UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

CAMILA CRISTINA DA COSTA SANTOS CRUZ

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM: UMA ANÁLISE URBANÍSTICO-AMBIENTAL

Belém
2018

CAMILA CRISTINA DA COSTA SANTOS CRUZ

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM: UMA ANÁLISE URBANÍSTICO-AMBIENTAL

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Pará.
Orientador Prof. Dr. Juliano Pamplona Ximenes Ponte.

Belém
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Biblioteca do Instituto de Tecnologia/UFPA-Belém-PA

C957u Cruz, Camila Cristina da Costa Santos, 1990-
Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas da Região Metropolitana de Belém: uma análise urbanístico-ambiental / Camila Cristina da Costa Santos Cruz. — 2018.

Orientador: Juliano Pamplona Ximenes Ponte

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belém, 2018.

1. Solo urbano – Uso – Belém, Região Metropolitana de (PA). 2. Bacias hidrográficas – Belém, Região Metropolitana de (PA). 3. Bacias hidrográficas – Tucunduba, Igarapé (PA). 4. Bacias hidrográficas – Paracuri, Rio (PA). 5. Planejamento urbano – Belém (PA). I. Título.

CDD 23.ed. – 711.4098115

Elaborado por Marina das Graças Matos Farias – CRB-2/187

CAMILA CRISTINA DA COSTA SANTOS CRUZ

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM: UMA ANÁLISE URBANÍSTICO-AMBIENTAL

Banca examinadora

Prof. Dr. Juliano Pamplona Ximenes Ponte (orientador)
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. José Júlio Ferreira Lima
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Carlos Alexandre Leão Bordalo
Universidade Federal do Pará

Conceito: APROVADO em 14 / 09 / 2018

Dedico este trabalho à minha mãe,
Maria Célia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora de Nazaré, que me permitiram chegar a este momento de conclusão de mais uma etapa da vida, que representa não apenas uma vitória no âmbito acadêmico, mas de um conjunto de desafios que se apresentaram e que os pude vencer.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Juliano Ximenes, pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência e compreensão, pelas palavras de incentivo para que eu não desistisse, mesmo diante dos inúmeros percalços ao longo desta parceria. Ao Prof. Dr. José Júlio Lima, pelo indispensável apoio, especialmente nas etapas finais deste trabalho, além das contribuições ao longo de toda a vida acadêmica.

Às minhas irmãs Liliane, Danielle e Raiza e à minha tia/mãe Ruth, pelo apoio e compreensão em todos os momentos, sobretudo nos últimos meses, decisivos para a conclusão deste trabalho. Devo um agradecimento especial à minha mãe, Maria Célia, a quem me faltam palavras para descrever. Obrigada pelas sábias palavras de incentivo, pelo amor, pelo abraço reconfortante ao longo da caminhada. Eu nada seria sem ti, minha mãe.

Aos meus colegas do Tribunal de Justiça, pela paciência nos momentos em que precisei me ausentar e priorizar o mestrado, especialmente a Paulo Lima e Cláudia Burlamaqui, que, além da compreensão no tocante ao trabalho, usaram de sua experiência acadêmica para acompanhar de perto este processo e inclusive contribuir com reflexões e sugestões sobre a pesquisa.

Aos amigos/irmãos de longas datas, em especial Victor, Dantas e Patrícia, sempre acompanhando de perto minha jornada e direta ou indiretamente ajudando no desenvolvimento deste trabalho. A Cristina Rêgo, amiga que o mestrado me deu, com quem compartilhei inúmeras madrugadas de estudo, regadas a um bom café, muitas risadas, reflexões sobre a vida e alguns puxões de orelha para eu seguir em frente. A Gisele e Jacqueline Guimarães, pelo apoio e direcionamentos na continuidade deste trabalho. A Wallace Avelar, pelo apoio e parceria com os mapas e dados que auxiliaram na construção deste trabalho. Obrigada amigos!

