos pelo mercado imobiliário consistindo em edifícios residenciais de unidades multifamiliares com 2 e 3 quartos e áreas aproximadas de 55 e 65 m², respectivamente.

Figura 17: Tipologias residenciais a serem empregadas na simulação. O número de pavimentos é variável.



Fonte: Cardeman, 2014.

2.2 A MODELAGEM MATEMÁTICA DE CHEIAS

Como parte da metodologia deste trabalho, foi escolhido o modelo de células de escoamento, denominado MODCEL, desenvolvido na UFRJ por Miguez (2001), como ferramenta para diagnosticar e prognosticar o comportamento das águas de chuva na área de estudo.

O MODCEL permite a representação do espaço urbano por meio de compartimentos homogêneos que cobrem toda a bacia e faz com que ela se integre e interaja em função do escoamento que ocorre calculando as lâminas d'água, vazões e o dimensionamento de reservatórios possibilitando uma análise sistêmica de toda a área.

Para realizar a modelagem matemática, utiliza-se o padrão de urbanização a ser simulado considerando o comportamento médio das áreas urbanizadas e que pode ser aplicado a qualquer célula da planície baseado no conceito de células de escoamento (ZANOBETTI et al, 1970).

A modelagem de cheias urbanas composta por rios naturais ou canais e galerias de drenagem pode ser desenvolvida por meio de uma abordagem bidimensional do plano de escoamento, que represente exatamente esta interação entre rios, canais, galerias e as áreas alagadas. As relações matemáticas entre compartimentos diferentes podem ser descritas por equações unidimensionais. Esta compartimentalização consiste na definição de áreas de características homogêneas, sendo estes compartimentos resultantes chamados de células de escoamento (YAMAMOTO, 2017).

Segundo Yamamoto (2017), a concepção original do modelo de células de escoamento (Zanobetti et al., 1970) destinou-se à representação de grandes planícies rurais alagáveis. A Tese de Doutorado de Miguez (2001) estende e adapta os conceitos envolvidos na modelação por células para aplicação a uma bacia urbana visando contemplar a diversidade apresentada em um movimento de cheia em uma cidade.

A autora corrobora com sua ideia afirmando que a possibilidade da concepção de diferentes tipos de células dá flexibilidade ao modelo e permite a reprodução de uma grande multiplicidade de padrões de escoamento. A adequada representação dos padrões de escoamento é fundamental para a obtenção de bons resultados neste tipo de modelação, pois é o padrão definido que irá orientar as direções para as quais se escrevem as equações de escoamento.

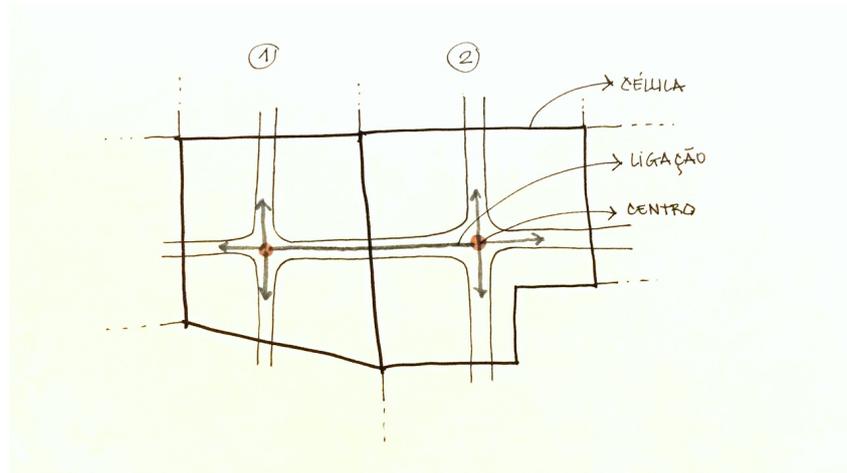
Ao produzir um modelo como este, pode-se reproduzir cheias já ocorridas para a sua aferição e, considerando dadas condições pré-existentes e índices pluviométricos de projeto, pode-se:

1. Mapear áreas de alagamento, associando-as a riscos, para fins de planejamento de ocupação futura ou para orientação à população já existente nestes locais, possibilitando a realocação da população afetada, quando for possível e viável, do ponto de vista social e econômico, a critério da administração pública.
2. Fazer projeções futuras de alagamento para cenários de maior urbanização ou de modificações na concepção urbanística.
3. Verificar quais são as melhorias possíveis para a atenuação das cheias, pela introdução de obras diversas sobre a rede de drenagem ou fora dela, tomando a bacia como um todo, funcionando sistemicamente, sendo viável comparar diversas alternativas de projeto antes de sua implantação.

Miguez (2001) adota as seguintes hipóteses quando considera uma bacia hidrográfica urbana: a formação de uma rede de escoamento bidimensional com células que possuem a possibilidade de escoamento em várias direções. Estas células possuem uma superfície livre e o nível d'água é considerado horizontal com sua área dependendo da elevação do nível d'água do seu interior e o volume de água contido em cada célula está diretamente relacionado com o nível d'água de seu centro. Há comunicação de cada célula com a célula vizinha num esquema topológico, constituído por grupos formais. As figuras 18 e 19

apresentam o modelo de interação de células em uma simulação no MODCEL, em planta e corte, respectivamente.

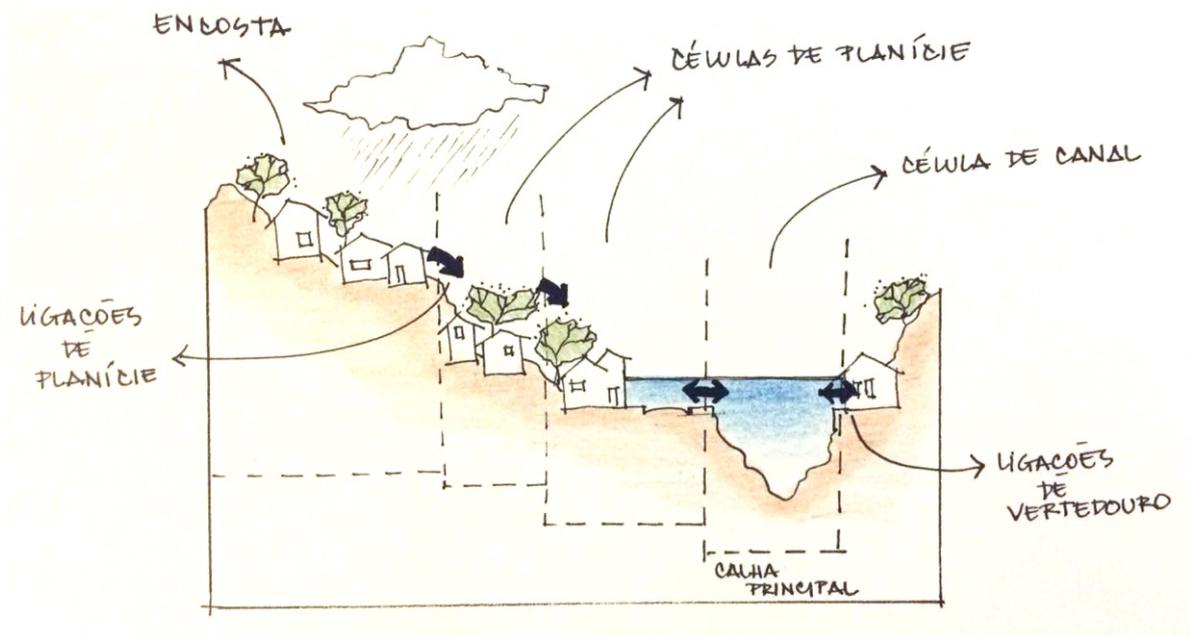
Figura 18: Modelo de interação das células em uma simulação no MODCEL em planta.



Fonte: Autora, 2018.

O escoamento entre elas pode ser calculado através de leis hidráulicas. Células adjacentes têm sua vazão em função dos níveis d'água no centro dessas células e as seções transversais de escoamento são consideradas como seções retangulares equivalentes, simples ou compostas.

Figura 19: Representação por células mostrando interfaces dos escoamentos superficiais em corte.



Fonte: Autora, 2018, com base em desenho de Miguez, 2001.

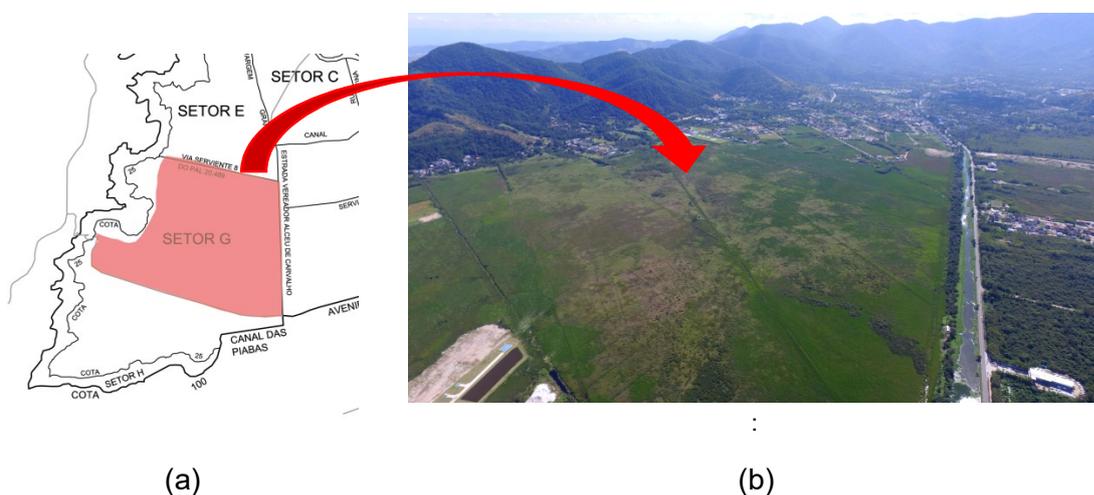
Foi utilizada chuva de tempo de recorrência igual a 25 anos, conforme preconiza o Ministério das Cidades, para financiamento de projetos de macrodrenagem.

A simulação dos cenários de projeto se deu a partir de alterações no modelo desenvolvido por YAMAMATO (2017), cuja descrição será feita no Capítulo 4.

CAPÍTULO 3: DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta dissertação tem como estudo de caso áreas de expansão urbana e terá como recorte geográfico para aplicação da metodologia uma área delimitada dentro do Setor G, que consta no PEU Vargens, como pode ser observado na figura 20.

Figura 20: (a) Imagem demonstrando anexo III A com setorização do PEU e destacando recorte geográfico a ser trabalhado e (b) Foto aérea dos Campos de Sernambetiba.

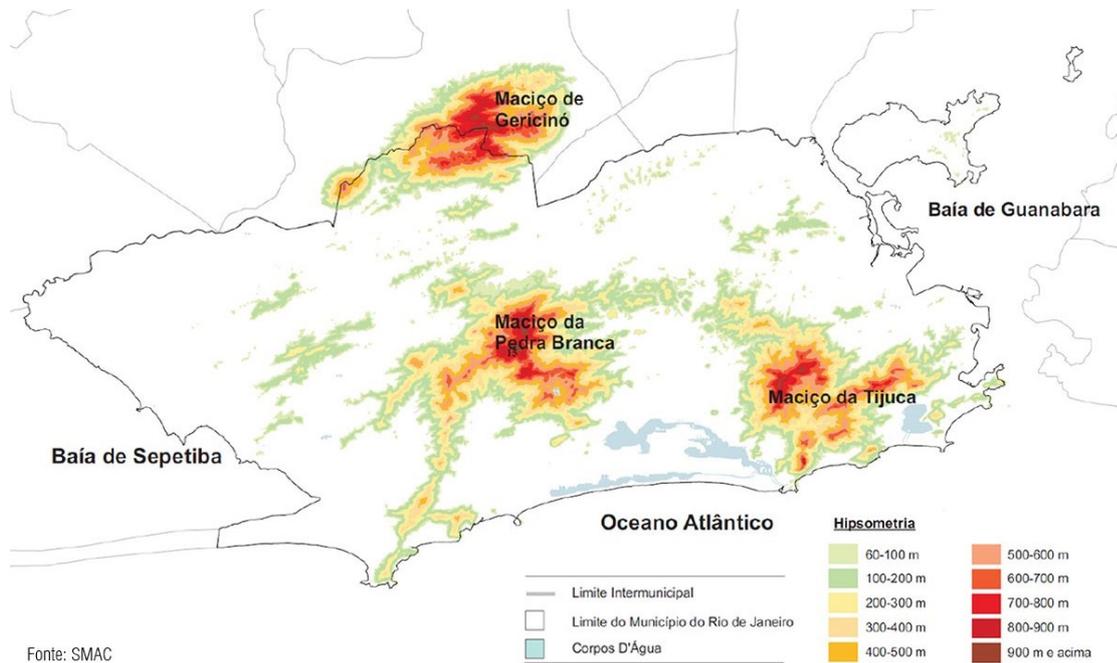


Fonte: (a) Site da prefeitura do Rio de Janeiro <acessado em 20/07/2018> e (b) MAYRINK - 2017.

3.1 A SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DOS CANAIS

O Rio de Janeiro tem seu relevo caracterizado por montanhas e escarpas da vertente oceânica da Serra do Mar e possui três grandes maciços montanhosos: os maciços da Tijuca, de Gericinó (figura 21).

Figura 21: Mapa indicando a localização dos Maciços da cidade do Rio de Janeiro.

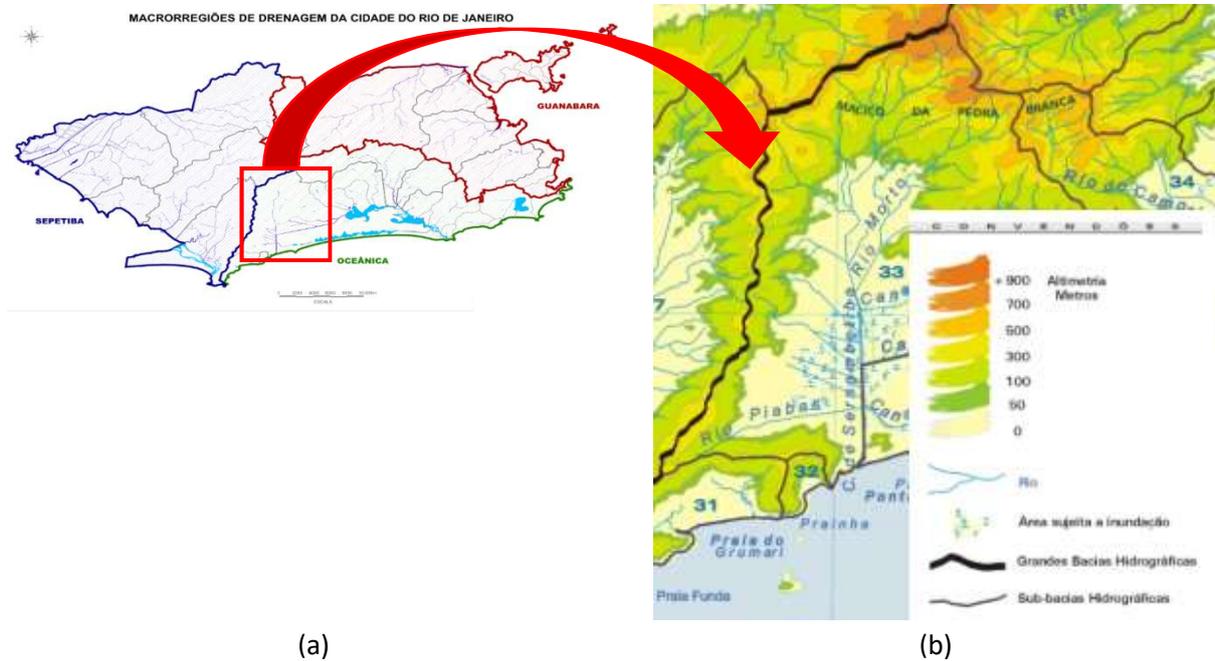


Fonte: SMAC

Fonte: SMAC.

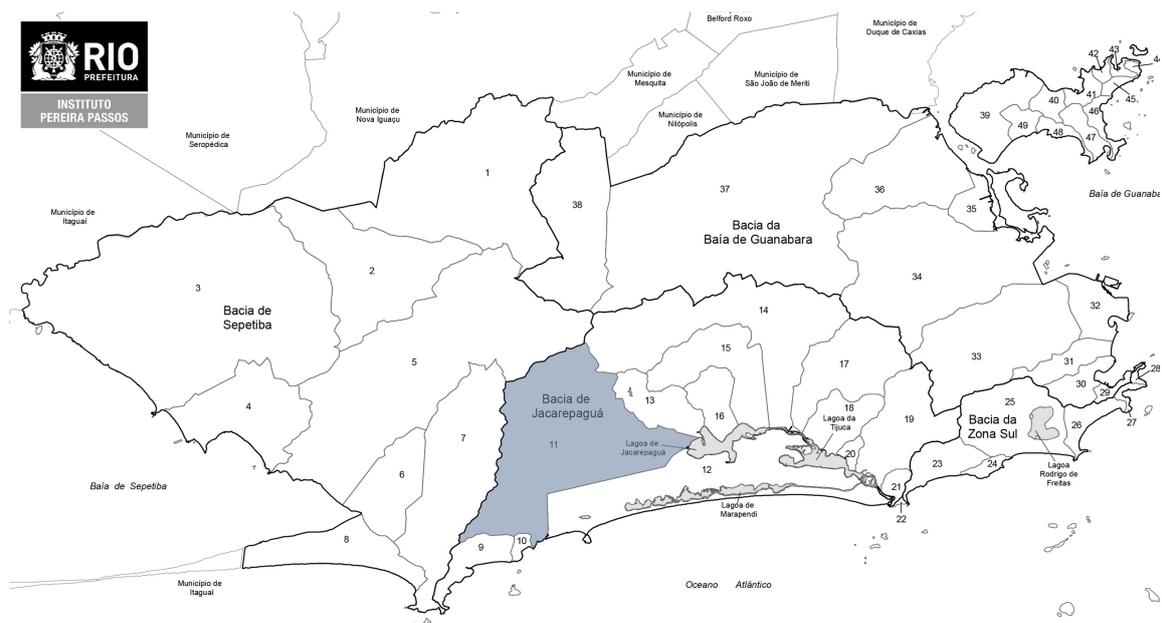
No ano de 2015, foi elaborado o Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro, baseado e adaptado do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro e desenvolvido pela Fundação Rio - Águas e Consórcio Hidrostudio. Nele a superfície total da cidade do Rio de Janeiro foi dividida em três grandes macrorregiões de drenagem: Guanabara, Oceânica e Sepetiba. O recorte geográfico escolhido pertence à Macrorregião de Drenagem Oceânica, como pode ser observado na figura 22, fazendo parte da Bacia de Jacarepaguá, na sub-bacia da Zona dos Canais, mais especificamente na microbacia do Rio Vargem Grande (figura 23). Segundo Rocha (2015), a Baixada de Jacarepaguá possui uma área de 176km², circundada pelos maciços da Pedra Branca e Tijuca, .

Figura 22: (a) Mapa das Macrorregiões de drenagem da cidade do Rio de Janeiro (2015) e (b) Detalhe do mapa de bacias e sub-bacias hidrográficas da região de Vargens.



Fonte: (a) Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro, 2015 e (b) Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro – 2004 <acesso: 24/07/2018>.

Figura 23: Mapa Bacias, Sub-Bacias e Microbacias Hidrográficas – 2012.



Fonte: Instituto Pereira Passos.

A degradação da qualidade ambiental urbana em Vargem Grande vem acontecendo em decorrência de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, que se tornam cada vez mais presentes e visíveis no cotidiano da Baixada de Jacarepaguá. O aumento da concentração populacional traz consigo novos loteamentos e construções, intervenções urbanísticas diversas, ampliação de serviços de infraestrutura, atividades industriais e comerciais, exploração de recursos naturais, ocupações irregulares, entre outras várias atividades que, sem a devida avaliação e controle de suas implicações ambientais, acabam causando alterações adversas no ambiente.

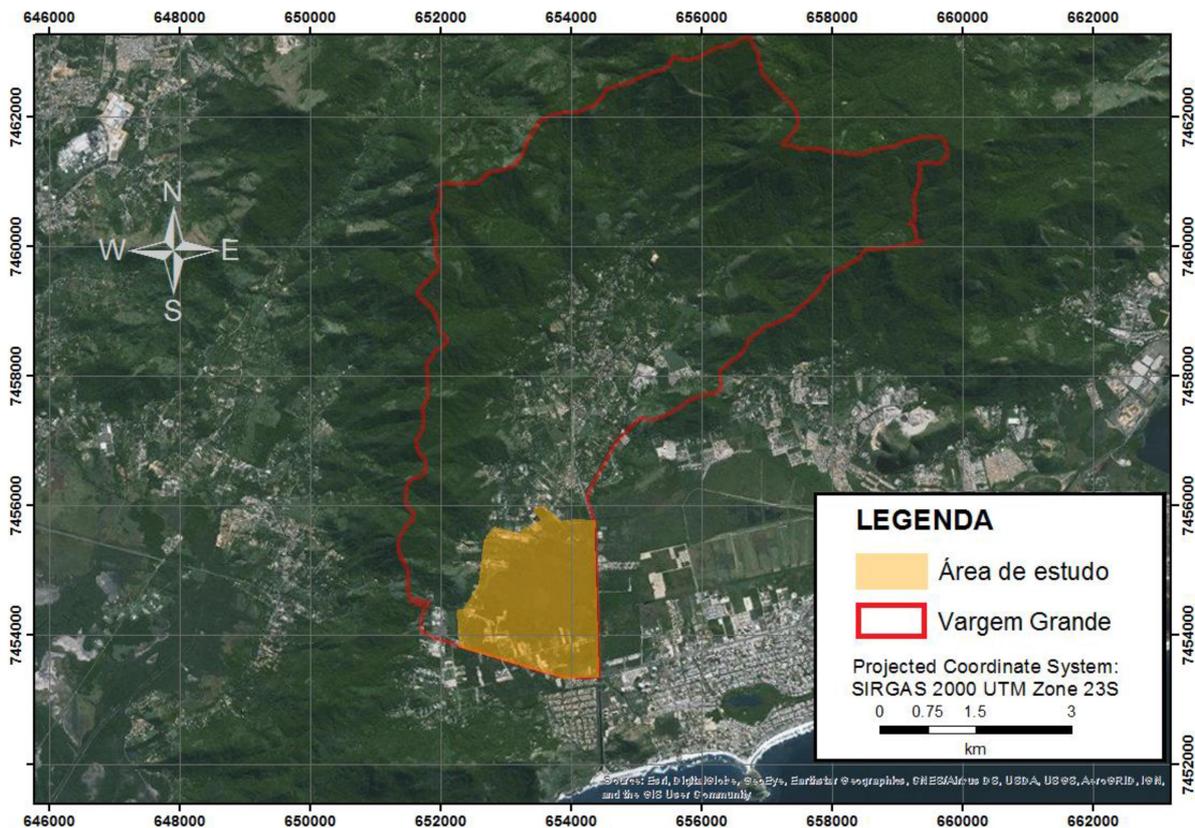
A incorporação da área da Baixada de Jacarepaguá à malha urbana carioca, que vem fazendo todo o sistema lagunar sofrer a influência do processo ocupacional que a região apresenta. Além disso, aterros e desmatamentos, adicionados ao despejo de dejetos, rejeitos industriais, lixo e o aporte de água doce do esgotamento sanitário que vem se ampliando ao longo das últimas décadas, está acarretando problemas como assoreamento, mortalidade de peixes, mudança na tonalidade da água, mau cheiro, “explosão” de algas, enchentes entre outras coisas (PIMENTA et al, 2003).