RESUMO

A urbanização inevitavelmente acarreta transformações nas dinâmicas ambientais das bacias hidrográficas, através de processos como a impermeabilização de superfícies e supressão da cobertura vegetal, que impactam diretamente o regime hidrológico. Na Região Metropolitana de Belém (RMB), as alterações decorrentes da urbanização afetam sobretudo as chamadas áreas de *baixada*, nas quais coexistem fatores de risco urbano ambiental e a concentração de assentamentos precários. O presente trabalho se propõe a realizar uma análise urbanístico-ambiental das formas de uso e ocupação do solo na Região Metropolitana de Belém (RMB) a partir de um conjunto de variáveis relacionadas ao desempenho da ocupação em termos ambientais, selecionadas com base em proposições teóricas de autores clássicos dos campos da Arquitetura da Paisagem e do Urbanismo, como Spirn (1984) e McHarg (1969), além de autores contemporâneos que se dedicam ao estudo de abordagens “compreensivas” de tratamento do ambiente, tais como Carneiro e Miguez (2011) e Araújo et. al. (2011). A pesquisa se processa em duas escalas, sendo a primeira referente ao recorte territorial de 41 bacias hidrográficas situadas até o município de Santa Bárbara do Pará, e a segunda referente à escala da bacia hidrográfica, que terá como objeto de estudo as bacias do Tucunduba e do Paracuri, a partir de uma análise que prioriza as relações entre a morfologia urbana dos assentamentos e as alterações no ciclo hidrológico das bacias. A pesquisa apontou relações entre o padrão de uso e ocupação do solo predominante na RMB e a produção de condições desfavoráveis ao equilíbrio hidrológico, sobretudo nas regiões mais consolidadas, com tendência à reprodução de padrões semelhantes nos demais municípios metropolitanos.

PALAVRAS-CHAVE: Bacias hidrográficas, uso e ocupação do solo, Região Metropolitana de Belém, Paracuri, Tucunduba.

ABSTRACT

Urbanization inevitably entails changes in the environmental dynamics of river basins, through processes such as waterproofing of surfaces and suppression of vegetation cover, which have a direct impact on the hydrological regime. In the Metropolitan Region of Belém (RMB), the changes resulting from urbanization mainly affect the so-called lowland areas, in which urban environmental risk factors coexist and the concentration of precarious settlements. The present work proposes to carry out an urban-environmental analysis of the land use and occupation forms in the Metropolitan Region of Belém (RMB) based on a set of variables related to environmental occupation performance, selected based on theoretical propositions of classical authors in the fields of Landscape Architecture and Urbanism, such as Spirn (1984) and McHarg (1969), as well as contemporary authors dedicated to the study of "comprehensive" environmental treatment approaches such as Carneiro and Miguez) and Araújo et. al. (2011). The research is carried out in two scales, the first one referring to the territorial cut of 41 watersheds located up to the municipality of Santa Bárbara do Pará, and the second referring to the scale of the hydrographic basin, which will have as object of study the basins of the Tucunduba and of Paracuri, starting from an analysis that prioritizes the relations between the urban morphology of the settlements and the changes in the hydrological cycle of the basins. The research pointed out the relationship between the pattern of land use and occupation predominant in the RMB and the production of conditions unfavorable to the hydrological balance, especially in the more consolidated regions, with a tendency to reproduce similar patterns in the other metropolitan municipalities.

KEYWORDS: Hydrographic basins, land use and occupation, Metropolitan Region of Belém, Paracuri, Tucunduba.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Planta de Belém no século XVIII, representando o núcleo urbano e o alagadiço do Piri. 25
Figura 2- Plano de expansão urbana de Belém, elaborado por Nina Ribeiro. 27
Figura 3 - Demarcação dos limites da Primeira e Segunda Légua Patrimonial 3130
Figura 4- Principais eixos viários da RMB e o Cinturão Institucional 35
Figura 5- Sobreposição de camadas de informações biofísicas 4241
Figura 6- Zoneamento de usos do solo em função da hidrografia 44
Figura 7- Ampliação da área de inundação em função da ocupação das áreas de várzea 4454
Figura 8- Funcionamento do Ciclo Hidrológico 4847
Figura 9 - Impacto da Urbanização sobre o regime das cheias 5049
Figura 10- Diagrama ilustrativo da composição do escoamento, evapotranspiração, percolação e infiltração de águas pluviais, diante da impermeabilização de solo 5150
Figura 11 - Definição das regiões hidrográficas do estado do Pará 5958
Figura 12 - Agrupamento das bacias para a análise 8079
Figura 13 - Bacias da Tamandaré, Magalhães Barata e Reduto 8584
Figura 14 - Bacias da Estrada Nova, Tucunduba e Una 8988
Figura 15 - Bacias de Val-de-Cans, Cajé, Mata-fome e Paracuri 98
Figura 16 - Bacias do Ananin, Outeiro e Maguarizinho 102
Figura 17 - Bacias do Ariri, Maguari-Açu e Macajatuba 107106
Figura 18 - Bacia do Murutucum 108107
Figura 19 - Bacias do Pau Grande, Oriboquinha, Taiacuí e Aurá 112
Figura 20 - Bacias da Ilha de Caratateua 114
Figura 21 - Bacias da Ilha de Mosqueiro e bacia das ilhas menores 116115
Figura 22 - Bacias do Tucum e das Marinhas 118
Figura 23 - Bacias do Benfica, Paricatuba, Baiacu e Tauá 120
Figura 24 - Gráficos com os valores de permeabilidade, declividade, capilaridade e densidade populacional por bacia 121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População rural e urbana na RMB (2010) e projeção populacional para 2017 Fonte: IBGE (2010) 6361
Tabela 2 - Dados populacionais e físicos das bacias hidrográficas mais populosas da RMB Fonte: PEREIRA (2008) 6866
Tabela 3- Faixas de permeabilidade por bacia 7573
Tabela 4- Caracterização das faixas de declividade, entre bandas de valor baixo e médio 7674
Tabela 5 - Faixas de valores de capilaridade 7775
Tabela 6- Faixas de densidade populacional 7877

LISTA DE MAPAS

Mapa 1- Região Metropolitana de Belém 21
Mapa 2 -Região de Influência de Belém segundo o REGIC-IBGE..... 23
Mapa 3- Hipsometria da RMB 3028
Mapa 4 - Densidade populacional por bacia 6563
Mapa 5 - Aglomerados Subnormais RMB 6765
Mapa 6 - Faixas de permeabilidade média das bacias da RMB 7169
Mapa 7 - Faixas de declividade média das bacias da RMB 7371

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Delimitação das APP's pelo Código Florestal Brasileiro 5755
Quadro 2 - Classificação das tipologias de assentamentos precários por bacia na RMB 6967
Quadro 1 - Relações entre áreas permeáveis, área construída e população nas bacias do Paracuri e do Tucunduba.....162
Quadro 4 - Diretrizes e Parâmetros Urbanísticos para as bacias do Paracuri e do Tucunduba.....167

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – ÁREA DE PROTEÇÃO PERMANENTE

BNH – BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO

COHAB – COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO ESTADO DO PARÁ

COSANPA – COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

IDESP – INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-SOCIAL DO PARÁ

METROPOLITANA DE BELÉM

PLANSAB – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO

PMB – PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM

PPGAU – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E

URBANISMO

RMB – REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

SAAEB – SISTEMA AUTONOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE BELÉM

SFH – SISTEMA FINANCEIRO DE HABITAÇÃO

SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

UFPA – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. ESTRUTURAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM E SUA RELAÇÃO COM AS ÁGUAS 20