A sub-bacia hidrográfica da Zona dos Canais se localiza no Bairro Vargem Grande, na Zona Oeste do Rio de Janeiro, entre o Maciço da Pedra Branca (PEPB – Parque Estadual da Pedra Branca) e a orla marítima.

Grande parte do bairro está localizado em área preservada, dentro do Parque Estadual da Pedra Branca, o que acaba conservando seu funcionamento. A parte que não está nos limites do parque, onde há assentamento humano, apresenta ocupação irregular de margens, em áreas de risco, e inclusive dentro da própria calha de alguns dos canais, assoreamento em diversos pontos com grande lançamento ilegal de esgoto e lixo, problema de recorrentes cheias devido a todos os fatores listados anteriormente e a extrema precarização do sistema

de infraestrutura. O recorte geográfico escolhido para o trabalho aparece na figura 24, marcado de laranja.

Figura 24: Localização do recorte de estudo em bairro de Vargem Grande e a localização do bairro na cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: YAMAMOTO, 2017, base ArcGis.

O Canal de Sernambetiba inicia sua trajetória com a nomenclatura de Rio Vargem Grande e só passa a ser chamado de Canal de Sernambetiba no trecho a jusante da Av. das Américas, onde é interligado à Lagoa de Marapendi por meio do Canal das Taxas e à Lagoa de Jacarepaguá por meio do Canal do Cortado, compondo o grande complexo hídrico conhecido como Zona dos Canais (figuras 25 e 26).

Figura 25: Corpos-d'água da região do Bairro de Vargem Grande.



Fonte: Proposta para audiência de aprovação do PEU VARGENS.
http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/91237/4160618/PEU_VARGENS_AUDIENCIA.pdf.
<acessado em 27/09/2018>

Figura 26: Canal de Sernambetiba tendo como fundo os Campos de Sernambetiba e o Parque Estadual da Pedra Branca



Fonte: autora – 2017

Segundo Montezuma et al. (2010) a bacia apresenta dois domínios montanhosos: o serrano e o da baixada. Marques (1990) afirma que 70% da área está localizada em altitudes elevadas e 30% está na área de baixada. Dados de 2009 do IPP apontam que a sub-bacia da Zona dos Canais possui uma área de 72,07 km² e a rede de drenagem apresenta um padrão dendrítico nas vertentes, com uma rede hidrográfica caracterizada por uma grande quantidade de afluentes e subafluentes. Esta bacia hidrográfica possui 31 corpos hídricos entre rios, canais e drenos, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Lista dos rios da Zona dos Canais.

Curso d'Água	Bairro (s)	Extensão(km)	Vertente	Foz
Rio Vargem Pequena	Vargem Pequena	3.9	M. do Sacarrão	C. do Portelo
Rio Vargem Grande	Vargem Grande	*	R. da Toca, R. Cambugui e R. Paineiras	C. de Sernambetiba
Rio do Marinho	Recreio dos Bandeirantes	0.7	C.do Portelo e C. do Cortado	L. de Jacarepagua
Rio das Paineiras	Vargem Grande	2.2	R. da Divisa e R. Mucuiba	R. Vargem Grande
Rio Morto	Vargem Grande	3.2	R. Sacarrão	R. Paineiras
Rio Bonito	Vargem Grande	5.1	M. da Boa Vista	C. de Sernambetiba
Rio Portão	Vargem Grande	2.6	M. da Boa Vista	R. Vargem Grande
Rio Calembá	Vargem	2.4	S.do Sacarrão (próx. a Pe. Rosilha)	C. do Portelo
Rio Cancela	Vargem	3.5	S. do Sacarrão	C.do Portelo
Rio Firmino	Camorim	0.4	Próximo a Pe. do Calembá	C.do Portelo
Rio do Sacarrão	Vargem Grande	5.2	R. Café	C.de Sernambetiba
Rio do Café	Vargem Grande	1.3	Alto da Barroca	R. Sacarrão
Rio Branco	Vargem Grande	1.6	S. Santa Bárbara	R. Morto
Rio da Divisa	Vargem Grande	1.5	M. Santa Bárbara	R. Paineiras
Rio Mucuiba	Vargem Grande	2.3	S. Santa Bárbara	R. Paineiras
Rio Água Fria	Vargem Grande	2.1	Mação da Pedra Branca	R. da Divisa
Rio do Cafundá	Vargem Grande	1.5	M. do Quininho	R. da Divisa
Rio Cambugui	Vargem Grande	3.4	M. dos Cabodos	R. Vargem Grande
Rio Cachoeira	Vargem Grande	2.8	M. dos Cabodos	R. da Toca
Rio da Toca	Vargem Grande	0.7	S. das Tocas	R. Vargem Grande
Rio do Moinho	Vargem Grande	2.0	*	*
Rio do Morgado	Vargem Grande	2.4	Pico do Morgado	R. da Toca
Rio Ubaeté	Recreio dos Bandeirantes	1.4		
*	Vargem Grande	*	Próx. Av. das Américas	C. de Sernambetiba
*	Vargem Grande	*	R. Bonito	C. de Sernambetiba
*	Vargem Grande	*	M. Elias	R. Portão
*	Vargem Grande	*	Próx. a Estr. dos Bandeirantes	R. Vargem Grande
*	Vargem Grande	*	Alto da Capelinha	R. Cambugui
*	Vargem Grande	*	Alto da Mangalarga	R. da Divisa
*	Vargem Grande	*	Alto da Mangalarga	R. da Divisa
*	Vargem Grande	*	M. Santa Bárbara	R. da Divisa
*	Vargem Grande	*	M. Santa Bárbara	R. da Divisa
*	Vargem Grande	*	Alto da Mangalarga	R. da Divisa
*	Vargem Grande	*	Chapadão	R. da Divisa
*	Vargem Grande	*	Alto da Barroca	R. Sacarrão
*	Vargem Grande	*	Pi. do Sacarrão	R. Sacarrão
*	Vargem Grande	*	S. Alto Peri	R. Sacarrão
*	Vargem Grande	*	M. Sacarrão Pequeno	R. Morto
*	Vargem Grande	*	M. Sacarrão Pequeno	R. Morto
*	Vargem Pequena	*	Próx. Estr. dos Bandeirantes	C. do Portelo
*	Vargem Pequena	*	Próx. Estr. dos Bandeirantes	C. do Portelo
*	Vargem Pequena	*	Próx. Estr. dos Bandeirantes	C. do Portelo
*	Vargem Pequena	*	S. Alto Peri	R. Vargem Pequena
*	Vargem Pequena	*	S. do Sacarrão	R. Canela
*	Vargem Pequena	*	Pe. Rosilha	R. Calembá
*	Vargem Grande	*	S. Santa Bárbara	R. Sacarrão
Canal do Pasto	Vargem Pequena	1.7	M. Sacarrão Pequeno	C. do Portelo
Canal de Sernambetiba	Recreio dos Bandeirantes	3.6	R. Vargem Grande e Morto	Oceano
Canal do Cascalho	Vargem Grande	2.9	S. Geral de Guaratiba	C. de Sernambetiba
Canal das Piabas	Recreio dos Bandeirantes	5.3	R. das Piabas	C. de Sernambetiba
Canal do Urubu	Recreio dos Bandeirantes	2.7	C. do Cortado	C. do Portelo
Canal do Portelo	Recreio dos Bandeirantes	7.4	R. Paineiras	R. Vargem Pequena
Dreno K	Vargem Grande	2.2	Próx. Av. das Américas	C. de Sernambetiba
Canal do Cortado	Vargem Pequena	2.5	C. de Sernambetiba	L. de Jacarepaguá

Fonte: Site da Educação Pública do Rio de Janeiro

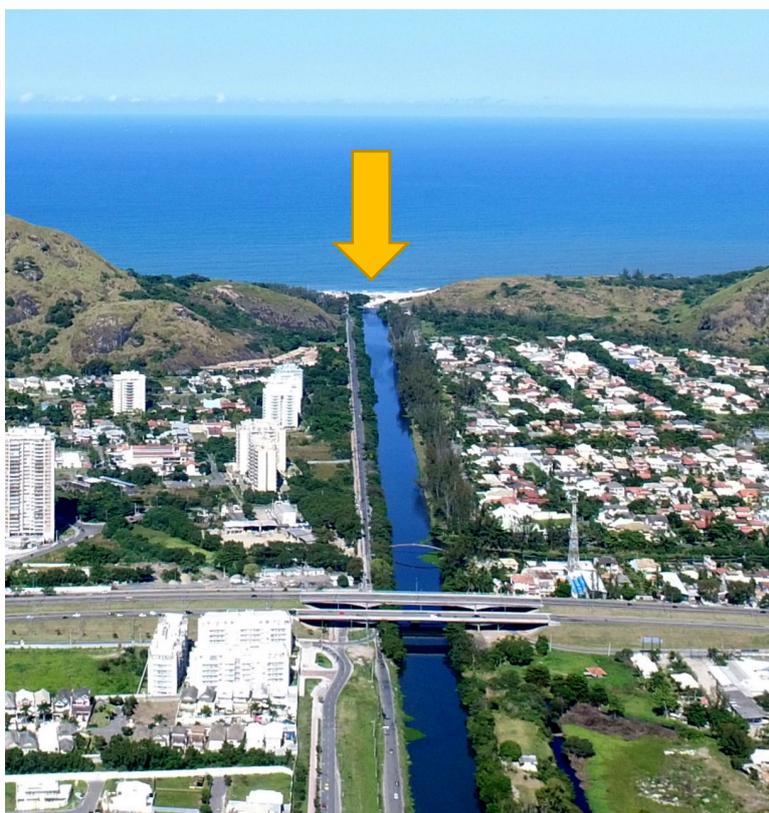
Segundo o Plano de Manejo de Águas Pluviais (2015), os pontos mais críticos registrados na bacia do rio da Vargem Grande estão situados na Rua Vereador Alceu de Carvalho, entre a Rua Joaquim Gomes e a Estrada do Rio Morto, bem como a presença de pontos de inundação no Rio Morto, cuja bacia é adjacente a do Rio da Vargem

Grande. Ao longo do seu traçado, o canal recebe três valas, uma em cada margem. Há o encontro com o Rio Portão com o Rio Cachoeira mais à jusante.

A abertura do Canal de Sernambetiba, ligando a planície ao oceano, foi uma intervenção de drenagem de grande porte, assim como a retificação de outros cursos d'água na região, como o Canal das Piabas, mais a jusante. Segundo Freitas (2009), os rios dessas sub-bacias deságuam no Canal de Sernambetiba, que, por sua vez, tem sua desembocadura no mar, na praia da Macumba, no Bairro do Recreio dos Bandeirantes, como pode ser observado na figura 27. CONSEMAC (2009) apresenta um breve relato sobre o assoreamento na desembocadura do canal de Sernambetiba:

“O canal de Sernambetiba deságua na praia do Pontal após drenar a Baixada de Jacarepaguá em sua porção Oeste. A sua desembocadura é problemática visto que esta se apresenta periodicamente bloqueada pela areia depositada pela deriva oceânica [...] impedindo a drenagem plena da região, ocasionando grandes inundações e enchentes em toda planície situada a montante. Nos períodos de chuvas as águas do canal transbordam provocando inundações em grande extensão da Avenida Canal Vereador Alceu de Carvalho, tornando a mesma intransitável, afetando a qualidade de vida de moradores que necessitam desta via para se locomover, além de tornar-se foco para a disseminação de doenças, como a dengue e a leptospirose. Uma escavadeira na embocadura do canal local tenta minimizar o bloqueio através da constante retirada de areia (CONSEMAC, 2009)”.

Figura 27: Desembocadura do Canal de Sernambetiba no bairro Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, RJ.

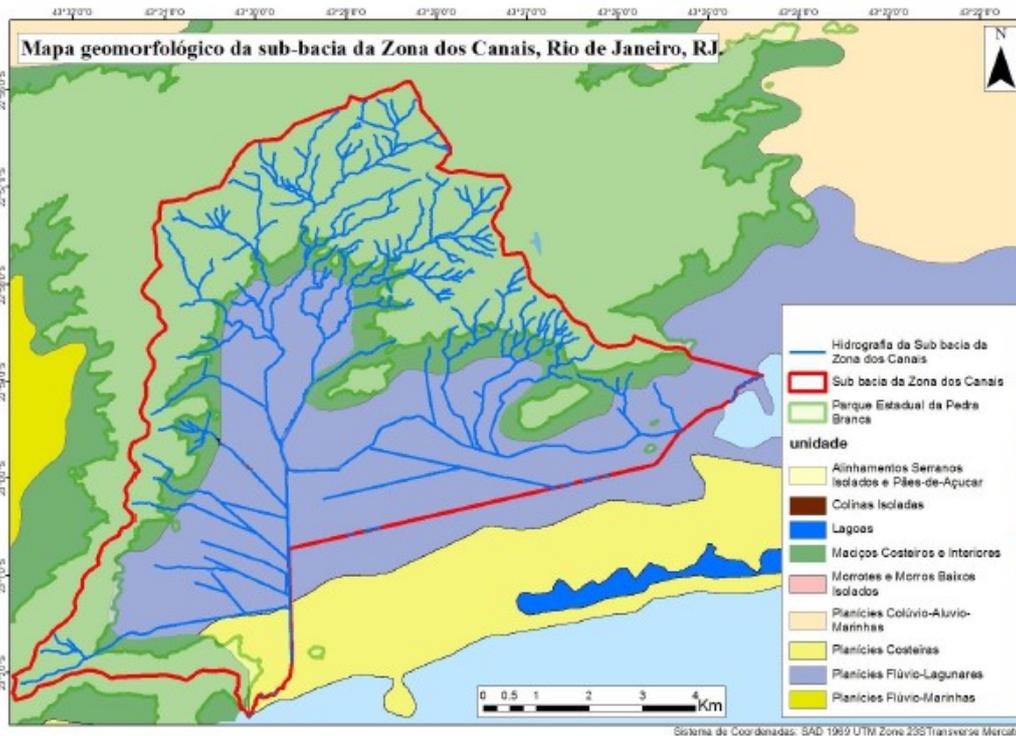


Fonte: Autora – 2017

Segundo as informações do mapa geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro, a área possui dois sistemas de relevo, de agradação e de degradação em áreas montanhosas.

Segundo Rocha (2015), no sistema de relevo de agradação, na parte de baixada da sub-bacia da Zona dos Canais, localizam-se as áreas de planícies fluviolagunar com superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e lagunares. No sistema de degradação encontram-se maciços costeiros e interiores, com relevo montanhoso e acidentado, localizado em meio aos domínios de baixada e planícies costeiras. Ainda, apresentam vertentes em sua maioria retilíneas, em vez de côncavas, densidade de drenagem alta a muito alta, apresentando padrão variável e predomínio de amplitudes topográficas superiores a 300m, com gradientes muito elevados. A figura 28 apresenta um mapa geomorfológico da sub-bacia da Zona dos Canais.

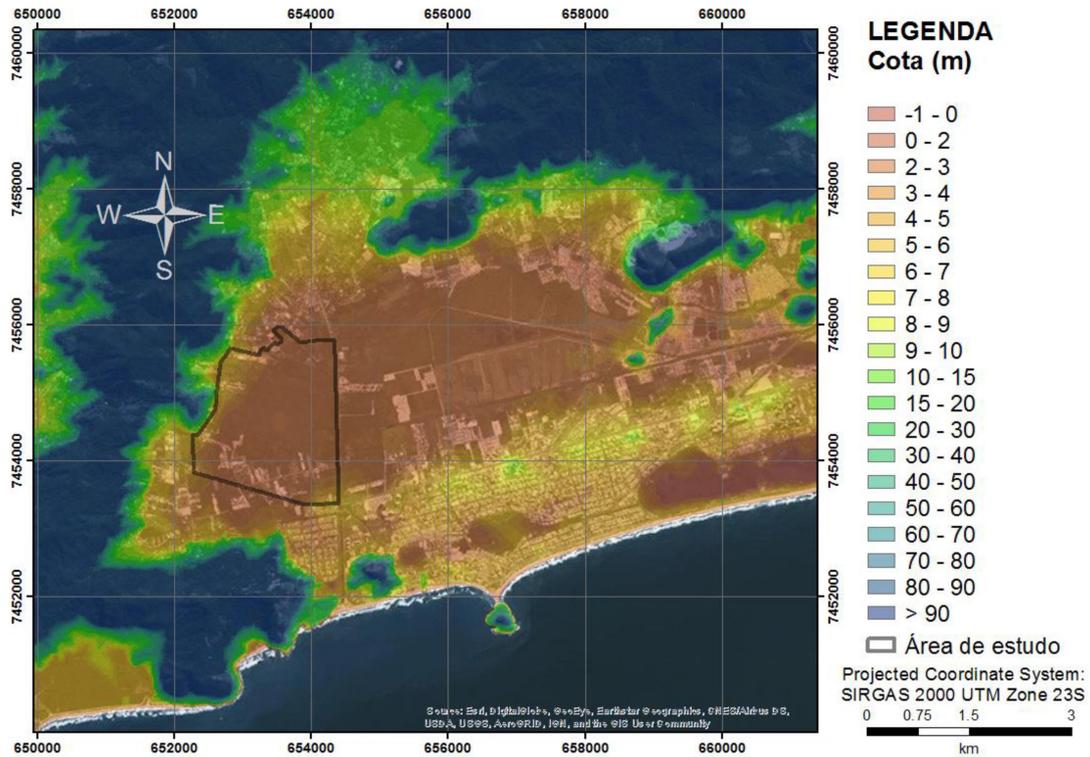
Figura 28: Mapa geomorfológico da sub-bacia da Zona dos Canais, Rio de Janeiro.



Fonte: Serviço Geológico do Brasil, 2015.

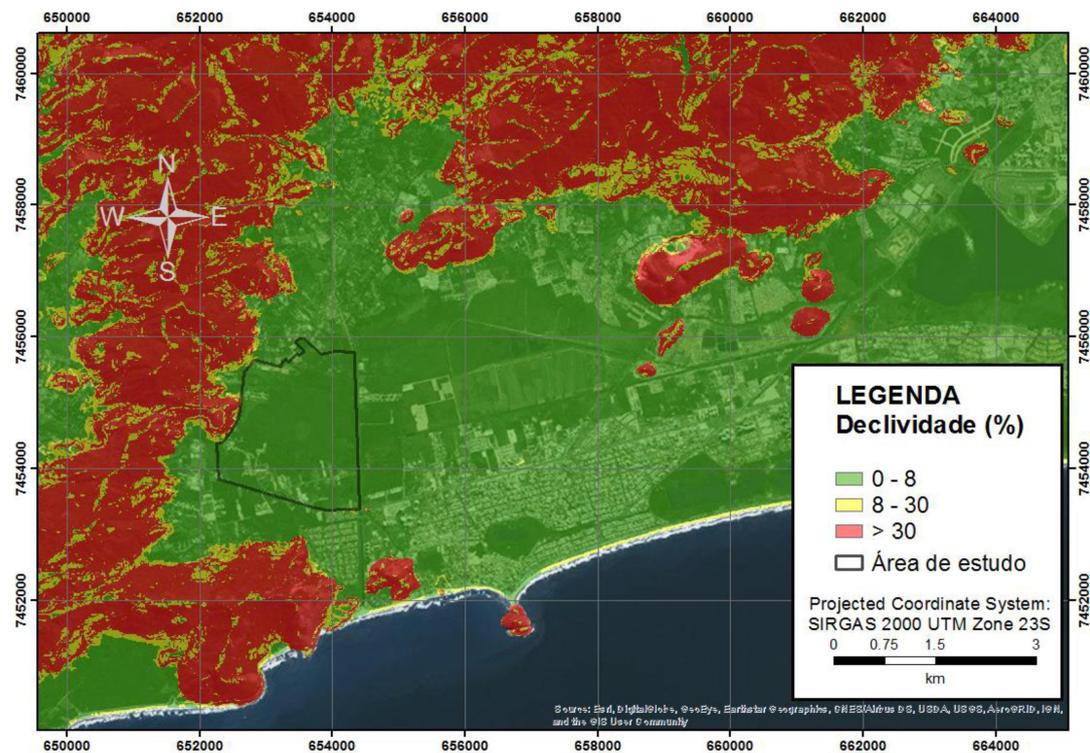
Como observou Yamamoto (2017), por ser uma região situada entre uma cadeia montanhosa e o mar, a topografia é marcada por grande variação de cotas (Figura 29) e por trechos de variadas declividades (Figura 30). A área de estudo apresenta cotas do terreno que variam entre 1,10 e 7,00m, estando a maior parte de sua extensão entre 1,20m e 1,70m, o que caracteriza uma grande planície costeira.

Figura 29: Mapa de topografia com destaque para área em foco.



Fonte: YAMAMOTO, 2017, base ArcGis.

Figura 30: Mapa de Declividades com destaque para área em foco.



Fonte: YAMAMOTO, 2017, base ArcGis.

Esse tipo de relevo apresenta alta declividade, o que potencializa o problema de cheias. Ademais, as mudanças no uso da terra no processo de urbanização, com a retirada de vegetação, e consequente erosão do solo, e impermeabilização, geram um maior escoamento superficial, alterando a intensidade das inundações à jusante.

Até o século XX, as áreas próximas à confluência do Rio Morto e Vargem Grande costumavam ser sujeitas a alagamentos e, por isso, de difícil ocupação (ROCHA, et al. 2015). A figura 31 apresenta imagem de um condomínio afetado por enchente em Vargem Grande.

Figura 31: Condomínio afetado por enchente em Vargem Grande.