2.1. Histórico de Ocupação da RMB **24**

3. CIDADE E NATUREZA

3.1. As discussões sobre a dimensão ambiental na cidade **39**

3.2. As Dinâmicas Ambientais das Bacias Hidrográficas e a Urbanização **47**

3.3. Soluções de Drenagem - Medidas Estruturais e Não-estruturais **53**

3.4. Aspectos Legais **55**

4. ANÁLISE URBANÍSTICO-AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 61

4.1. Caracterização da Área de Estudo **62**

4.1.1. População 63

4.1.2. Assentamentos Precários 66

4.1.3. Permeabilidade e cobertura vegetal 70

4.1.4. Declividade 72

4.2. Definição de parâmetros de análise **74**

4.2.1. Permeabilidade 74

4.2.2. Declividade 75

4.2.3. Capilaridade 76

4.2.4. Densidade Populacional 77

4.3. Análise das bacias **78**

4.3.1. Bacias Hidrográficas da Tamandaré, Magalhães Barata e Reduto 81

4.3.2. Bacias hidrográficas da Estrada Nova, do Tucunduba e do Una 86

4.3.3. Bacias Hidrográficas de Val-de-Cans, Cajé, Mata-Fome e Paracuri 90

4.3.4. Bacias Hidrográficas do Ananin, Outeiro e Maguarizinho 99

4.3.5. Bacias Hidrográficas do Ariri, Maguari-Açu, Macajatuba e Murutucum 103

4.3.6. Bacias Hidrográficas do Pau Grande, Oriboquinha, Taiacuí e Aurá 109

4.3.7. Bacias Hidrográficas da Ilha de Caratateua: Itaiteua, Agua Boa, Outeiro Oeste e Outeiro Norte 113

4.3.8. Bacias Hidrográficas da Ilha de Mosqueiro e das Ilhas Menores 114

4.3.9. Bacias Hidrográficas do Tucum e das Marinhas 116

4.3.10. Bacias Hidrográficas Benfica, Paricatuba, Baiacu e Tauá 119

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 176

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 176

1. INTRODUÇÃO

O padrão de ocupação predominantemente praticado nas cidades brasileiras, orientado pela lógica urbano-industrial, produz significativas alterações sobre as dinâmicas ambientais, em especial sobre o regime hidrológico, que, associadas à precariedade ou inexistência das redes de infraestrutura urbana, têm resultado, em alguns casos, em um cenário de crítica degradação urbanístico-ambiental.

Dentre o conjunto de procedimentos ambientalmente danosos decorrentes da urbanização, pode-se citar a pavimentação de grandes extensões de terra, remoção da cobertura vegetal, ocupação das margens de cursos d'água, encostas e outras áreas ambientalmente frágeis, que produzem como efeito o aumento da impermeabilização do solo, acompanhado de alterações no ciclo hidrológico das bacias, tais como a diminuição da infiltração das águas, do aumento do escoamento superficial e do avanço do assoreamento (CARNEIRO; MIGUEZ, 2011). Deve ser observado, adicionalmente, que estes fenômenos se constituem no quadro típico da urbanização atualmente tomada como convencional, hegemônica, no mundo. Os materiais e tecnologias de urbanização, suas dimensões, a geometria consagrada de desenho de vias e quadras e, principalmente, o regime econômico de uso e apropriação de terras urbanas tem condicionado dinâmicas de impacto urbanístico-ambiental desfavoráveis, de baixo desempenho, tanto do ponto de vista socioambiental quanto físico-ambiental.

As consequências de tais procedimentos apresentam uma conotação particular na região amazônica, cuja estruturação territorial está intimamente relacionada às águas. A associação da farta hidrografia local a um regime pluvial abundante e à topografia caracterizada por suaves relevos, configura um sítio virtualmente plano e produz condições favoráveis à ocorrência de alagamentos, penalizando especialmente as porções territoriais com cotas mais baixas.

O reconhecimento de tal contexto indica a centralidade da rede de drenagem, natural e artificial, enquanto fator condicionante do ordenamento territorial na Amazônia (PONTE, 2010), além de apontar a necessidade do direcionamento de investigações para os desdobramentos das práticas de

urbanização vigentes, frente ao contexto regional, de modo a construir subsídios para a ocupação urbana mediante as condições fisiográficas e climáticas locais.

Diante da predominância absoluta deste citado padrão de ocupação, pautado pela racionalidade urbano-industrial, a partir da segunda metade do século XX, os debates em torno da questão urbanístico-ambiental se intensificam e ganham novas contribuições, por meio de proposições alinhadas aos campos teóricos do Paisagismo e do Urbanismo, como as de McHarg (1969) e Spirn (1984), que defendem a incorporação da dimensão ambiental ao planejamento urbano e oferecem um conjunto de parâmetros relevantes para um desempenho satisfatório das dinâmicas ambientais no meio urbano.