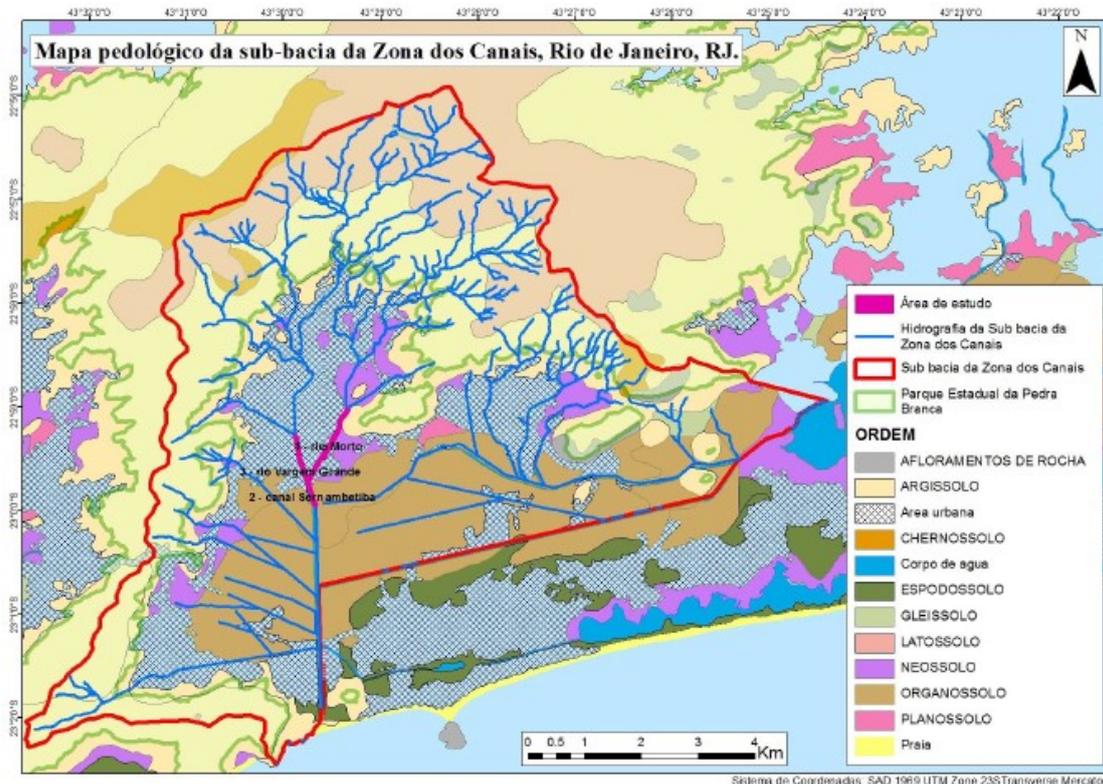


Fonte: Mario Moscatelli– 2010

As águas que correm para o Canal de Sernambetiba são ricas em sedimentos, contribuindo para o assoreamento do leito, o que aumenta a velocidade da água. Tal fator leva à erosão do solo, postergando para jusante a intensificação dos problemas físico-ambientais. No mapa pedológico da figura 32, é possível observar que uma grande parte do solo da Sub-bacia da Zona dos Canais é composta por organossolo e neossolo flúvico. O organossolo, com alta carga de matéria orgânica e lençol freático próximo à superfície, permanece saturado de água boa parte do ano, sendo sua drenagem muito pobre

devido ao alto teor de argila (IBGE, 2007). O neossolo flúvico ocorre um pouco a montante da área de baixada, na parte norte do rio Morto. Configura um solo jovem com influência de água doce.

Figura 32: Mapa pedológico da sub-bacia da Zona dos Canais, Rio de Janeiro.



Fonte: Serviço Geológico do Brasil complementado por MENDONÇA, 2015.

Segundo Mendonça (2015), à montante, onde estão os maciços costeiros e de interiores, encontra-se predominância de rochas graníticas. Na área central, e a leste e nordeste se destacam os gnaisses, além de diques de rochas básicas e fraturas extensionais (CASTANHEIRA & FREITAS, 2005). Localizam-se, também, solos do tipo argissolo, caracterizados por serem mais suscetíveis aos processos erosivos, implicando em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais (IBGE, 2007).

No caso do Canal de Sernambetiba, o problema das cheias se classifica ao mesmo tempo em ribeirinhas e urbanas, pois possui parte de suas margens ocupadas com processo crescente de favelização. Isso vem afetando esta parcela da população e vias próximas com

sérios problemas de alagamentos, resultantes da falta ou ineficiência do sistema de drenagem. A sub-bacia da Zona dos Canais teve sua ligação com o Canal de Sernambetiba sofrendo várias interrupções desde anos 80, em virtude de bancos arenosos que se formaram diversas vezes na saída do canal. Nessas ocasiões não havia fluxo e as águas ficavam estagnadas. O Canal de Sernambetiba, mesmo não estando ligado às lagoas, deveria apresentar um comportamento similar aos demais canais para a relação velocidade/vazão. Porém a formação de bancos arenosos na sua foz, no mar, modificou seus fluxos e a relação não foi significativa.

Hoje, as águas das bacias dos Rios Piabas, Branco e Vargem Grande, são conduzidas para o Canal de Sernambetiba e, através deste, para o mar. Quando ocorrem chuvas mais intensas, suas águas se espriam nos Campos de Sernambetiba, já tendo ocorrido inundações na área de confluência dos Rios Branco e Vargem Grande com o Canal de Sernambetiba (figura 33).

Figura 33: Enchente de 2010 em Vargem Grande.



Fonte: Mario Moscatelli, 2012.

Os rios da bacia da Vargem Pequena lançam suas águas no Canal do Portelo, e por este, para a Lagoa de Jacarepaguá. Em época de muita

chuva, o Canal do Portelo extravasa suas águas para os Campos de Sernambetiba (figura 34), que são áreas embrejadas, paralelas aos cordões de praias, situadas nas depressões existentes entre os cordões litorâneos, que sofrem um processo de colmatação e constituem grandes corpos de áreas pantanosas, principalmente ao longo dos Canais do Cortado e Sernambetiba (SMAC, 2015);

Figura 34: Alagamento na Estrada Vereador Alceu de Carvalho na margem do Canal de Sernambetiba.



Fonte: obtido de O GLOBO, 2016.

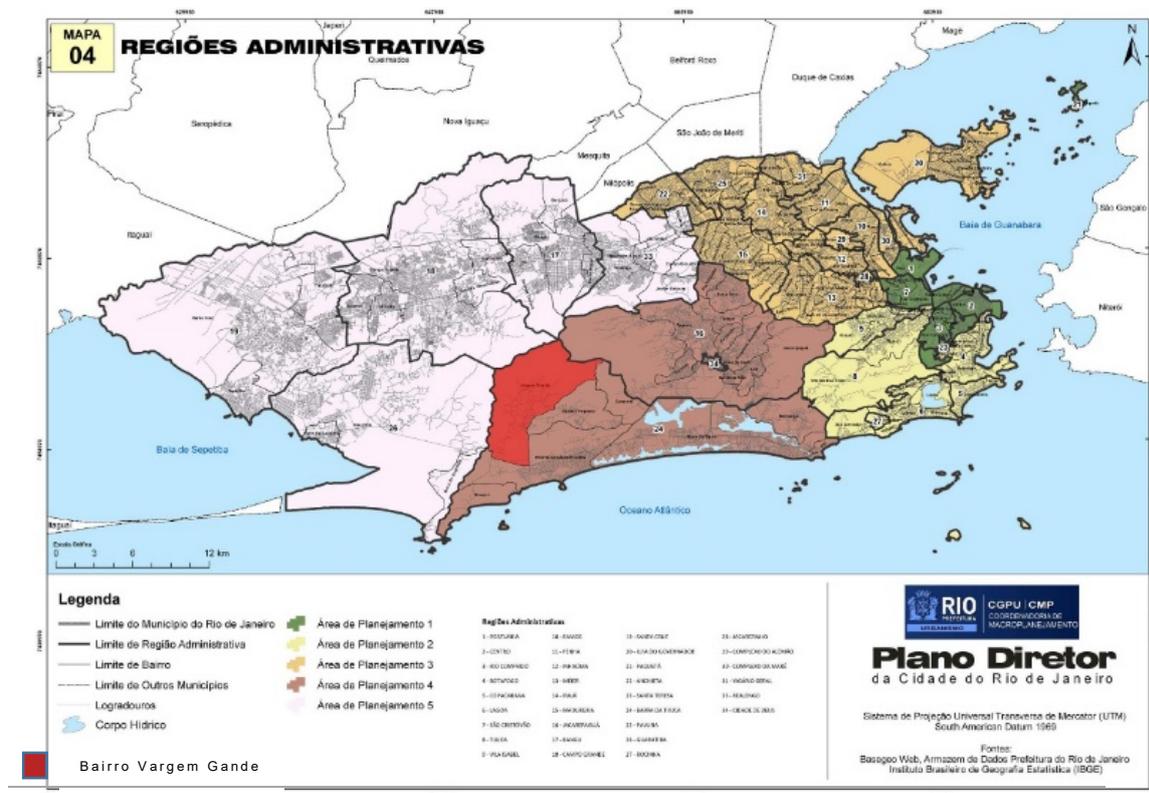
Os solos orgânicos, isto é, as argilas e os siltes orgânicos são dominantes nas porções oeste e nordeste da baixada "Campos de Sernambetiba" e aparecem a diversas profundidades em intercalações com lentes e camadas arenosas. Ocorrem solos orgânicos distróficos, mal drenados, apresentando a maior e mais espessa área de turfa da baixada. Na baixada, os terrenos de origem marinha, mais altos e com grande permeabilidade, contrastam com os terrenos mais baixos, constantemente saturados de água, que circundam as lagoas mais interiores e compõem a área dos Campos de Sernambetiba.

O processo acelerado e predatório de urbanização da área vem apresentando inúmeras consequências diretas no ciclo hidrológico local como a remoção da cobertura vegetal, causando a redução da evapotranspiração, eliminação da proteção do solo contra erosão e a compactação e a redução da infiltração no solo, que sem a interceptação vegetal, passa a ter o escoamento superficial aumentado.

3.2 O PLANO DE ESTRUTURAÇÃO URBANA – O PEU DAS VARGENS

A área de estudo está inserida na Área de Planejamento 4 (AP4), na Zona Oeste do Rio de Janeiro, entre o Maciço da Pedra Branca (PEPB – Parque Estadual da Pedra Branca) e a orla marítima, sob administração da subprefeitura da Barra da Tijuca (ver figura 35) e sujeita a nova legislação definida pelo Plano de Estruturação Urbana Vargens

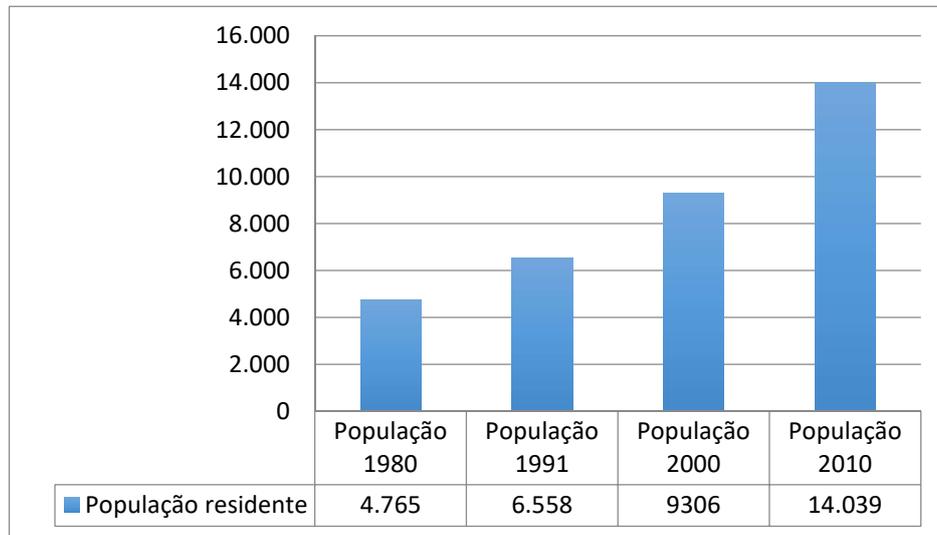
Figura 35: Mapa das Regiões administrativas do Plano Diretor do Rio de Janeiro (2009).



Fonte: Site da Prefeitura do Rio de Janeiro

Segundo a Prefeitura do Rio de Janeiro, o Bairro de Vargem Grande possui uma área de pouco mais de 393 km², estando aproximadamente 58% de sua área acima da cota 100m. A população conta com 14.039 pessoas (IBGE, CENSO 2010). Entre o CENSO 2000 e o 2010, o número de domicílios duplicou, passando de 2.696 para 5.925 (CENSO 2000, CENSO 2010), se refletindo no aumento da sua população, como mostra o gráfico da figura 36.

Figura 36: Gráfico com aumento da população residente no bairro de Vargem Grande.



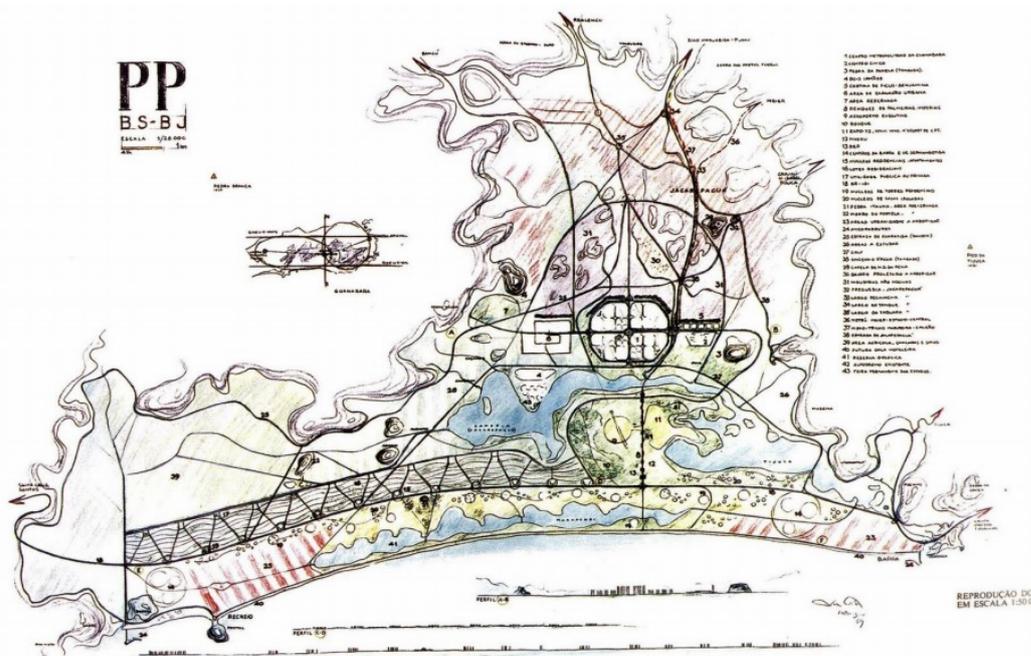
Fonte: Autora com dados cedidos pelo IBGE, 2018.

De acordo com as projeções obtidas pelo estudo realizado pelo Instituto Pereira Passos em 2013 o município do Rio de Janeiro terá uma população de cerca de 6,66 milhões nos próximos 17 anos. A pesquisa aponta que a maior expansão ocorrerá na região administrativa da Barra da Tijuca, com 31% em 2020, seguida da Rocinha (13,8%), de Jacarepaguá (13,2%) e de Guaratiba (13,1%), tendo, entre os bairros que mais crescerão, o de Vargem Grande.

Esse processo se iniciou na metade do século XX. A busca do capital por novos meios de se reproduzir optou por um modelo que objetivava a concentração de renda e que privilegiava o uso do automóvel na cidade. Com isso, houve profundas transformações espaciais que modificaram a estrutura urbana do Rio de Janeiro, acentuando a segregação socioespacial já existente. No final da década de 1960, o Estado continuou a persistir na expansão. Para tanto foram indispensáveis as iniciativas do capital privado e do Estado, que em ação conjunta, fizeram com que a região ganhasse acesso e infraestrutura aliados a novos empreendimentos, estes voltados para a classe média alta com o objetivo de desafogar a congestionada zona sul, abrindo novas terras para o capital imobiliário e possibilitando o crescimento urbano da cidade de forma planejada.

É nesse contexto, portanto, que foi elaborado o Plano Lucio Costa, aprovado em 23 de junho de 1969, que se constituiu como a principal referência para o ordenamento urbano da região. A intenção era transformar a Barra da Tijuca num elo entre a Zona Sul e a Zona Norte e fazer da Baixada de Jacarepaguá um novo polo de desenvolvimento da cidade. O Plano Lucio Costa foi elaborado para a Baixada de Jacarepaguá em 1969, determinou a divisão da região em 46 áreas, mas como pode ser visto na figura 37, não contempla as áreas agrícolas com maior tento. Logo após, em 1977, foi elaborado o Plano Urbanístico Básico (PUB-Rio) pela Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral da Cidade do Rio de Janeiro.

Figura 37: Plano Piloto para a urbanização da baixada compreendida entre a Barra da Tijuca, o Pontal de Sernambetiba e Jacarepaguá. Lucio Costa, 1969.



Fonte: COSTA, Lucio. Registro de uma vivência. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.

Segundo Cardeman (2014), o decreto que aprovou o PUB-Rio determina que o detalhamento e a atualização do Plano devem ser feitos através dos Projetos de Estruturação Urbana (PEU's), com o objetivo de estudar novos parâmetros urbanos que levariam em conta suas respectivas especificidades.

O PEU das Vargens foi aprovado pela Lei Complementar Nº 104 de 2009 decretada pela Câmara Municipal e sancionada pelo prefeito em exercício, Eduardo Paes, e trata do Projeto de Estruturação Urbana para os bairros de Vargem Grande, Vargem Pequena, Camorim e parte dos bairros Recreio dos Bandeirantes, Barra da Tijuca e Jacarepaguá.

A lei complementar nº 104, de 27 de novembro de 2009, que não está em vigor desde 2013, tem sido a norteadora da maior parte das construções em andamento atualmente na área. Ela institui o Projeto de Estruturação Urbana, PEU dos bairros de Vargem Grande, Vargem Pequena, Camorim e parte dos bairros do Recreio dos Bandeirantes, Barra da Tijuca e Jacarepaguá, nas XXIV e XVI Regiões administrativas, integrantes das Unidades Espaciais de Planejamento números 46, 47, 40 e 45 e dá outras providências em consonância com os princípios e diretrizes da Lei Complementar nº 16, de 4 de junho de 1992 que se refere ao Plano Diretor Decenal da Cidade do Rio de Janeiro, e da Lei Federal nº 10257, de 10 de julho de 2001, o Estatuto da Cidade.

O PEU Vargens determina como diretrizes básicas: proteção ao meio ambiente e à paisagem local, a complementação e a implementação do sistema viário projetado com enfoque na melhoria da mobilidade através de transporte de massa, utilização de instrumentos que possam arrecadar recursos para novos investimentos, conter a ocupação irregular na região, manutenção da atividade agrícola remanescente e ocupação e proteção da paisagem natural do sítio.

O Projeto de Estruturação Urbana Vargens tem por objetivos orientar a ocupação urbana na área de Jacarepaguá, levando em conta a proteção do meio ambiente, suas características paisagísticas e fragilidade ambiental e buscando uma relação adequada entre adensamento e as possibilidades do sítio. Ele também pretende integrar as ações administrativas dos diversos órgãos setoriais municipais, orientando a aplicação dos instrumentos da política urbana e viabilizando a reunião de recursos públicos e privados a partir da

utilização desta prática que vem sendo cada vez mais usada no Município do Rio de Janeiro como o Porto Maravilha, o Veículo Leve sobre Trilhos no Centro, o Parque Olímpico e as concessões do Engenho e quiosques e Bike Rio. O PEU também se propõe a adequar os parâmetros urbanísticos à realidade local, considerando a acelerada expansão da cidade de forma irregular na região e garantindo a participação da população local no desenvolvimento das propostas. Todos estes objetivos visam ser alcançados por meio da definição de diretrizes para a ocupação urbana, que se organiza de acordo com a setorização dos limites do PEU. Eles definem a determinação de normas e parâmetros urbanísticos que regularão o parcelamento, o uso e a ocupação do solo através da indicação de áreas prioritárias e previsão de mecanismos de aplicação que viabilizem as construções na área do PEU (Figura 38).

Figura 38: Mapa apresentando limite do PEU Vargens e do bairro Vargem Grande.



Fonte: Google, 2017.

Como diretrizes do PEU mais relevantes para esta dissertação destacam-se a proteção ao meio ambiente e à paisagem local, a compatibilização da ocupação urbana e do adensamento, com as

limitações do meio físico e com a capacidade da infraestrutura existente e a ser implantada estando em consonância com a Lei Complementar 111/2011, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro, que já prevê o Programa de Reflorestamento de Encostas, despoluição da Baixada de Jacarepaguá e Programa de proteção, recuperação e melhoria da infraestrutura. A complementação e implementação do sistema viário, também está nos planos da prefeitura, a ser implantados incluindo sistema de transporte de massa e sistema cicloviário, bem como a manutenção de atividade agrícola remanescente e o estímulo às atividades conservacionistas na região utilizando sua potencialidade para pesquisas científicas, educação ambiental, turismo ecológico e lazer.

Quanto à proteção do meio ambiente e paisagem local, são elencadas no artigo 6 desta lei complementar as áreas de fragilidades naturais da região, como áreas de baixios sujeitas à inundação, áreas de instabilidade geológica e de ocorrência de turfa, faixas marginais de proteção de rios, canais e outros corpos d'água, de acordo com o Código Florestal, a Lei Complementar nº12651, de 25 de maio de 2012. Em seu capítulo 2, o código se refere às áreas de preservação permanente e determina que as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene ou intermitente, excluído os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 metros em caso de zonas urbanas.

Segundo Cardeman (2014), em novembro de 2013, o governo municipal decidiu frear o ritmo de ocupação de Vargem Grande e criou, através de decreto municipal, a Área de Especial Interesse Ambiental, visando à revisão do PEU Vargens e considerando as questões ambientais da região. Em 2018 ainda estão acontecendo audiências para que ele retorne adequado à realidade local. Com este decreto ficaram suspensos, por prazo inicial de 180 dias, os processos de construção

ou acréscimos que não haviam sido protocolados até a data de publicação do mesmo e continuam até esta data.

Por outro lado, as outras legislações vigentes necessitam de maior fiscalização, pois construções irregulares vêm sendo feitas por toda a região. Lourenço (2012) contribui nesta linha afirmando que em 08 de janeiro de 1997, o Presidente Fernando Henrique Cardoso, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos pela Lei nº 9.433, cujo objetivo é organizar a utilização dos recursos, assegurando a essa e as futuras gerações água com qualidade e disponibilidade suficientes para a população através do uso sustentável. Os principais fundamentos dessa lei baseiam-se na água como bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado e que possui valor econômico. Devido à escassez de água em qualidade adequada para o consumo, torna-se cada vez mais difícil atribuir valor econômico a esse recurso e um breve relato de Lourenço se faz importante:

“A partir do reconhecimento do valor econômico, fez-se necessária a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, no incentivo a racionalização, e a utilização dos recursos financeiros em programas destinados a contemplar os recursos hídricos. Os valores devem respeitar os tipos de exploração dos recursos hídricos, que serão destinados aos estudos, programas, projetos e obras na bacia hidrográfica utilizada. Esta medida tem por objetivo promover o uso de maneira adequada sem desperdício ou degradação excedente ao pré-estabelecido, o SNGRH (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos) é o órgão que coordena e gerencia a gestão das águas, o programa regula e controla o uso, a preservação e a recuperação dos recursos (LOURENÇO, 2012).”

Como a região abrangida pelo PEU é bem servida de corpos d'água, é necessária uma preocupação com a forma de ocupação e adensamento a ser implantada para que esteja de acordo com o artigo VII do projeto, que prevê duas condições para que isto ocorra de forma segura: a elaboração de um plano de macrodrenagem, de recuperação e

preservação dos canais, compreendendo os meios de controle e a fiscalização da ocupação das margens por edificações irregulares, do lançamento de esgotos sem tratamento ou com tratamento inadequado, pelo órgão municipal responsável, sendo ele também responsável pela criação de um sistema adequado de coleta e disposição de resíduos sólidos, o que ainda não acontece atualmente.

O capítulo 2 do PEU introduz preocupações com a infraestrutura. Para esta dissertação, destaca-se a seção II que trata da drenagem começando pelo acompanhamento do processo de adensamento e da ocupação urbana da região pelas intervenções previstas no Programa de Reabilitação Ambiental da Baixada de Jacarepaguá de 2010, desenvolvido pela Fundação Rio Águas, órgão responsável pela drenagem do município.

O Programa tem como objetivo contribuir para a melhoria do meio ambiente por meio de controle de enchentes, reflorestamento e educação ambiental. Obras que compreendem a canalização e dragagem de 40 rios da região, um total de 124km de extensão, construção de 7km de avenidas-canais e 40 pontes, prevê também o reassentamento de 2060 famílias que moram em área de risco, o reflorestamento de 870 hectares de encostas com replantio de cerca de 2 milhões de mudas. No entanto, algumas destas técnicas são utilizadas no Rio de Janeiro e falham veementemente.

Outra medida prevista na seção de drenagem, apesar do difícil controle e monitoramento, é o estabelecimento da Taxa de Permeabilidade, a ser aplicada em áreas particulares ou públicas da região como parâmetro de uso e ocupação do solo associada a projetos de urbanização, de parcelamento e de grupamentos de edificações mediante pavimentação especificada que garanta a permeabilidade de vias e calçadas, reserva da faixa de passeio destinada à implantação de canteiro com vegetação de acordo com o artigo 11 da seção 1, capítulo e título 1 que se refere ao meio ambiente natural e trata da implementação de projetos de arborização e de paisagismo em

empreendimentos urbanísticos e/ou ambientais. Tratam também da recuperação de áreas degradadas em parques, estacionamentos, logradouros e espaços públicos, contemplando a utilização de espécies predominantemente nativas dos ecossistemas da Mata Atlântica.

De acordo com a previsão de área de arborização estabelecidas pela Lei nº 613, de 11 de setembro de 1984 e pelo Decreto nº 4874, de 12 de dezembro de 1984. Ambos dispõem sobre a obrigatoriedade de plantio de mudas de árvores nas áreas de edificação e loteamento do Município do Rio de Janeiro destacando a definição de arborização para áreas destinadas à praças, jardins e recreação; bem como passeios com largura superior a 2m, fazendo a defesa, tanto dos aspectos paisagísticos e dos logradouros, como também dos cursos d'água.

Na sessão 3, que trata da ocupação do solo, os critérios definem a implantação da edificação e a intensidade de aproveitamento do lote sendo regulada pelos seguintes parâmetros urbanísticos aplicáveis a todos os setores do PEU: Índice de Aproveitamento de Terreno (IAT); Área Total Edificável (ATE); taxa de ocupação; coeficiente de adensamento; taxa de permeabilidade; afastamentos frontais, laterais, de fundos, entre edificações; gabaritos; número máximo de unidades por grupamento.

Quanto aos requisitos urbanísticos de loteamento, serão seguidas as disposições da Lei 6766, de 19 de dezembro de 1979, que define aos lotes uma área mínima de 125m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 (cinco) metros, salvo quando o loteamento se destinar à urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovadas pelos órgãos públicos competentes.

A ocupação populacional atual se dá nas franjas periurbanas no fundo do vale. Ademais, seus aspectos biofísicos com predominâncias de áreas vegetadas, tanto na planície quanto nas encostas, também

contribuem para isso. No centro da área de estudo, a ocupação é baixa ou, em alguns casos, apresenta glebas não ocupadas nos Campos de Sernambetiba, conferindo descontinuidade por todo o tecido urbano. Contudo, nas áreas próximas à orla, a ocupação se intensifica. Segundo Montezuma & Oliveira (2010), o crescimento da atividade urbana entre as décadas de 1990 e 2000 tem se dado tanto por tipos de ocupação distintos, variando desde ocupações irregulares ao longo das margens de rios, canais e nas encostas, a condomínios de classes média e média alta em todo o bairro, inclusive no interior do Parque Estadual da Pedra Branca.

Para Cardeman (2014), vem sendo seguida a reprodução do modelo dos condomínios fechados, tanto verticais como horizontais, seguindo padrões construídos durante a segunda metade do século XX na Barra da Tijuca. Esses padrões pressupõem a implantação de blocos e conjuntos residenciais nos lotes situados em vias públicas, mas cercados por grades ou muros, e são reproduzidos de forma repetitiva, visando a redução do custo de construção e maior lucro imobiliário.

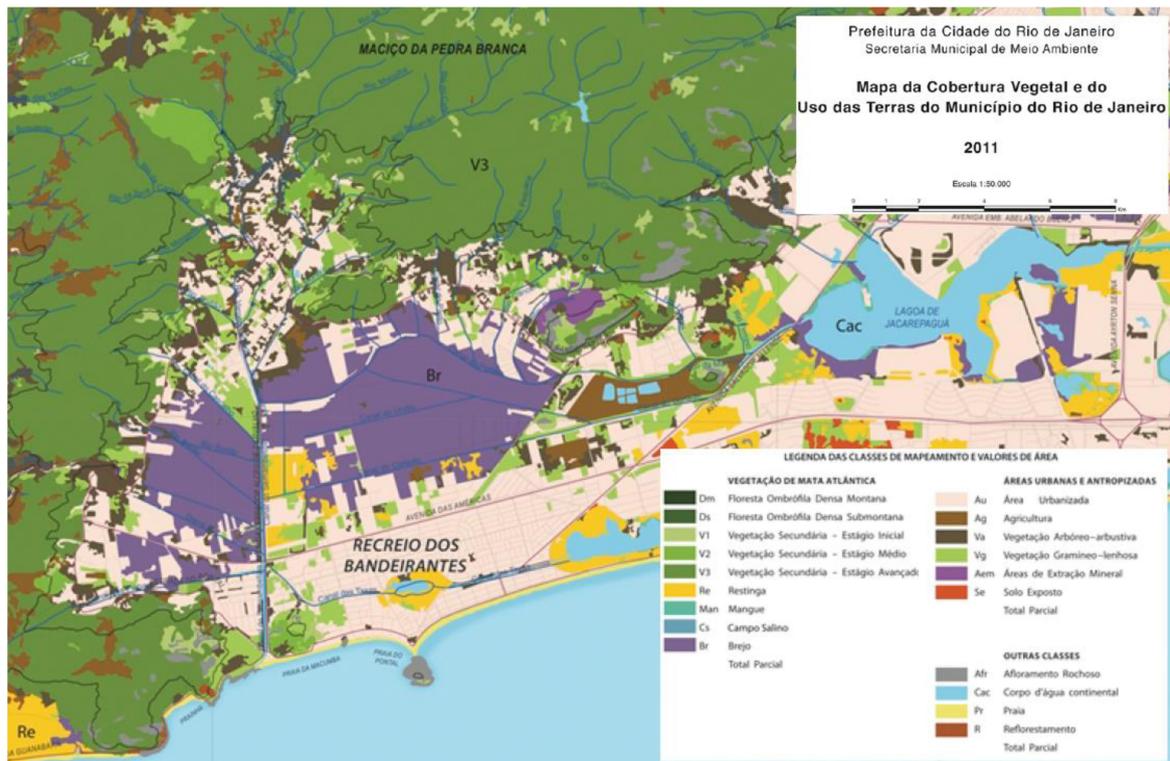
Essa condição confere ao cenário urbano um caráter de monotonia e de perda da vivência urbana coletiva e intensifica a impermeabilização do solo, o que traz de volta os grandes problemas: a concepção da forma urbana despreocupada com as questões de drenagem que demandam obras específicas, algumas dessas já realizadas no passado perante a futura ocupação do bairro.

3.3 A OCUPAÇÃO URBANA DA GLEBA G DO PEU DAS VARGENS E O POTENCIAL DE ALAGAMENTO

Atualmente, a área urbanizada de Vargem Grande corresponde a apenas 15,56% da área total do bairro (SMU-RJ 2016). Este, portanto, dispõe de muitos terrenos em sua configuração natural. Trata-se de uma zona constituída majoritariamente por áreas sujeitas a inundações – que caracterizam as áreas de brejo – e áreas de vegetação secundária, que são aquelas nas quais existiu intervenção humana e

extração da vegetação original, assim crescendo uma vegetação secundária, cuja estatura determina o seu estágio. A Figura 39 apresenta esta caracterização da cobertura vegetal e uso do solo (YAMAMOTO, 2017).

Figura 39: Mapa de Cobertura Vegetal e do Uso das Terras do Município do Rio de Janeiro.



Fonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Prefeitura do Rio de Janeiro).
Adaptado por YAMAMOTO, 2017.

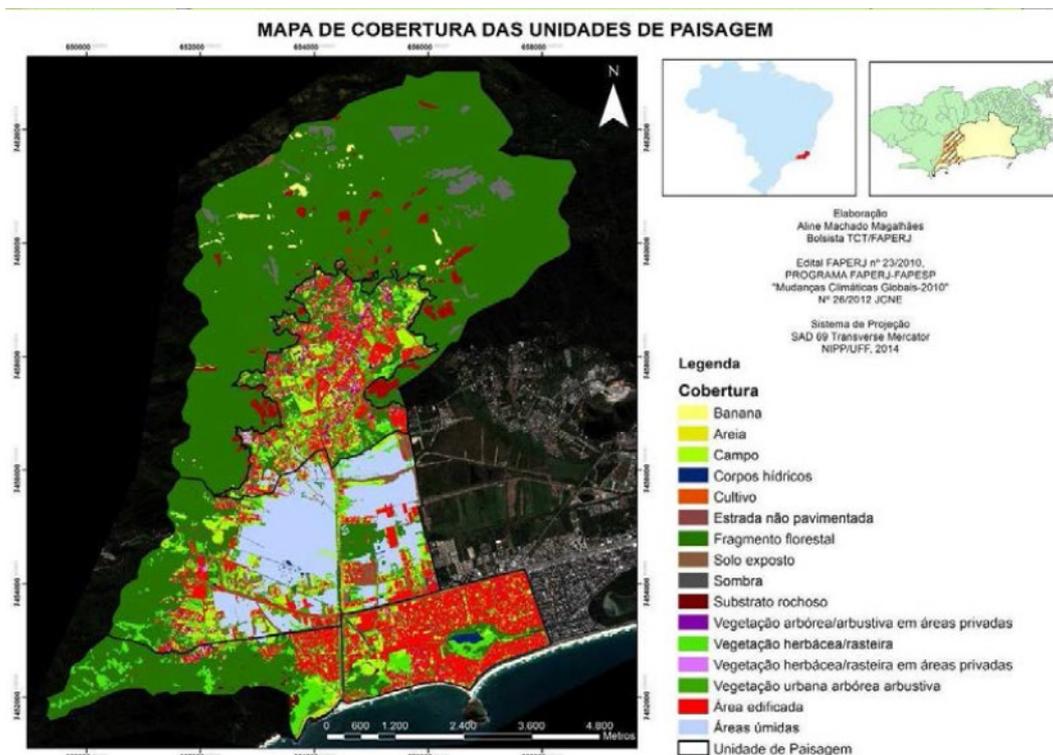
Todas essas condicionantes somadas contribuem para que o problema das cheias urbanas se agrave na Sub-bacia da Zona dos Canais. Os Campos de Sernambetiba, que hoje contribuem para a infiltração de grande parte das águas dos canais da bacia hidrográfica, podem vir a ter, no futuro, ocupação e impermeabilização do solo, o que causará problemas na região, na medida em que é ambientalmente sensível.

A classificação adotada na pesquisa “Mudanças climáticas e as formas de ocupação urbana: estudos comparativos de tipos de ocupação e indicadores socioambientais para adaptação de situações de vulnerabilidade e risco das regiões metropolitanas de Rio de Janeiro e

Campinas” resultou na definição de quatro Unidades de Paisagem, com o objetivo de compreender e classificar a distribuição dos espaços livres públicos e privados existentes em Vargem Grande, e os seus diferentes desdobramentos futuros, tendo em vista os investimentos imobiliários em andamento, impulsionados pelas alterações da legislação urbanística. Estas Unidades de Paisagem estão ilustradas na Figura 40, ordenadas no sentido norte-sul:

- UP 1: Floresta de Encostas: província montanhosa/embasamento cristalino;
- UP 2: Interface Floresta/Zona Edificada: clinopiano periférico/piemonte;
- UP 3: Baixa Densidade de Edificações: planícies paludiais;
- UP 4: Alta Densidade de Edificações: barreiras alongadas.

Figura 40: Subdivisão em Unidades de Paisagem – Bairros de Vargem Grande e Recreio

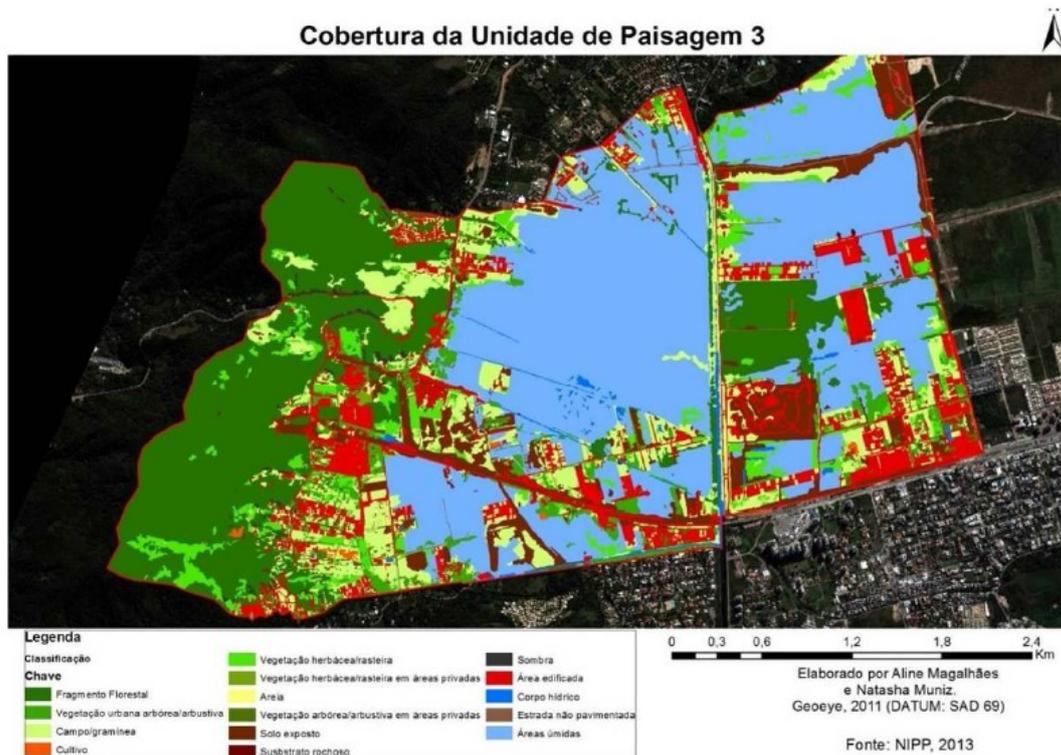


Fonte: Grupo NIPP-IGEO-UFF, 2013.

A UP3 (figura 41) abrange a região sul de Vargem Grande, onde ainda há muitos lotes vazios, uma extensa área alagável e também um trecho

do Parque Estadual da Pedra Branca e nela foi feita uma análise dos espaços livres de edificação, públicos e privados, classificados na escala do lote urbano.

Figura 41: UP3 – Bairro de Vargem Grande

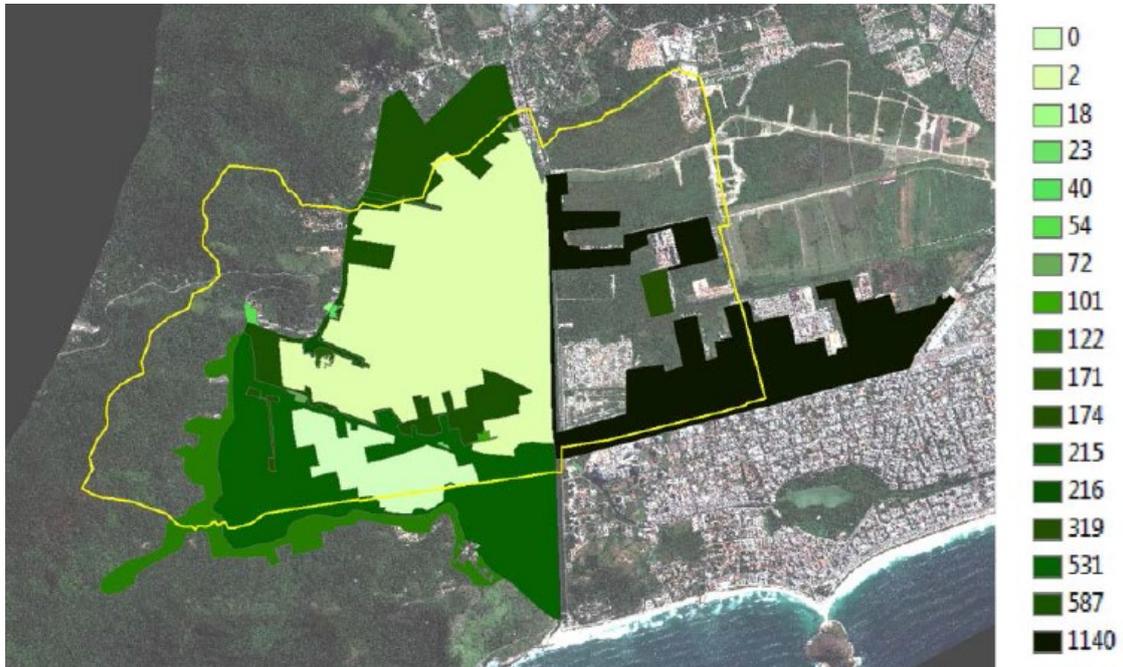


Fonte: Grupo NIPP-IGEO-UFF, 2013

A Gleba G definida pelo PEU das Vargens faz parte da UP3, sendo uma das áreas de maior vulnerabilidade e de potencial alagamento (figura 42).

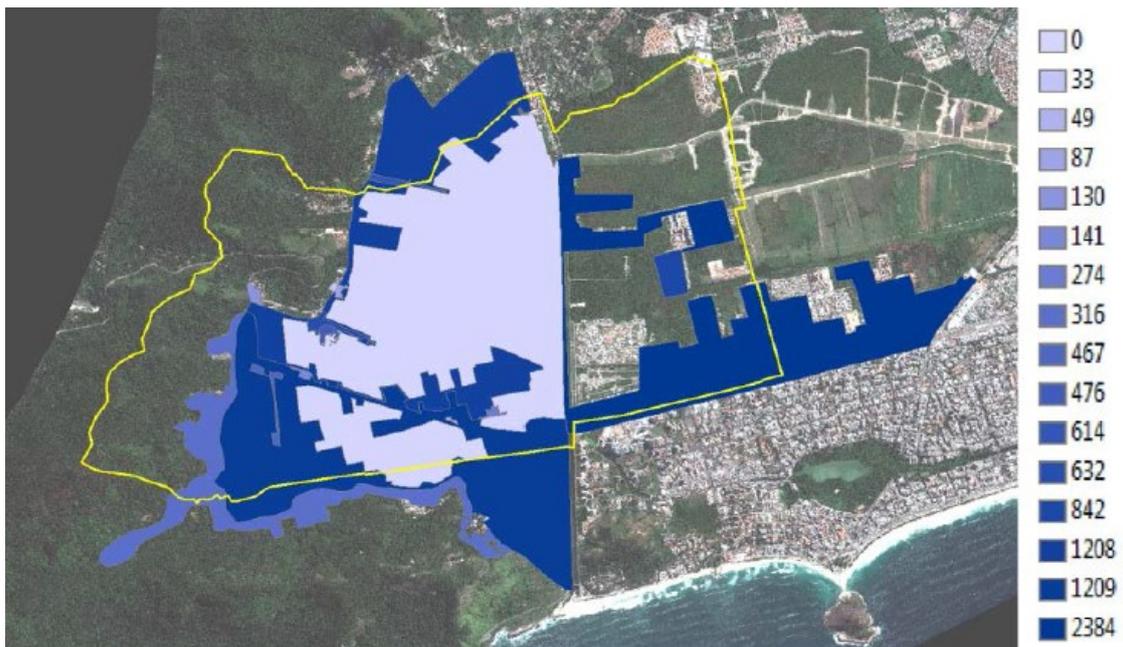
Wet'n'Wild. As áreas mais próximas à Estrada dos Bandeirantes, junto ao limite norte, também apresentam uma média de 3 a 5 moradores/domicílio.” (Bahiana et al,2015)

Figura 43: UP3 – Distribuição de número de domicílios



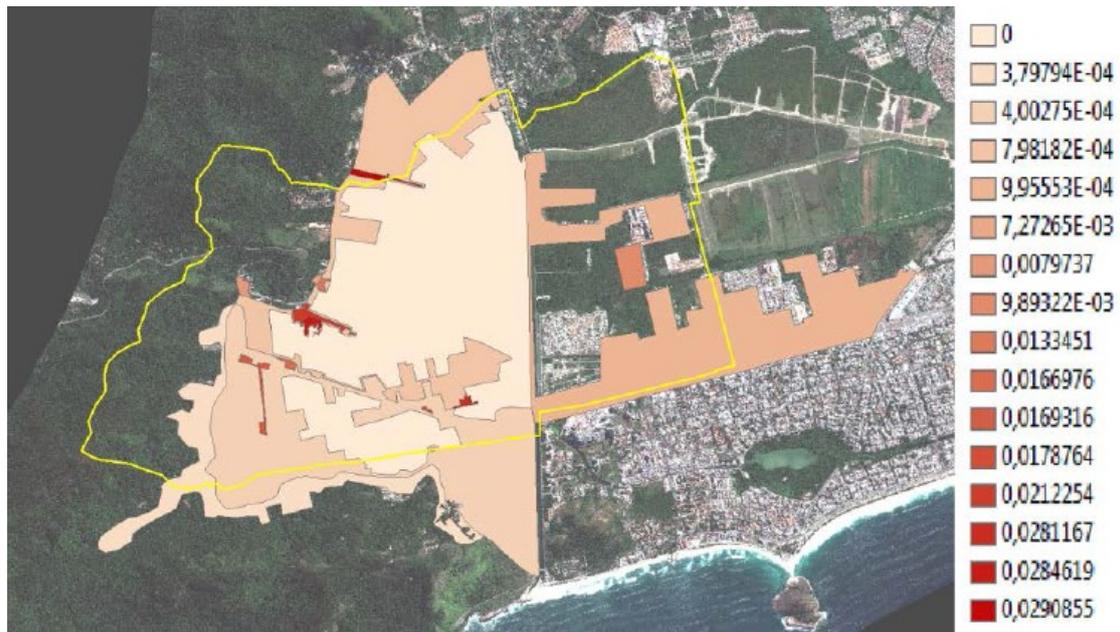
Fonte: Grupo SEL-RJ, 2015, sobre base IBGE, 2010

Figura 44: UP3 - Distribuição de população



Fonte: Grupo SEL-RJ, 2015, sobre base IBGE, 2010

Figura 45: Distribuição de densidades - habitantes por ha



Fonte Grupo SEL-RJ, 2015, sobre base IBGE, 2010

Figura 46: Mapa geral com a distribuição dos espaços livres:-(1) Espaços de caráter ambiental; (2)Espaços de caráter urbano.