O presente trabalho se propõe à revisitação das contribuições destes e outros autores que se dedicam aos estudos acerca da interação entre cidade e natureza, à luz das abordagens chamadas “compreensivas” do ambiente urbano, pautadas por uma perspectiva integradora entre as dimensões urbana e ambiental da ocupação. Com base nesta revisão teórica, desenvolveu-se uma proposta de análise urbanístico-ambiental, pautada em um conjunto restrito de variáveis biofísicas e urbanísticas, associada a considerações sobre aspectos socioeconômicos, aplicados a um conjunto de bacias hidrográficas pertencentes à Região Metropolitana de Belém.

Note-se que não existe uma tal “metodologia de análise urbanístico-ambiental” unificada, propugnada por algum autor, obscuro ou consagrado, no campo do Urbanismo; por outro lado, todas as formulações deste campo de associação entre dimensões ambientais da cidade lidam com conjuntos similares de variáveis e noções, conceitos. Em parte, este trabalho se propõe a consolidar sínteses de determinados aspectos analíticos destas formulações, para aplicá-los ao contexto das microbacias hidrográficas (urbanas ou não) da Região Metropolitana de Belém (RMB).[2]

A pesquisa foi estruturada em duas fases, consistindo a primeira em uma

[2] O tratamento das bacias hidrográficas nesta escala metropolitana como *microbacias* se deve ao rigor técnico necessário para a caracterização destas zonas de influência em torno de sistemas fluviais e em relação à formação do relevo. São, portanto, microbacias porque sua escala territorial envolve hidrografia de pequeno e médio portes, majoritariamente, incorporando os chamados “canais de drenagem” urbanos, dentre outros. Para efeito de simplificação, neste trabalho trata-se por “bacia” em geral as microbacias.

análise preliminar referente a um recorte territorial de 41 bacias hidrográficas situadas até o município de Santa Bárbara do Pará, não contemplando, portanto, a totalidade do território metropolitano; e a segunda concernente às bacias do Paracuri e do Tucunduba, às quais foi aplicada uma análise com critérios mais específicos de morfologia urbana.

As 41 (sub)bacias deste trabalho foram delimitadas entre 2004 e 2009 pela Companhia de Saneamento de Belém (COSANPA), com revisões e ajustes sucessivos feitos a propósito dos Planos Diretores de Sistemas de Água Potável (2004) e de Esgotamento Sanitário (2009) da Região Metropolitana de Belém, à época com cinco municípios componentes (Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará). Pela definição a partir de uma empresa de saneamento, a delimitação destas microbacias hidrográficas (urbanas) foi submetida a duplo critério, físico-ambiental e sanitário; suas poligonais não necessariamente coincidem exatamente com as delimitações precisas da hipsometria, mas eventualmente foram compatibilizadas com o desenho de sistema viário, canais de passagem de redes de água, esgoto e drenagem. No sentido urbanístico, este ajuste feito pela COSANPA vai ao encontro dos propósitos deste trabalho.

Esta fase da pesquisa foi realizada segundo duas escalas distintas: a primeira correspondente ao conjunto das 41 bacias da área de estudo e a segunda aplicada individualmente a cada bacia, ou, em alguns casos, a grupos de bacias com características semelhantes, como poderá ser verificado ao longo do trabalho. A análise realizada nesta fase possibilitou a caracterização geral da área de estudo e forneceu subsídios para a seleção das duas bacias a serem analisadas mais detalhadamente na etapa posterior.

Com base nos resultados da primeira etapa, foram selecionadas as bacias do Tucunduba e do Paracuri, em função de suas condições de acentuada precariedade urbanístico-ambiental e habitacional. Ademais, as bacias em questão são representativas de diferentes dinâmicas de ocupação urbana, sendo a primeira inserida em área de ocupação mais antiga e com elevada densidade construtiva e populacional, situada às proximidades das áreas centrais de Belém, enquanto que a segunda encontra-se na área de expansão urbana da cidade, apresentando adensamento relativamente baixo, havendo, em ambas, taxas de

permeabilidade consideradas toleráveis para bacias situadas em grandes aglomerações urbanas (ARAÚJO et al., 2011). A Bacia do Paracuri, contudo, possui características de resolução mais viável a curto prazo em termos da qualidade urbanístico-ambiental de seus espaços, em comparação com a Bacia do Tucunduba.