Fonte: Victória Robadey - Grupo SEL-RJ, 2015

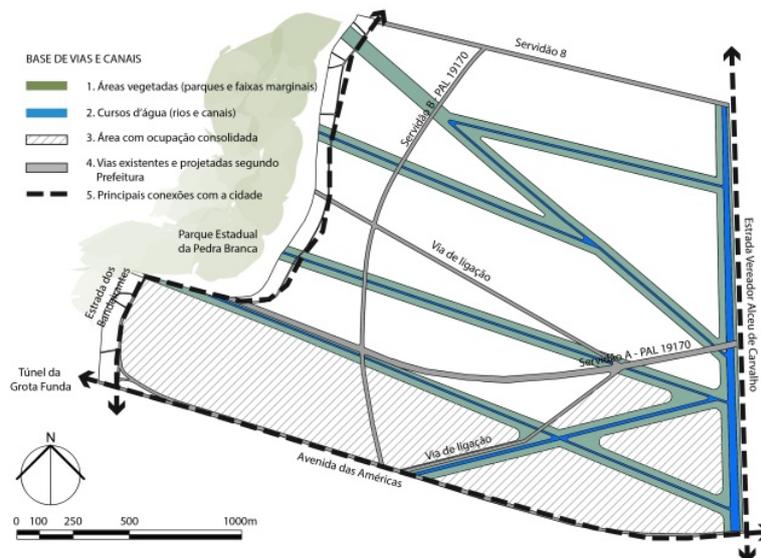
O predomínio do espaço pelo caráter ambiental mostra que ainda há um grande espaço preservado, através de parques, como o Parque Estadual da Pedra Branca e as áreas alagáveis no centro da unidade. No entanto, os espaços livres privados predominam na área, tais como os lotes vazios e os muitos jardins dentro dos condomínios e das casas, prejudicando a permeabilidade devido à impermeabilização do solo.

CAPÍTULO 4: SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS E RESULTADOS

4.1 A DEFINIÇÃO DO DESENHO URBANO

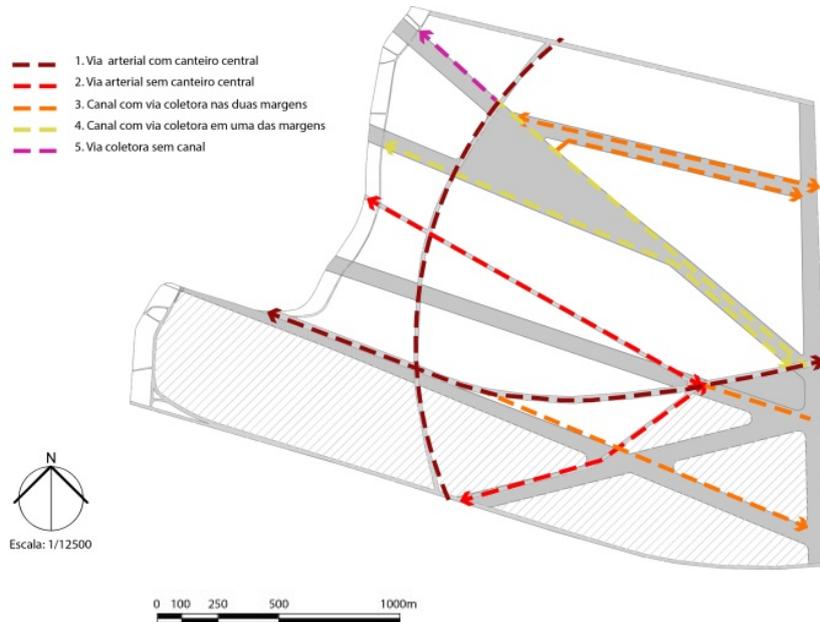
O desenho urbano, o traçado urbano, adotado para o desenvolvimento da base das simulações foi desenvolvido adotando dois critérios. O primeiro foi o reconhecimento dos principais canais de drenagem e o segundo o respeito pelo traçado principal definido pelo PEU das Vargens. O objetivo foi definir uma estrutura viária principal única que permitisse a drenagem e possibilitasse diferentes parcelamentos em quadras e, respectivamente, diferentes formas de ocupação intraquadra.

Figura 47: A estrutura de canais.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

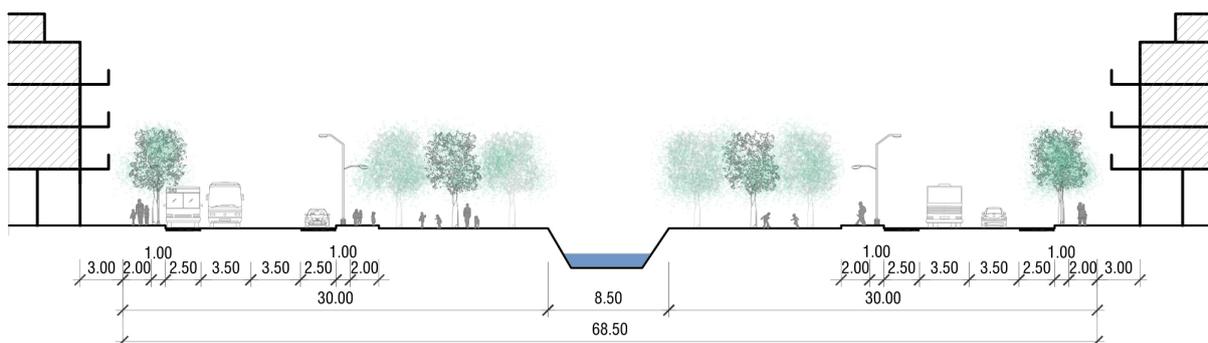
Figura 48: A estrutura e a hierarquia viária definida com base no PEU das Vargens.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

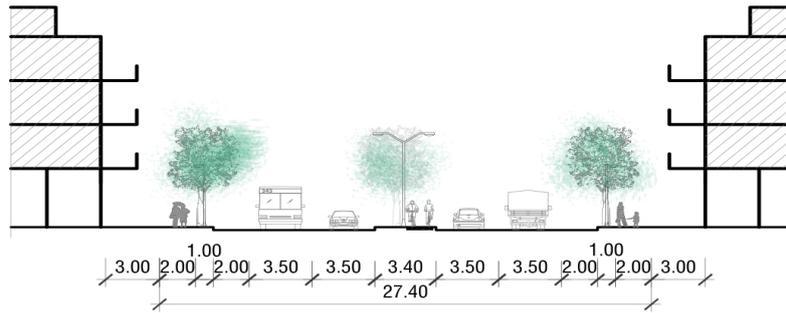
Deste modo foi definida uma estrutura viária adotada nos dois padrões de ocupação contemplando uma hierarquia tanto de fluxo veicular quando das águas, demonstrada nos cortes a seguir, visualizados da figura 49 a figura 55.

Figura 49: Corte tipo da via arterial com canal.



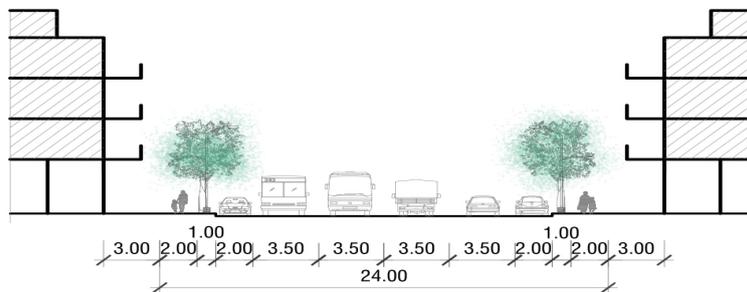
Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Figura 50: Corte tipo da via arterial sem canal e com canteiro central.



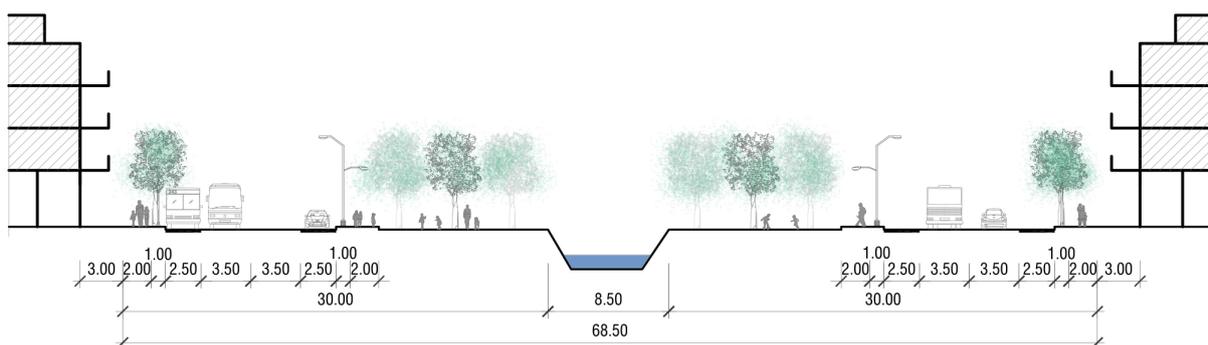
Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Figura 51: Corte tipo da via arterial sem canal e sem canteiro central.



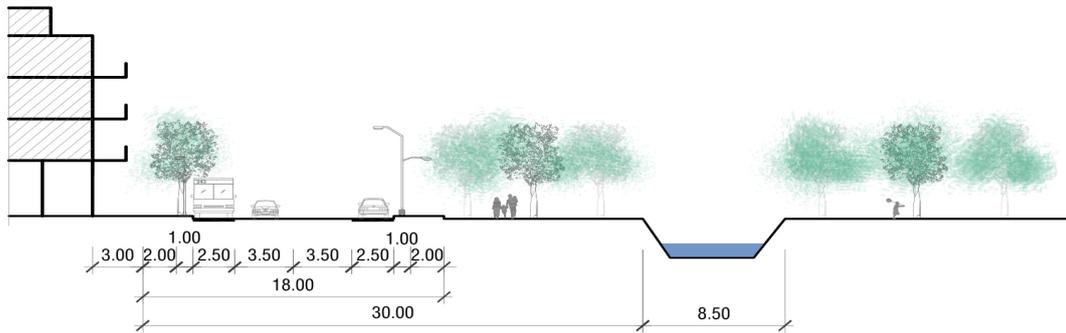
Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Figura 52: Corte tipo da via coletora com canal.



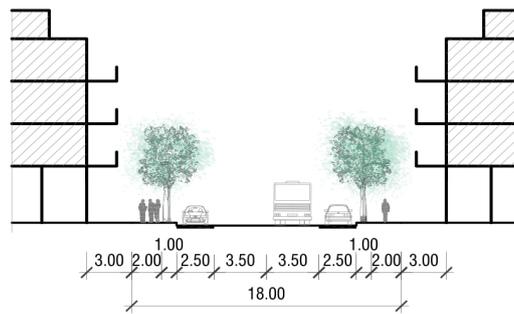
Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Figura 53: Corte de via coletora com canal e ocupação apenas em uma margem.



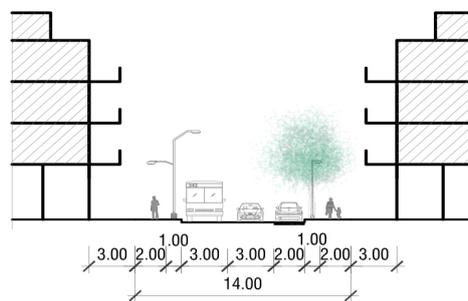
Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Figura 54: Corte de via coletora sem canal.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Figura 55: Corte de via local sem canal.



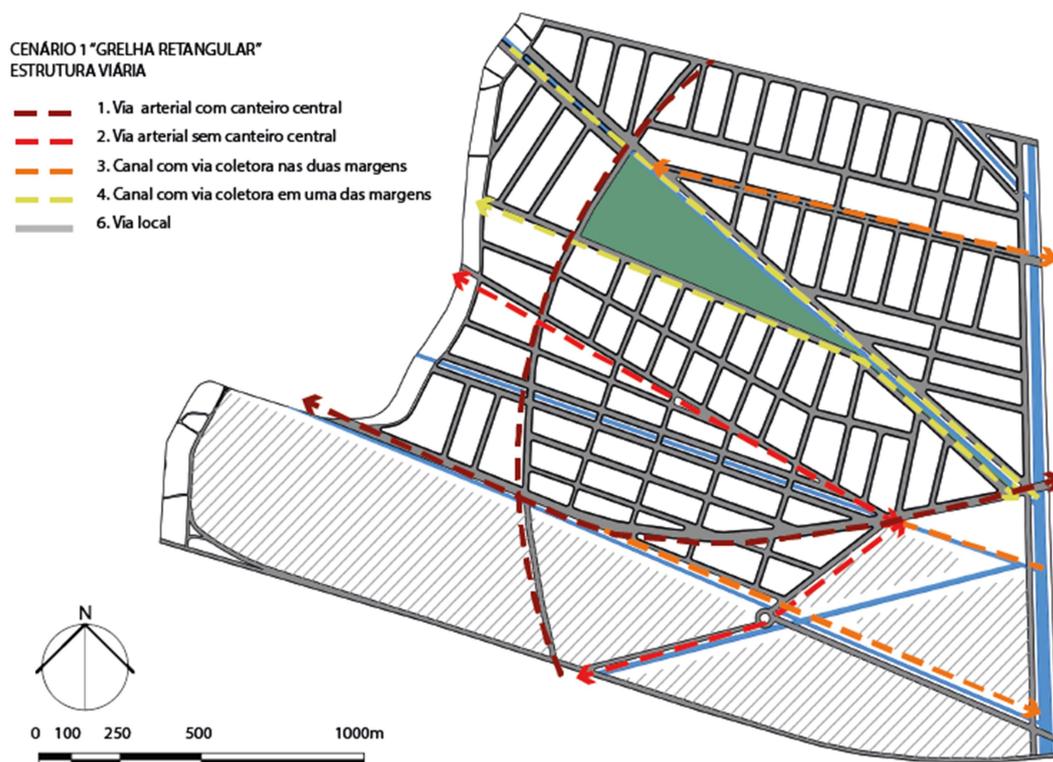
Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

4.2 A DEFINIÇÃO DAS QUADRAS

4.2.1 PADRÃO 1: “GRID” COM OCUPAÇÃO NA BORDA DA QUADRA

Adotando o traçado viário e sua estruturação, como já foi mostrado no item anterior (4.1), definiu-se, em seguida, o parcelamento das quadras e lotes, tendo como ponto de partida o desenho urbano das vias locais, usando como base uma “quadra modelo” do Recreio dos Bandeirantes (figura 14). A planta de parcelamento (figura 56), a seguir, evidencia a adaptação das quadras ao traçado urbano pré-definido, isto é, o uso do “grid” criando uma quadra com ocupação na sua borda.

Figura 56: Planta de parcelamento para o “padrão 1”

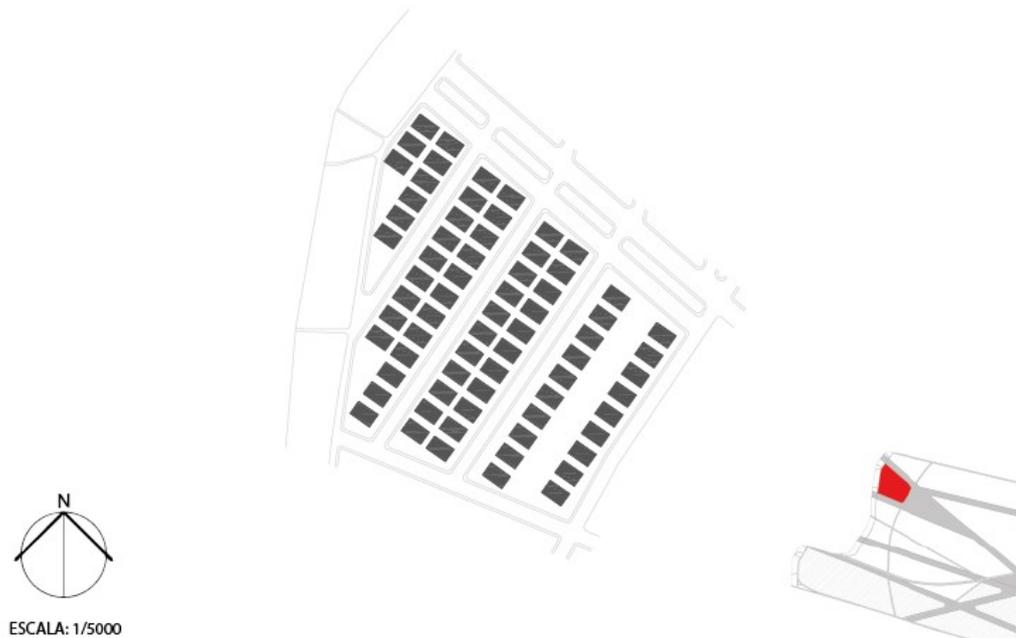


Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Assim, a ocupação com edificações multifamiliares, também baseada nas dimensões e tipologias encontradas na “quadra modelo” do

Recreio dos Bandeirantes, adota um térreo de uso comum e 3 pavimentos afastados das divisas, em respeito à Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro.

Figura 57: Detalhe de quadra com “padrão 1” de ocupação



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Figura 58: Paisagem urbana gerada pelo padrão 1.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

O padrão de ocupação 1 gera uma taxa de ocupação de 50% e uma densidade bruta total de 126 hab/ha como pode ser verificado na tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros urbanísticos do “padrão 1”.

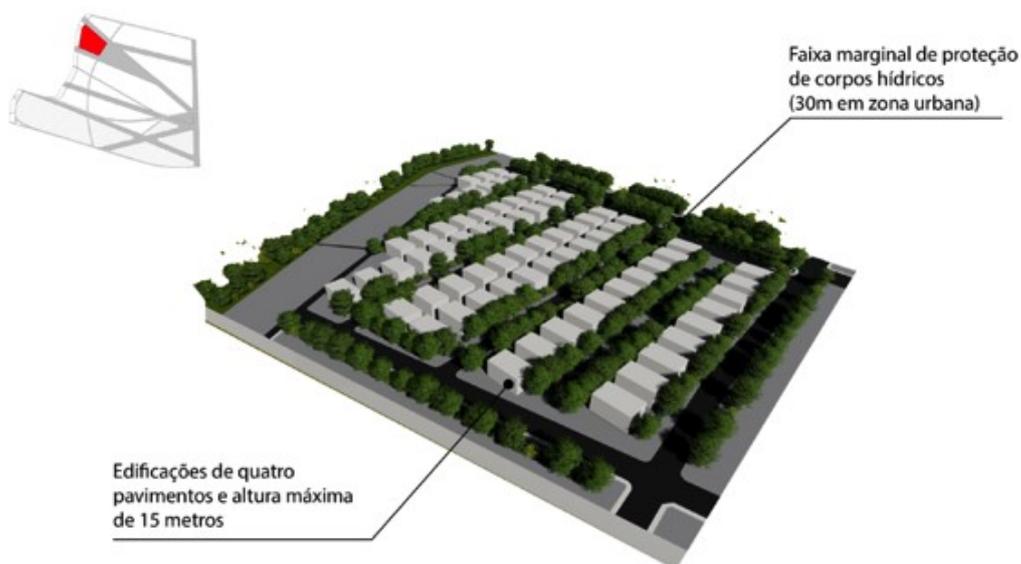
Análise quantitativa das simulações

Área total das simulações	1334750,87 m2
Área de projeção das edificações	667375,45 m2
Taxa de ocupação Total	50%
ATE Total utilizada	2.669.501,74 m2
Número de unidades residenciais projetadas	13.348
População total simulada	53.390
Densidade bruta total simulada	126 habitantes por ha
Densidade líquida total simulada	400 habitantes por ha

Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

No quadro acima podemos perceber como os dados utilizados para criação do cenário são baseados nos parâmetros urbanísticos do Recreio dos Bandeirantes. Para maior percepção do resultado, o modelo tridimensional de uma das quadras do recorte geográfico trabalhado apresenta as condicionantes para o cenário 01, os 30 metros de faixa marginal de proteção para rios urbanos, os edifícios de quatro pavimentos, 4m de embasamento, 3 pavimentos de 3m e 2m no topo destinados ao uso da caixa d’água apresentando estacionamento interno. Ao analisar o uso do solo e a implantação das edificações, pode ser observado como há impermeabilização do solo neste modelo de quadra e como isso gera problemas significativos para a drenagem.

Figura 59: Esquema tridimensional do “padrão 1” de ocupação



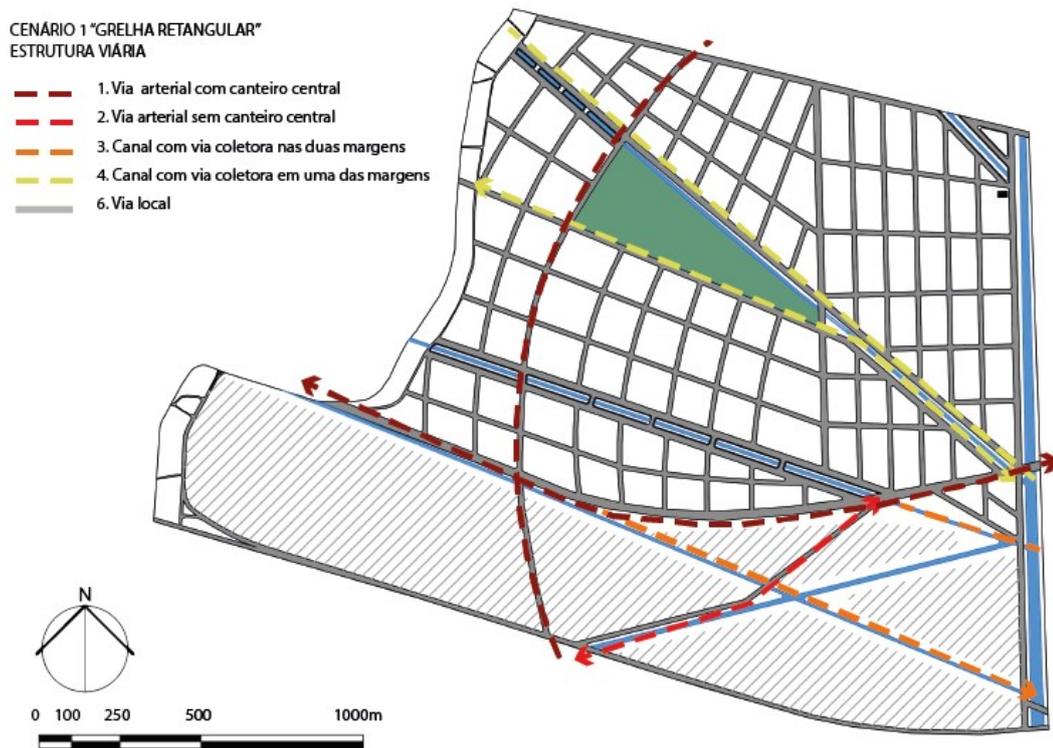
Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

O “padrão 1” não demonstra relações intraquadra, apenas das quadras com o restante do espaço urbano, semelhantes àquelas atualmente observadas no bairro do Recreio dos Bandeirantes.

4.2.2 PADRÃO 2: “GRID” COM OCUPAÇÃO NO MIOLO DA QUADRA

Vargem Grande teve sua paisagem bastante modificada nos poucos anos em que o PEU Vargens esteve em vigor. Utilizando de reconhecimento da área por meio de registros fotográficos ao longo das vias e sobrevoo de drone, é possível perceber alterações na forma urbana do bairro. O setor G, foco deste trabalho, tem sido invadido por ocupações irregulares, o que prejudica a drenagem da sub-bacia local e sua função como amortecedora de cheias. O padrão 2 de ocupação segue as diretrizes definidas pelo PEU.

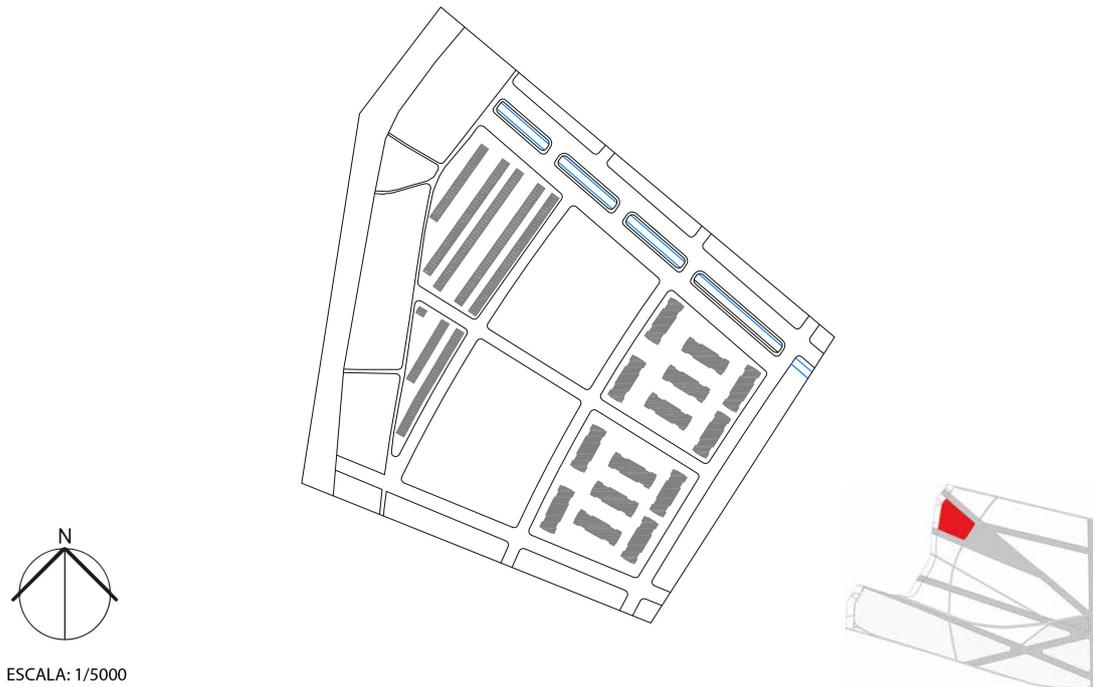
Figura 60: Planta de parcelamento para o “padrão 2”



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

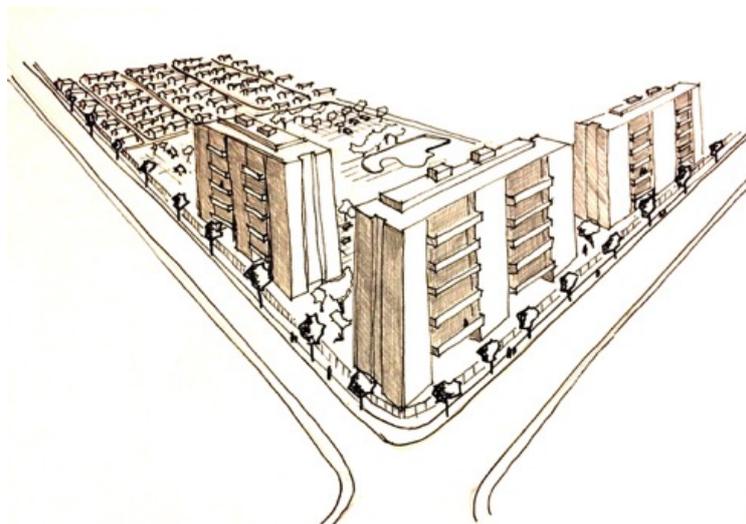
As glebas resultaram de seus encontros sempre obedecendo ao tipo do condomínio mantendo as torres na via principal, seus espaços livres no meio e ao fundo, as residências unifamiliares (figura 31). O desenho urbano que resultou da preocupação com questões supracitadas é demonstrado na figura 61.

Figura 61: Detalhe de quadra com “padrão 2” de ocupação.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Figura 62: Paisagem urbana gerada pelo padrão 2.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

O padrão de ocupação 2 gera uma taxa de ocupação de 19% e uma densidade bruta total de 707 hab/ha como pode ser verificado na tabela 3, a seguir.

Tabela 3: Parâmetros urbanísticos do “padrão 2”.

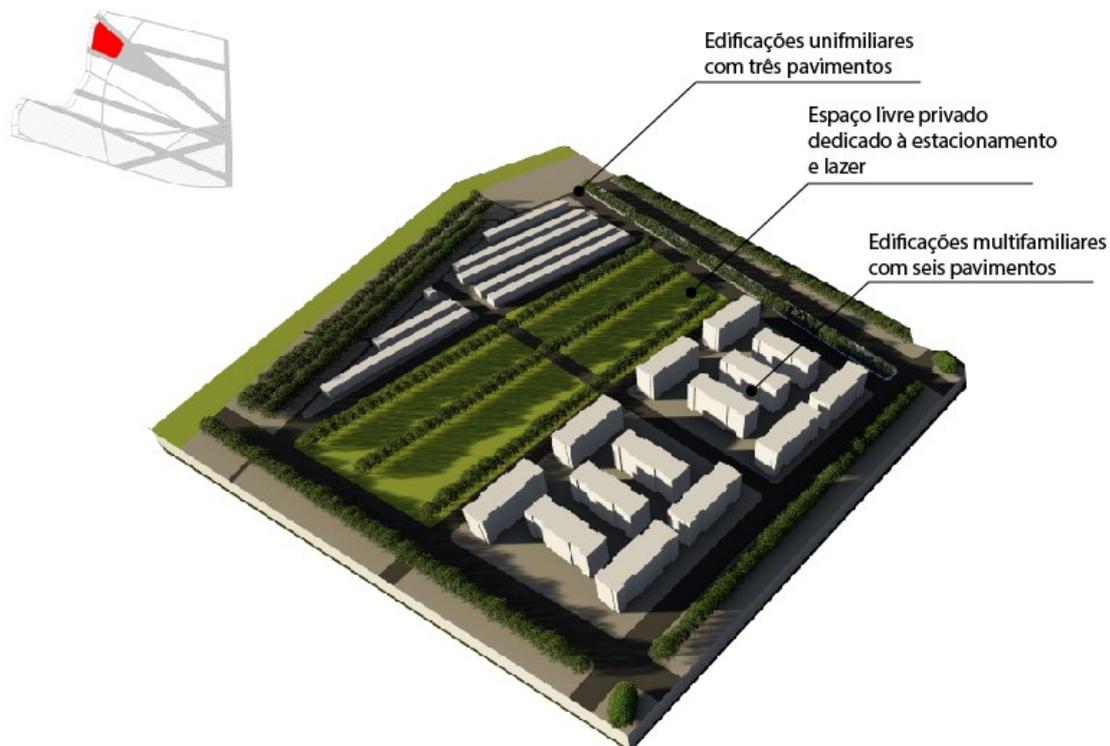
Análise quantitativa das simulações

Área total das simulações	1334750,87 m2
Área de projeção das edificações	601.038,00
Taxa de ocupação Total	19%
ATE Total utilizada	2.669.501,74 m2
Número de unidades residenciais projetadas	33.264
População total simulada	133.056
Densidade bruta total simulada	707 habitantes por ha
Densidade líquida total simulada	997 habitantes por ha

Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

O modelo tridimensional de uma das quadras do recorte geográfico trabalhado apresenta as condicionantes para o cenário 03, os 30 metros de faixa marginal de proteção para rios urbanos, os edifícios em torre, os espaços livres para lazer e estacionamento e edificações residenciais unifamiliares. Ao analisar o uso do solo e a implantação das edificações, pode ser observado o aumento da possibilidade de absorção de água pelo solo neste modelo de quadra.

Figura 63: Modelo tridimensional demonstrando resultado da quadra edificada do modelo de quadra 3



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

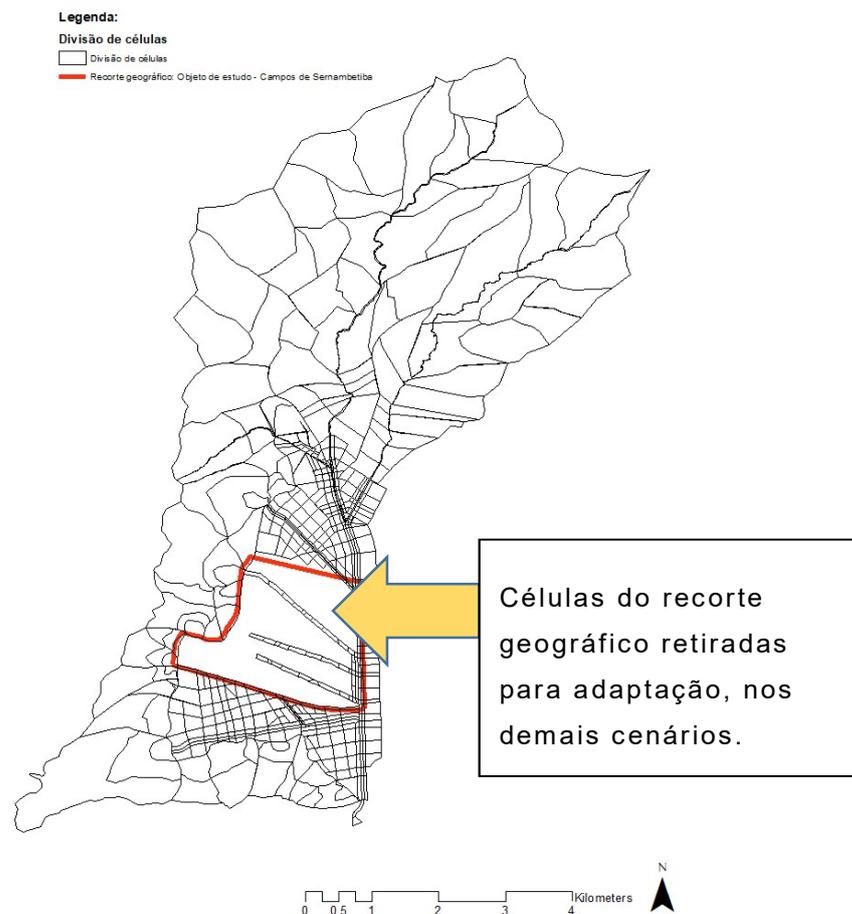
Este padrão de ocupação demonstra relações intraquadra, mas devido aos muros e grades, perde no restante do espaço urbano. Ao realizar a simulação deste modelo de quadra, poderemos compreender que impactos este tipo de tecido urbano gera no ciclo hidrológico e consequentemente na relação da cidade com suas águas.

4.3 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

Para esta etapa da dissertação, há a utilização do MODCEL, já mencionado anteriormente. Yamamoto (2017) afirma que o uso deste modelo é feito como uma ferramenta de suporte às decisões, porque ele age na identificação dos locais de vulnerabilidade às inundações, sugerindo os pontos de intervenção e evidenciando os impactos das

medidas de drenagem propostas. Para a simulação dos cenários propostos, foi feita uma adaptação da base do trabalho de Yamamoto, modificando, no modelo existente, apenas as células correspondentes ao local onde são propostas intervenções, se mantendo todas as condições de contorno atuais (figura 64).

Figura 64: Imagem com trabalho de Yamamoto sem as células referentes ao Campo de Sernambetiba.



Fonte: Metodologia de trabalho da autora, 2018.

Na área foco deste estudo, as novas células variam conforme o traçado urbano proposto. Também acompanhando cada traçado urbano, foram definidos diferentes valores para o coeficiente de escoamento superficial de cada célula. Os valores foram escolhidos a partir de dados pré-definidos pela Rio Águas (Tabela 4), variando conforme o grau de impermeabilidade.

Tabela 4: Tipologia da área de drenagem e coeficiente de escoamento superficial. Fonte: Rio Águas, 2018.

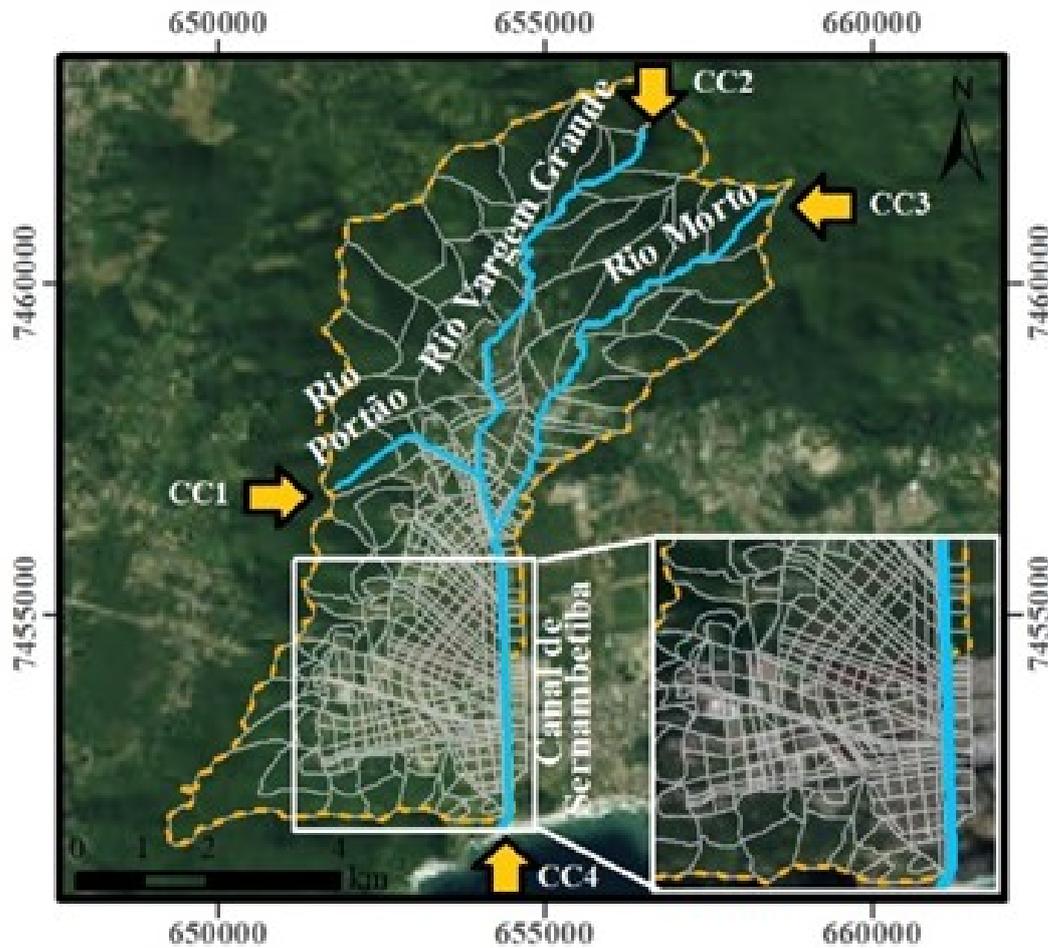
<i>Tipologia da área de drenagem / Coeficiente de escoamento superficial</i>
Áreas Comerciais 0,70 – 0,95 Áreas centrais 0,70 – 0,95 Áreas de bairros 0,50 – 0,70
Áreas Residenciais Residenciais isoladas 0,35 – 0,50 Unidades múltiplas, separadas 0,40 – 0,60. Unidades múltiplas, conjugadas 0,60 – 0,75. Áreas com lotes de 2.000 m ² ou maiores 0,30 – 0,45 Áreas suburbanas 0,25 – 0,40 Áreas com prédios de apartamentos 0,50 – 0,70
Áreas Industriais Área com ocupação esparsa 0,50 – 0,80 Área com ocupação densa 0,60 – 0,90
Superfícies Asfalto 0,70 – 0,95 Concreto 0,80 – 0,95 Blocket 0,70 – 0,89 Paralelepípedo 0,58 – 0,81 Telhado 0,75 – 0,95 Solo compactado 0,59 – 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais Solo arenoso, declividade baixa < 2 % 0,05 – 0,10. Solo arenoso, declividade média entre 2% e 7% 0,10 – 0,15. Solo arenoso, declividade alta > 7 % 0,15 – 0,20. Solo argiloso, declividade baixa < 2 % 0,15 – 0,20. Solo argiloso, declividade média entre 2% e 7% 0,20 – 0,25. Solo argiloso, declividade alta > 7 % 0,25 – 0,30. Grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2% 0,05 – 0,10. Grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7% 0,10 – 0,15. Grama, em solo arenoso, declividade alta > 7% 0,15 – 0,20. Grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2% 0,13 – 0,17. Grama, em solo argiloso, declividade média 2% < S < 7% 0,18 – 0,22. Grama, em solo argiloso, declividade alta > 7% 0,25 – 0,35. Florestas com declividade <5% 0,25 – 0,30 Florestas com declividade média entre 5% e 10% 0,30 – 0,35 Florestas com declividade >10% 0,45 – 0,50 Capoeira ou pasto com declividade <5% 0,25 – 0,30 Capoeira ou pasto com declividade entre 5% e 10% 0,30 – 0,36 Capoeira ou pasto com declividade > 10% 0,35 – 0,42

Nos itens a seguir são apresentados os cenários simulados.

4.3.1 CENÁRIO 0: SIMULAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

O Cenário 0, correspondente à situação atual da bacia do Canal de Sernambetiba, conforme já foi mencionado, foi desenvolvido por YAMAMOTO (2017). O esquema da divisão em células está apresentado na figura 65.

Figura 65: Expansão do modelo base.



Fonte: YAMAMOTO, 2017, base ArcGis.

Na divisão das células foram destacados os três principais cursos d'água: Rios Portão, Vargem Grande e Morto. A correspondência entre a paisagem urbana e a sua reprodução no modelo foi estabelecida de forma que os principais rios foram representados por células decanal, as encostas por células deplanície e as áreas urbanizadas por células de planície urbanizada. Para a caracterização das células, foram atribuídos os coeficientes de escoamento superficial apresentados na Tabela 4, e medidas as áreas total e de armazenagem.

O centro de célula é o elemento detentor das informações conferidas à célula e é ligado a outros centros por meio das ligações. Eles foram na cota mais baixa de cada célula, tendo em vista sua relevância para o escoamento superficial de uma célula. Em seguida, foram

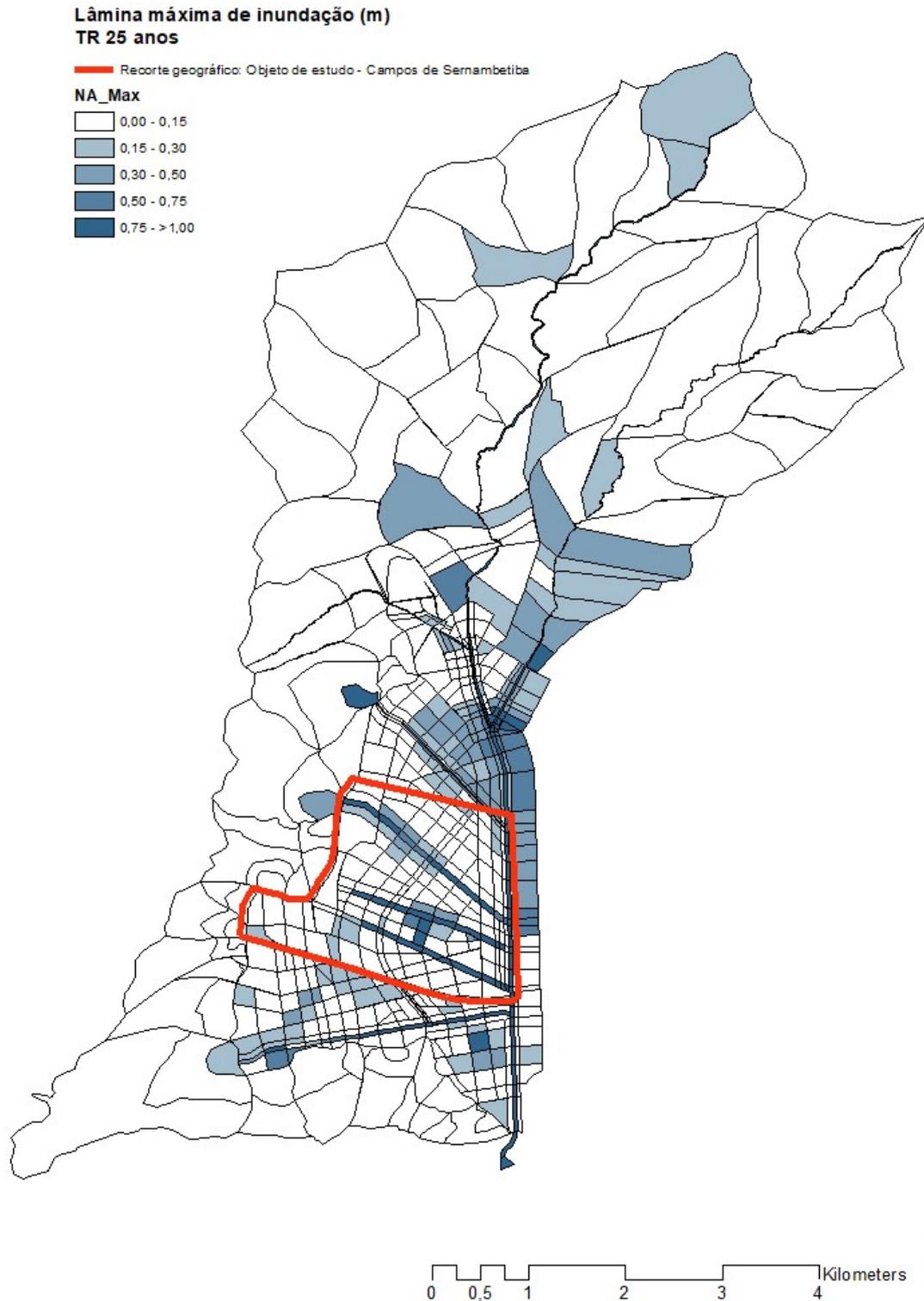
determinadas sua cota de fundo e a cota inicial de lâmina d'água, conforme as informações iniciais do terreno disponíveis.

No que diz respeito às ligações, de maneira geral, elas foram definidas para a comunicação entre canais e entre planícies como ligações de Planície, e para a comunicação de canal com planície, ligações de Vertedor. Na ligação de Planície, a definição do coeficiente de Manning se deu com base no método descrito por Chow (1959), no qual são considerados os efeitos das características no escoamento, como: material de revestimento, grau de irregularidade, variação da seção transversal, efeito de obstruções, vegetação e a meandrização. Na ligação de Vertedor, a definição do coeficiente de vertedor se deu de forma empírica, sendo um dos parâmetros de calibração. Os demais dados pertinentes às ligações, como largura de ligação, distância entre centros, entre outros, são medidos espacialmente conforme a particularidade de cada ligação e respeitando as larguras impostas pelas edificações e ruas.

Foi utilizada para a simulação uma chuva de tempo de recorrência de 25 anos, conforme indicado pelo Ministério das Cidades para projetos de macrodrenagem, com a duração da chuva de projeto de 125 minutos, relativo ao tempo de concentração da bacia. Utilizou-se também três condições de contorno, referente à vazão dos principais rios, e uma condição de contorno de nível referente à maré local. Para maiores informações sobre a calibração e confecção do modelo que representa a situação atual da região, recomenda-se a leitura de YAMAMOTO, 2017.

A figura 63 apresenta a mancha de alagamento obtida para o Cenário 0 – Situação Atual.

Figura 66: Mancha de alagamento do Cenário 0 - Situação Atual

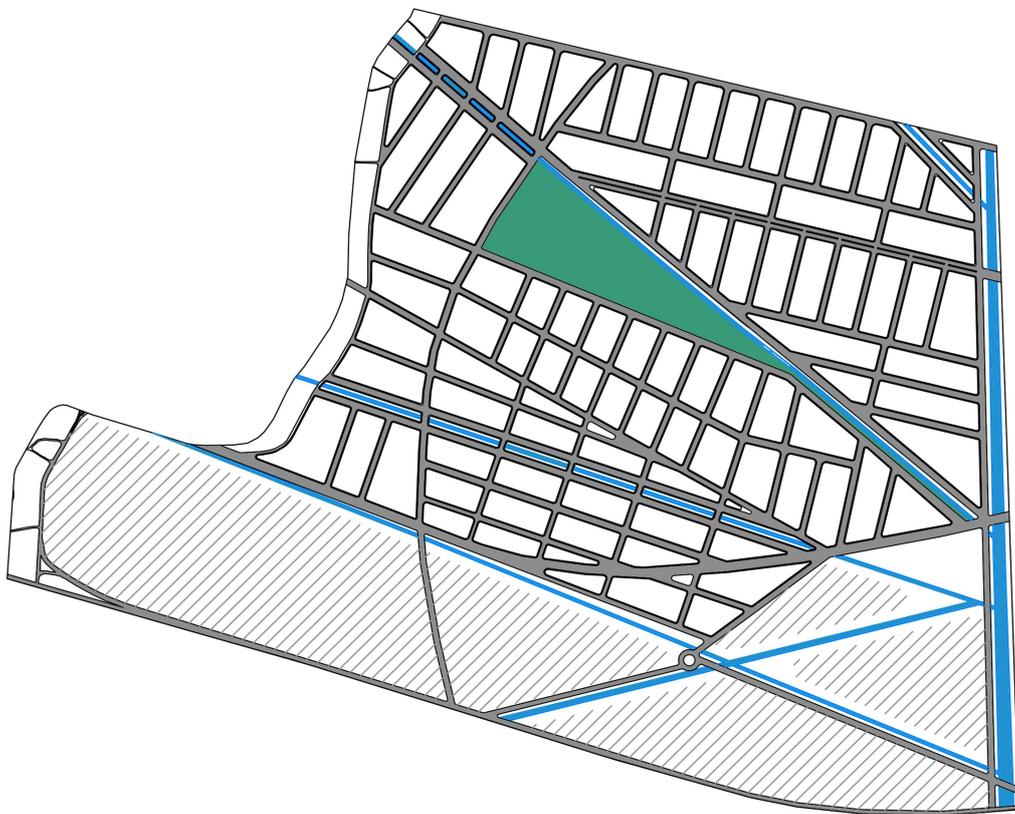


Fonte: Trabalho de IC de Lilian Marie Tenório Yamamoto para Grupo de Pesquisa "Manejo de Águas Pluviais Urbanas e Cidades Sustentáveis", Profs. Marcelo Gomes Miguez e Aline Pires Veról, COPPE/UFRJ (2017).

4.3.2 CENÁRIO 1: SIMULAÇÃO DO “PADRÃO 1”

Na simulação deste cenário, “Padrão 1”, optou-se por manter a disposição atual dos canais que cortam a área de estudo. Pressupondo que não se tem o controle do processo de urbanização, sem nenhuma intervenção maior, a mesma dificilmente seria alterada. A divisão de células acompanhou o traçado urbano proposto para este padrão, apresentado no capítulo anterior e está apresentada na figura 66.

Figura 67: Cenário 1 de simulação para o “padrão 1” do desenho urbano e parcelamento que define as células do modelo matemático.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018

Foram adotadas, no recorte de trabalho, apenas células de planície, com uma cota de 2m de greide. Os coeficientes de escoamento superficial utilizados neste cenário estão apresentados na tabela 5,

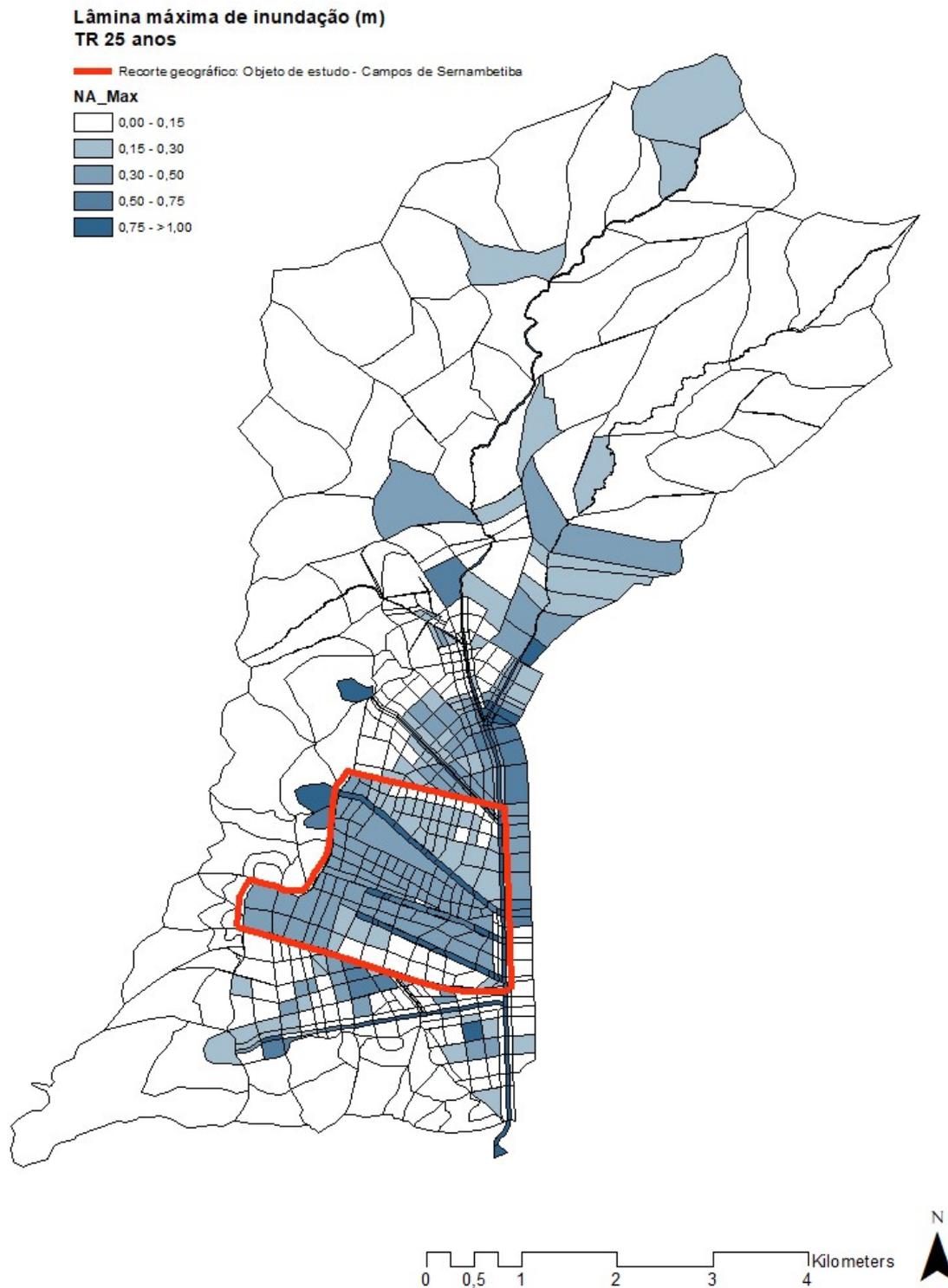
variando de 0,30, nas áreas mais permeáveis, até 0,95, nas áreas mais impermeáveis.

Tabela 5: Escoamentos superficiais utilizados no cenário 01 - Fonte: Tabela da Rio-Águas adaptada pela autora, 2018.

<i>Tipologia da área de drenagem</i>	<i>Coefficiente de escoamento superficial</i>
Áreas Residenciais Áreas com prédios de apartamentos	0,6
Superfícies Asfalto	0,95
Áreas sem melhoramentos ou naturais Capoeira ou pasto com declividade entre 5% e 10%	0,30

Com base nas informações dos parâmetros urbanísticos utilizados para o cenário 01, a mancha de alagamentos foi gerada e está apresentada na figura 67. Verifica-se que, com este tipo de forma urbana, a ocorrência de alagamentos na área em estudo, demonstrando que, do ponto de vista da drenagem, este não é um cenário interessante para ser executado.

Figura 68: Mancha de alagamentos do Cenário 01

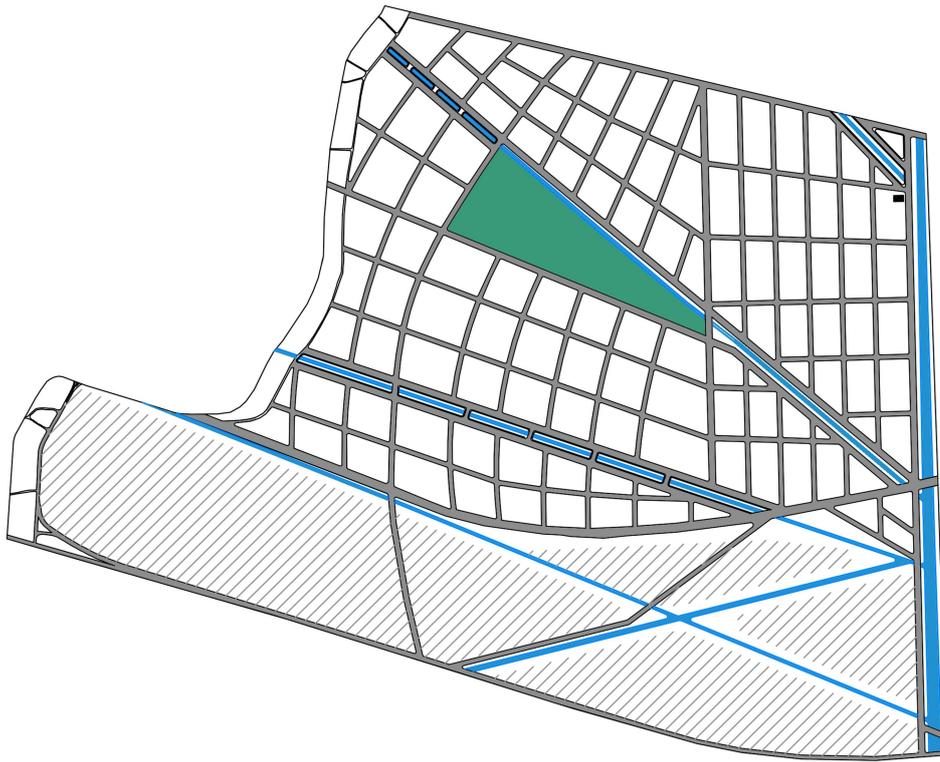


Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018.

4.3.3 CENÁRIO 2: SIMULAÇÃO DO “PADRÃO 2”

O desenho foi desenvolvido tendo como condicionantes as principais vias projetadas pelo PEU e o traçado urbano proposto para este padrão, apresentado no capítulo anterior e representado pela figura 67.

Figura 69: Cenário 2 de simulação para o “padrão 2” do desenho urbano e parcelamento que define as células do modelo matemático.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018.

Como há uma maior oferta de espaços livres, foram testados três pavimentos diferentes as áreas de lazer e estacionamento, com o propósito de identificar de que forma o escoamento superficial seria mais lento. Os tipos de pavimentos adotados foram: Concreto, Intertravado e Concregrama.

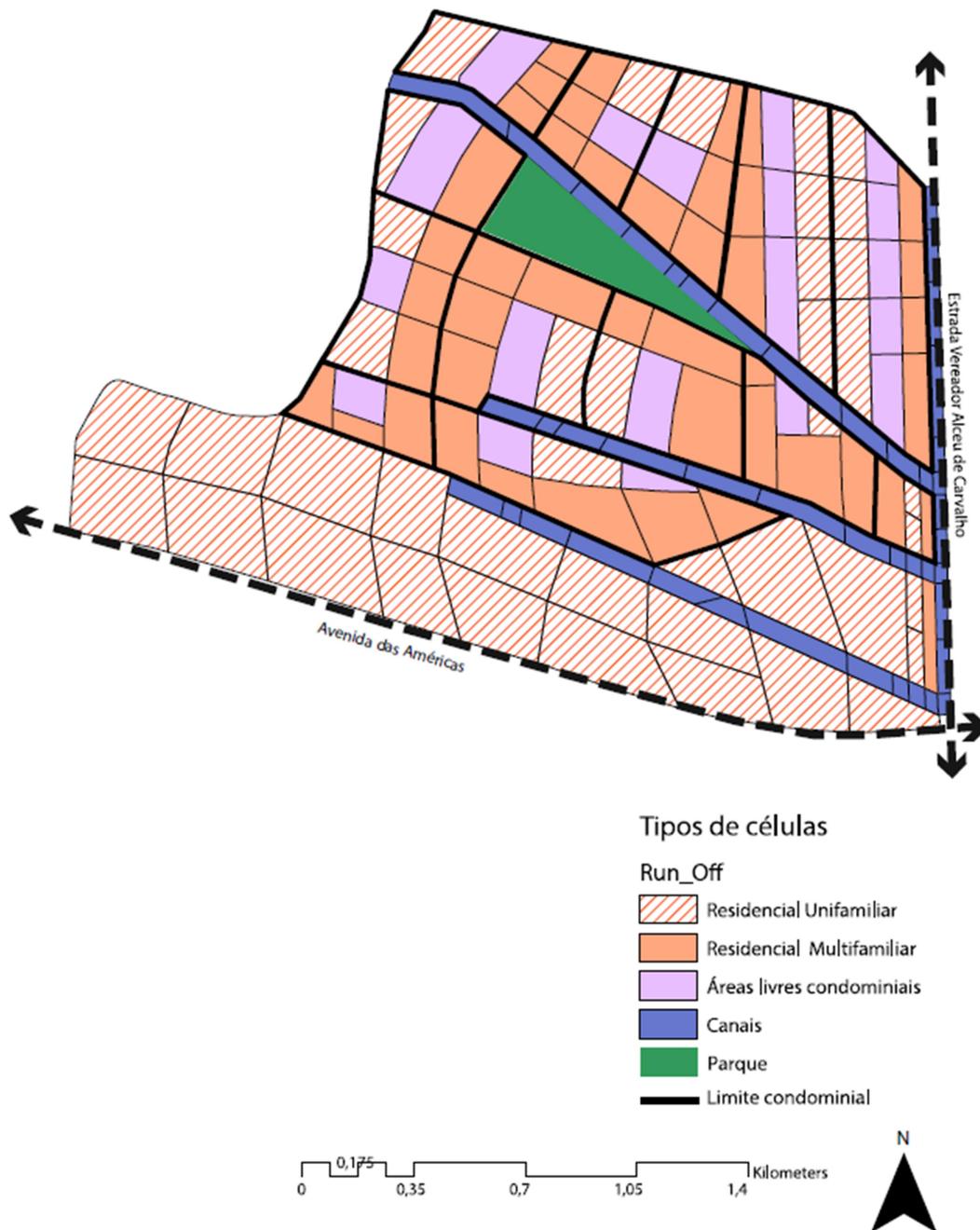
Assim, foram propostos os cenários:

- 2a, com pavimentação em concreto;
- 2b, com pavimentação com blocos intertravados;

- 2c, com pavimentação com blocos de concregrama.

Para melhor visualizar onde há a ocorrência dos pavimentos diferentes, foi feito o mapa apresentado na figura 70 com a localização dos tipos de ocupação de cada quadra.

Figura 70: Mapa com definição de tipos de quadras.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018.

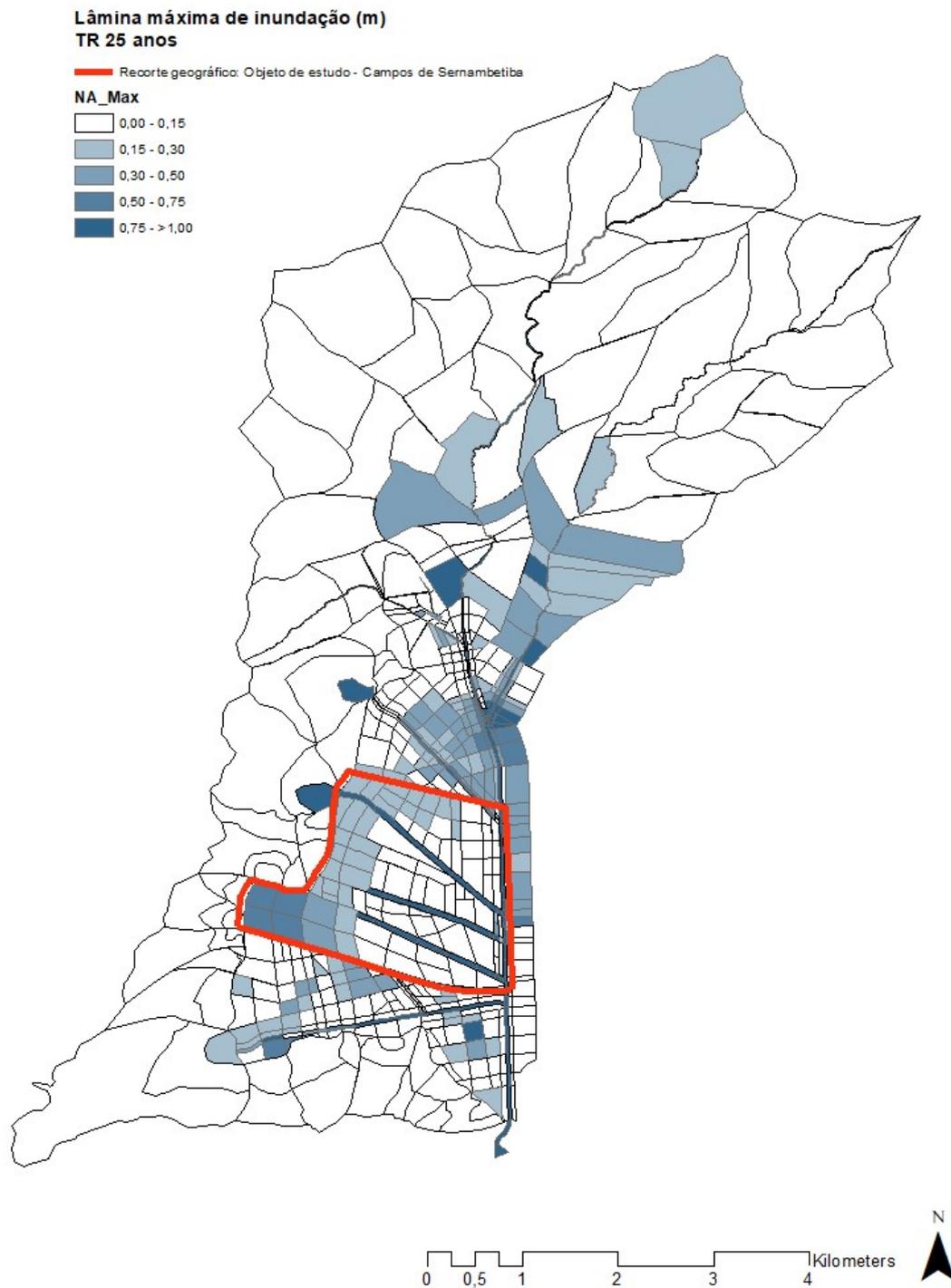
4.3.3.1 Cenário 2A: Simulação do Cenário 2 com pavimentação de concreto (estacionamentos) nos espaços livres intraquadra

Os coeficientes de escoamento superficial utilizados no modelo do cenário 2a estão apresentados na tabela 6. A figura 71 apresenta a mancha de alagamento obtida neste cenário.

Tabela 6: Coeficientes de Escoamento superficial utilizados no Cenário 2a- Fonte: Tabela da Rio-Águas adaptada pela autora, 2018.

<i>Tipologia da área de drenagem</i>	<i>Coeficiente de escoamento superficial</i>
Áreas Residenciais	
Áreas suburbanas	0,40
Áreas com prédios de apartamentos	0,6
Superfícies	
Asfalto	0,95
Concreto	0,95
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
Capoeira ou pasto com declividade <5%	0,30

Figura 71: Mancha de alagamento do Cenário 2a - Concreto.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018.

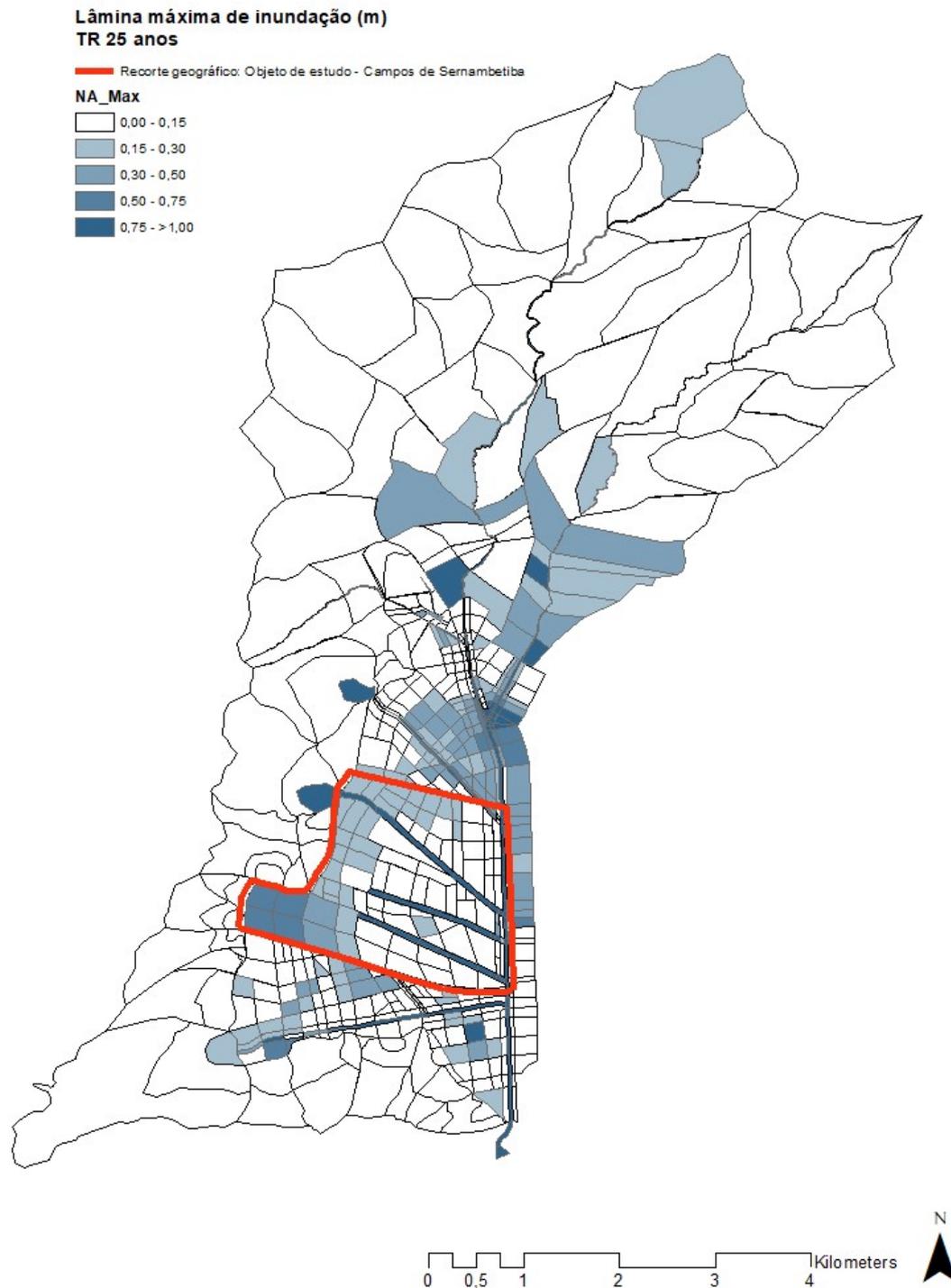
4.3.3.2 Cenário 2B: simulação do cenário 2 com pavimentação em bloco intertravado (estacionamentos) nos espaços livres intraquadra

Os coeficientes de escoamento superficial utilizados no modelo do cenário 2b estão apresentados na tabela 7. A figura 72 apresenta a mancha de alagamento obtida neste cenário.

Tabela 7: Coeficientes de Escoamento superficial utilizados no cenário 2b- Fonte: Tabela da Rio-Águas adaptada pela autora, 2018.

<i>Tipologia da área de drenagem</i>	<i>Coefficiente de escoamento superficial</i>
Áreas Residenciais Áreas suburbanas 0,40 Áreas com prédios de apartamentos 0,6	
Superfícies Asfalto 0,95 Blocket 0,80	
Áreas sem melhoramentos ou naturais Capoeira ou pasto com declividade <5% 0,30	

Figura 72: Mancha de alagamento do Cenário 2b – Intertravado



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018.

4.3.3.3 Cenário 2C: simulação do cenário 2 com pavimentação em “concregrama” (estacionamentos) nos espaços livres intraquadra

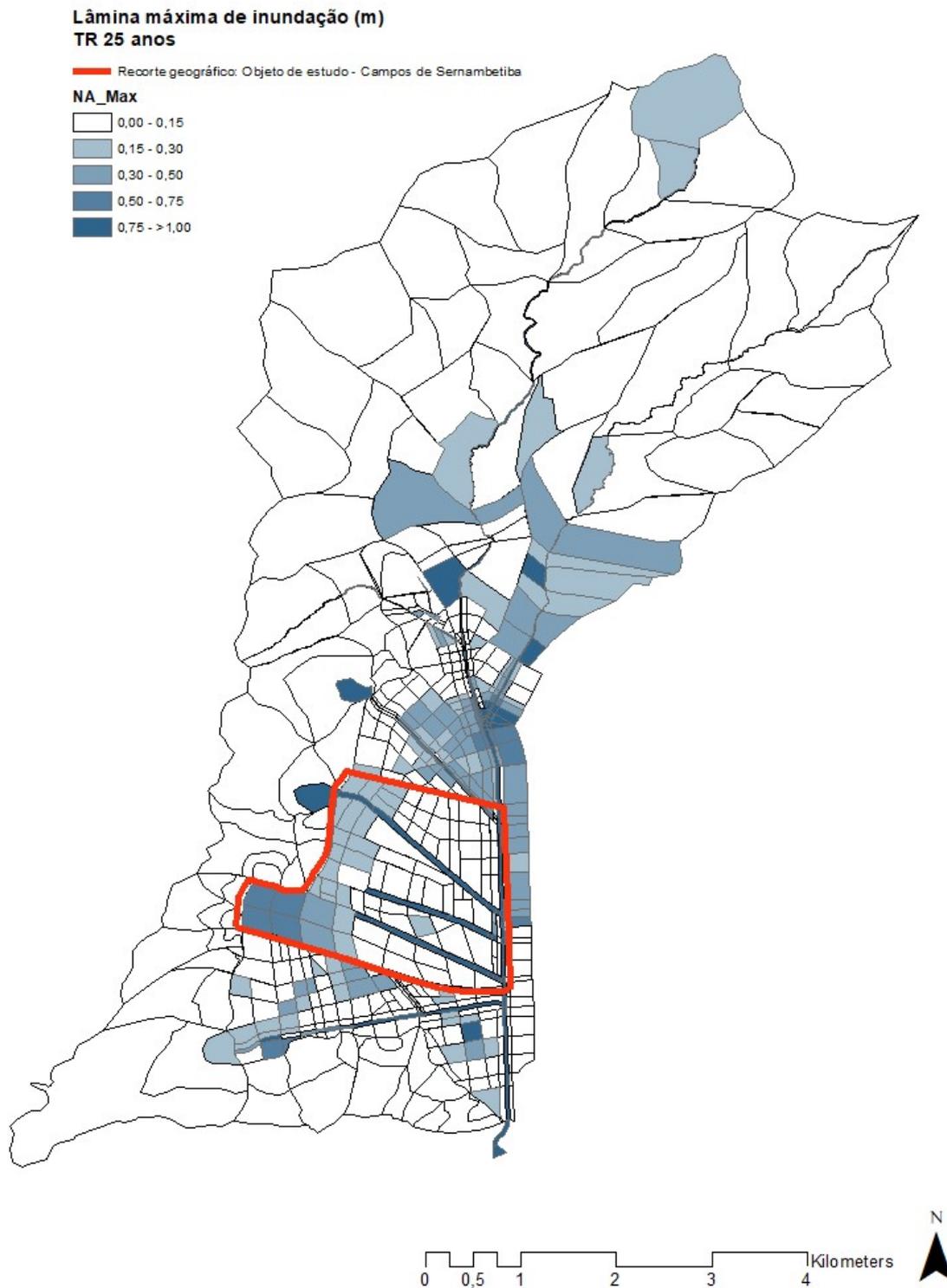
Os coeficientes de escoamento superficial utilizados no modelo do cenário 2c estão na tabela 8.

A figura 73 apresenta a mancha de alagamento obtida neste cenário.

Tabela 8: Coeficientes de Escoamento superficial utilizados no cenário 2c-
Fonte:Tabela da Rio-Águas adaptada pela autora, 2018.

<i>Tipologia da área de drenagem</i>	<i>Coefficiente de escoamento superficial</i>
Áreas Residenciais Áreas suburbanas 0,40 Áreas com prédios de apartamentos 0,70	
Superfícies Asfalto 0,95 Concregrama 0,1	
Áreas sem melhoramentos ou naturais Capoeira ou pasto com declividade <5% 0,30	

Figura 73: Mancha de alagamento do Cenário 2c - Concregrama.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2018.

4.3.4 ANÁLISE COMPARADA

A partir da modelagem matemática, obteve-se uma mancha de alagamento para cada cenário. As respostas da modelagem, representadas nestas manchas, confirmam as expectativas iniciais de que, quanto mais impermeável o território urbano, e com saídas mais limitadas para os canais, maiores são as lâminas d'água obtidas.

O Cenário Atual (vide figura 63) ainda possui forte caráter natural. Com isso, todos os cenários de urbanização propostos, quando confrontado com o Cenário Atual, serão menos favoráveis em termos de inundações e de qualidade dos rios e da bacia.

O Cenário 01, com a impermeabilização do solo e ocupação completa do recorte, demonstra como a urbanização acelerada gera os mesmos tipos de problemas já enfrentados em outras áreas da cidade do Rio de Janeiro, com lâminas de alagamento de até 0,75 m na maior parte do recorte.

O cenário 02, que adota a proposta do PEU, traz uma ocupação com maior disponibilidade de áreas livres. Com isso, foi possível testar 3 tipos distintos de pavimentos nestas áreas: concreto, intertravado e concregrama. Os cenários 2a e 2b possuem resultados muito semelhantes, com alagamentos mais controlados que no cenário 01. O cenário 2C é o que apresenta uma mancha também mais controlada do que no cenário 01 e, ainda, um pouco mais próxima do cenário atual, o que é explicado pela maior permeabilidade do pavimento utilizado – concregrama – em relação aos dos cenários 2a e 2b.

As propostas de traçado urbano aqui apresentadas utilizaram um recorte da bacia hidrográfica original, entretanto, para um resultado mais abrangente, deve-se lançar propostas, especialmente de medidas compensatórias, também fora do recorte da área em estudo, na escala da bacia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação se propõe a compreender a relação entre o desenho urbano e a drenagem para minimizar os impactos ambientais decorrentes da acelerada expansão da cidade. Para isso, deve-se ir além do traçado urbano e da arquitetura, procurando entender como é o funcionamento da bacia hidrográfica, no intuito de que os projetos urbanos desenvolvidos respeitem seus aspectos naturais, e buscando associar urbanidade à funcionalidade. Reforça-se que a bacia hidrográfica deve ser utilizada como unidade básica de projeto de tal forma que se possa nortear uma ocupação consciente, respeitando as limitações e pré-existências do sítio.

Os resultados obtidos demonstram o impacto das diferentes ocupações nas manchas de alagamento e, respectivamente, suas consequências para a população e para o ambiente.

O desenho urbano, compreendido em sua totalidade, desde seu traçado viário, perpassando pela taxa de ocupação, densidade, tipologia de edificações, incluindo seus acabamentos e a pavimentação de todo o sítio, interfere diretamente no funcionamento da drenagem urbana, na forma em que a detenção e retenção dessas águas ocorre.

Mostrou-se fundamental mapear áreas de alagamento para fins de planejamento de ocupação futura ou para orientação à população já existente nestes locais, possibilitando a realocação da população afetada, quando for possível e viável, do ponto de vista social e econômico, para locais próximos e seguros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, D. **Urbanidade e a qualidade da cidade**. *Arquitextos*, São Paulo, ano 12, n141.08, Vitruvius, mar. 2012.

ALEXANDER, C. et al. **A Pattern Language**. New York, Oxford University Press. 1977.

BAHIANA, J. R. **Espaços Livres, Forma Urbana e Transformação da Paisagem: Análise Tipo-Morfológica em Vargem Grande, Rio de Janeiro/RJ**. X COLÓQUIO QUAPÁ-SEL. Sessão 2 – Processos e agentes produtores da forma urbana e do sistema de espaços livres – BRASÍLIA 2015.

_____. **A City is Not a Tree**, [originally published in *Architectural Forum*, Vol. 122 No. 1, pages 58-61 and No. 2, pages 58-62; reprinted in: "Design After Modernismo", Londres. 1965.

BONTEMPO, V. L. et al **Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte: avanços e retrocessos**. RESA: Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 9, n. 1, p. 5-16, 2012.

BRASIL. **Conselho Municipal de Meio Ambiente**. Ata da 33ª Reunião.

_____. **Decreto nº 4874**, de 12 de dezembro de 1984.

_____. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico 2000.

_____. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico 2010.

_____. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. (2007). Manuais técnicos em geociências nº 4 - Manual técnico de pedologia. 2ª ed., IBGE, Rio de Janeiro.

_____. **Instituto Municipal de Planejamento**, <acessado em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/iplanrio>>

_____. **Instituto Pereira Passos. Bairros Cariocas**. Disponível em: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/bairros Cariocas/index_bairro.htm>. Acessado em: 09 de maio de 2017.

_____. **Lei Nº 12.651**, DE 25 DE MAIO DE 2012. – Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acessado em 20 de maio de 2017.

_____. **Lei Complementar Nº 104**, DE 27 DE NOVEMBRO 2009 – Disponível em <<http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/a99e317a9cfec383032568620071f5d2/afddee576933dbfc032577220075c7d6?OpenDocument>>. Acessado em 04 de maio de 2017.

_____. **Lei Complementar nº 16**, de 4 de junho de 1992. Disponível em <http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/573ad0b372ea8c96032564f00629eae/758414dfee085d47032577220075c7e4?OpenDocument> <acessado em: 17/05/2018>

_____. **Lei Federal nº 10257**, de 10 de julho de 2001, o Estatuto da Cidade. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/leis_2001/L10257.htm <acessado em: 23/05/2018>

_____. **Lei nº 613**, de 11 de setembro de 1984. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/2565214/DLFE-240313.pdf/1.0> <acessado em: 05/05/2018>

_____. **Plano de Manejo de Águas Pluviais**, 2015. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4282910/4152311/PMSB_DRENAGEMEMAN_EJODEAGUASPLUVIAIS.pdf <acessado em: 21/05/2018>

_____. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/plano-diretor1> <acessado em: 02/06/2018>

_____. **Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro - Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas** – disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas/exibeconteudo?id=5825189>> acessado em 21 de maio de 2017.

_____. **Secretaria Municipal de Meio Ambiente**. Mapa de Cobertura Vegetal e Uso das Terras do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **Secretaria Municipal de Meio Ambiente**. Dados obtidos em <<http://pcrj.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=096ae1e5497145838ca64191be66f3e3>>. Acessado em 06/12/2017.

_____. **Universidade Federal de Santa Catarina**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Brasil/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 104p.

BRUNO L.O. et al. **Estudo da Redução do Escoamento Superficial Direto em Superfícies Permeáveis**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 18 n.2 – Abr./Jun. 2013,237-247. 2013

CARDEMAN, R. G. **A transformação da paisagem e da forma urbana: processos, agentes e ações no caso de Vargem Grande, no Rio de Janeiro**. Tese de doutorado, Rio de Janeiro: PROARQ FAU-UFRJ, 2014.

CARVALHO, R.G. **As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil**. In: Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

CASTANHEIRA, M.V.S.; FREITAS, M.M. (2005). **Evolução da paisagem geomorfológica e a influência da pressão urbana no maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro – RJ**. In: Anais do X Encontro de geógrafos da América Latina, Universidade de São Paulo.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres mistos**. Volume 3. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 2002. 91p.

CERQUEIRA L.F.F, SILVA L.P. **Os impactos dos assentamentos informais de baixa renda nos recursos hídricos: o caso das comunidades periurbanas de Jacarepaguá-RJ**. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 2007.

CHOW, V.T. **Open-channel hydraulics**. United States of America. 1959.

COSTA, L. **A respeito da preservação (tombamento) do Plano Piloto, 1990 In Lucio Costa: Registro de uma vivência**. São Paulo: Empresa das Artes, 1995, p. 330.

FISCHER, G. N. **Espaço, identidade e organização**. In: CHANLAT, Jean-François (Coord.). O indivíduo na organização: dimensões esquecidas. V. 2. São Paulo: Atlas, 1994.

FONTES, A.R.M., BARBASSA, A. P. **Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização urbanas**. In: *RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos* – Volume 8 n.2 Abr./Jun. 2003, 137-147.

FREITAS, A. M. (2009). **Qualidade das águas fluviais: estudo de caso da bacia hidrográfica de Jacarepaguá – RJ**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

GOUVEIA N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**, São Paulo. 2012.

ISDR (International Strategy for Disaster Reduction). **Disaster risk reduction 1994-2004**. Geneva: United Nations, 2005. CD-ROM.

LEOPOLD L.B. **Hydrology for- Urban Land Planning - A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use**, Washington, 1968.

LIMA, V.M.F. et al. **Os sistemas de espaços livres e a urbanidade: um diagnóstico da cidade de Natal**. In: IX Colóquio QUAPA –SEL, 2014, Vitória. Anais. 2014.

LYNCH, K. **A imagem da cidade**, 3ª edição - São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011. (Coleção Cidades).

_____. **A boa forma da cidade**, Editora: Edições70, Lisboa, Portugal, 2012.

LOURENÇO R. C. **A Gestão dos Espaços Ambientais Protegidos: o Caso das Apps do Rio Morto-vargem Grande**. Ix Simpósio de excelência de Gestão e Tecnologia. Rio de Janeiro, 2012.

MACEDO. Silvio et al. **Os sistemas de espaços livres e a constituição da esfera pública contemporânea no Brasil**. In TERRA, Carlos e ANDRADE, Rubens. Coleção Paisagens Culturais, vol. 3. Rio de Janeiro: EBA-UFRJ, 2007, p. 286-297.

MACHADO, P.A.L., **Direito Ambiental Brasileiro**. 12ª edição, São Paulo: MALHEIROS EDITORES LTDA, 2004. 1075 p, cap. II, p.697-698.

MAGNOLI. M.M. **Em busca de “outros” espaços livres de edificação**. In: *Paisagem e Ambiente* ensaios - n. 21 - São Paulo - p. 141-174 – 2006

_____. **Espaço Livre – Objeto de trabalho**. In: *Paisagem e Ambiente* ensaios - n. 21 - São Paulo - p. 175-198 – 2006

MARQUES J.S. **A Participação dos Rios no Processo de Sedimentação da Baixada de Jacarepaguá**. Inst. de Geociências e Ciências Exatas/UNESP. (Dissertação de Doutorado). Rio Claro, 1990.

MASCARENHAS, F. C. B., MIGUEZ, M. G. **Urban flood control through a mathematical flow cell model**. *Water Int.*, 272, 208–218. 2002

MCHARG, I.L. **Design with nature**. United States of America. 1992.

MIGUEZ, M. G. (2001). **Modelo Matemático de Células de Escoamento para Bacias Urbanas**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.

PERES, R. B. SILVA R. S. **Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacia Hidrográfica**. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 5, n. 2, p. 13-25, jul./dez. 2013

MENDONÇA, F. **l'adaptation urbaine au changement climatique global: les inondations à Curitiba et Pinhais (Brésil)** In: XXVIIIe Colóquio de l'Association Internationale de Climatologie. Liège (Sart-Tilman)/Belgique, 2015.

MIGUEZ, M. et al. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora: Elsevier, 2016.

MIGUEZ, M. et al **Urban Agglomeration and Supporting Capacity: The Role of Open Spaces within Urban Drainage Systems as a Structuring Condition for Urban Growth**, Urban Agglomeration Mustafa Ergen, IntechOpen, Londres, 2018.

MUNIZ N.F. **Análise Hidrológica Na Interface Urbano-Florestal Em Área Sob A Influência Do Projeto De Estruturação Urbana Das Vargens**, Rio De Janeiro/RJ XXI Seminário de Iniciação Científica, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2013.

PAVAN F.S. **Regularização fundiária em áreas de preservação permanente**. Rio de Janeiro. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes, RJ. 2010.

PINTO, R. B. DE C. P. **Estudo De Inundação Do Canal De Sernambetiba E Seus Afluentes Utilizando O Programa Modcel**. 2016.

QUEIROGA, E. F. **Sistemas de espaços livres e esfera pública em metrópoles brasileiras**. *Artigos e Ensaios*, São Paulo, p. 25-35, jan.jun. 2011.

REGO, A. Q. **Os Sons como elementos de qualificação do ambiente – Uma metodologia de registro e armazenagem**. XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Rio de Janeiro, 2011.

RIGHETTO, A.M. et al Manejo de águas pluviais urbanas. In: RIGHETTO, A. M. (coordenador). **Manejo de Aguas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009, 396p.

ROCHA, M.M. **Caracterização da vulnerabilidade às inundações das famílias da sub-bacia da Zona dos Canais, RJ: estudo preliminar**. Monografia de Especialização, Rio de Janeiro: ENCE-RJ, 2015.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geocologia da paisagem**.

TARDIN, R. **Espaços Livres**. Rio de Janeiro: Editora 7Letras, 2008.

TAVARES, A. C; SILVA, A. C. F. **Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica**. Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, v. 3, n.1, p. 4 –15, 2008.

TEBALDI, I.M et al. **Projeto E Gestão Da Paisagem Nos Sistemas De Drenagem Urbana - Caso Da Bacia Do Rio Joana**, XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, 2015.

TOGASHI H. F. **Caracterização dos fluxos hídricos em três estágios sucessionais na sub-bacia do rio Caçambe, maciço da Pedra Branca (RJ).** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, 2011.

TUCCI, C.E.M. **Urban Flood Management. Global Water Partnership, WMO – World Meteorologic Organisation, Cap-Net.** Maio, 2007.

_____. **Drenagem Urbana** -Cienc. Cult. vol.55 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2003

YAMAMOTO L.M.T. **Projeto Urbano De Área Ambientalmente Sensível Visando Controle De Cheias, Resiliência Urbana E Requalificação Fluvial – Caso De Loteamento De Vargem Grande.** Trabalho de Conclusão de Curso. UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

ZANOBETTI, D. et al. **Mekong Delta Mathematical Program Construction. Journal of the Waterways and Harbours Division, ASCE,** v. 96, n. WW2, pp. 181-199, 1970.

Links utilizados:

- <http://acervo.oglobo.globo.com/fotogalerias/a-urbanizacao-da-barra-da-tijuca-9331589> <acessado em 11/05/2017>
- <https://oglobo.globo.com/rio/chuvas-no-rio-moradores-de-vargem-grande-estao-ilhados-3027925> <acessado em 11/05/2017>
- http://www.biologo.com.br/MOSCATELLI/Tragedia_RJ/chuva_no_Rio_de_Janeiro3.htm <acessado em 11/05/2017>
- <http://teladeprotecao-rj.com.br/riodejaneiro/redes-de-protecao-em-vargem-grande-rj/> <acessado em 11/05/2017>
- <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1452383> <acessado em 11/05/2017>
- [http://www0.rio.rj.gov.br/smac/up_arq/sub/Volume%20%20-%20Meio%20Fisico%20\(Parte%20\).pdf](http://www0.rio.rj.gov.br/smac/up_arq/sub/Volume%20%20-%20Meio%20Fisico%20(Parte%20).pdf) <acessado em: 15/03/2018>
- <http://geografianewtonalmeida.blogspot.com.br/2012/04/ciclo-da-agua-ciclo-hidrologico.html> <acessado em: 15/03/2018>
- <http://www.vwpavimentacao.com.br/> <acessado em: 25/05/2018>
- <http://www.sahara.com.br/artefatos-vibro-moldado/pavers-e-lajotas.php> <acessado em: 25/05/2018>
- <http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp/exibeconteudo?id=4154861> <acessado em: 25/05/2018>
- <http://webstand.com.br/bairros-planejados/pontal-oceanico/> <acessado em: 28/08/2018>