Além dos critérios empregados na primeira fase da pesquisa, foi realizada a análise morfológica do parcelamento urbano das bacias com base em seus elementos constitutivos básicos – rua, quadra e lote – em associação com as redes naturais e artificiais de drenagem, buscando evidenciar as relações destes fatores com o desempenho da ocupação urbana frente às dinâmicas ambientais, além de considerações sobre as estratégias de aproveitamento do solo e interação com os condicionantes naturais do sítio físico.

Pretende-se, por fim, que as análises resultantes deste trabalho possam contribuir para a ampliação do conhecimento sobre as implicações urbano-ambientais dos processos de ocupação em curso na RMB considerando as especificidades do sítio físico amazônico e oferecendo subsídios para a elaboração de futuras ações de planejamento e/ou intervenções de requalificação urbana na região, que possam conduzir a um padrão de urbanização menos danoso às dinâmicas naturais.

1.1. NOTAS METODOLÓGICAS

Como referido anteriormente, as análises da primeira fase da pesquisa tomaram como subsídio varáveis biofísicas e urbanísticas, selecionadas com base em autores vinculados à tradição de abordagens ambientalmente “compreensivas” do ambiente urbano, tais como McHarg (1969), Spirn (1984), Araújo et al., (2011), os quais fornecem parâmetros para a avaliação destas variáveis frente ao que seria desejável para um desempenho satisfatório da ocupação frente aos processos ambientais. Não se pretende, segundo estes autores, atingir um nível “ótimo” de desempenho, de situação ideal na ocupação e morfologia urbana destas bacias, mas promover uma análise crítica da ocupação e seus impactos.

Com base em tais considerações, as análises tomaram como variáveis

principais a taxa de declividade do sítio, percentual de áreas permeáveis e de áreas vegetadas e sua localização respectivamente à topografia da bacia, a capilaridade do sistema viário e a densidade populacional. Como critérios complementares à análise, considerou-se a localização e extensão de áreas alagáveis, uso e ocupação do solo, padrão de parcelamento urbano, localização e extensão de aglomerados subnormais e renda domiciliar média.

Na segunda etapa da pesquisa foi realizado um detalhamento da análise realizada na fase anterior, direcionada às bacias do Tucunduba e do Paracuri. Estas bacias foram selecionadas com base nos resultados obtidos na análise aplicada ao conjunto das 41 bacias da área de estudo, em função de suas severas condições de precariedade urbanístico-ambiental e habitacional, associadas ao fato de estarem situadas em diferentes porções de Belém, sendo uma próxima à área central da cidade e outra em sua área de expansão, experimentando, portanto, dinâmicas urbanas significativamente distintas.

Nesta etapa foi realizada uma análise morfológica do parcelamento, associada aos demais critérios empregados na etapa anterior da pesquisa, de modo a discutir as interações entre soluções de desenho urbano e os processos ambientais das bacias hidrográficas. Foram consideradas nesta análise as relações entre os componentes físico-espaciais mais elementares dos assentamentos urbanos – rua, quadra e lote - conforme critérios de morfologia urbana tais como a forma e proporção e taxa de ocupação de lotes e quadras e dimensões e arranjo do conjunto de vias, considerando ainda as estratégias de aproveitamento do solo e das condições naturais do sítio físico, conforme parâmetros de avaliação preconizados por Mascaró (1997; 2005; 2008), Panerai (2006) e Lamas (2004).

Como subsídio para as análises propostas no presente trabalho, utilizou-se dados cartográficos institucionais, tais como a base de arruamento da RMB do ano de 2013, e a hipsometria da RMB do ano de (2014), ambos produzidos pelo IDESP-PA (Instituto de Desenvolvimento Social Econômico e Ambiental do Estado do Pará), a delimitação das bacias hidrográficas que compreendem esta pesquisa, elaborados pela COSANPA (2008), dados referentes à declividade média e permeabilidade média das bacias da RMB, cedidas pelo LABCAM (Laboratório Cidades na Amazônia), mapeamento de áreas sujeitas a alagamento, referente ao

ano de 2015, elaborado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) e dados censitários do IBGE (2010) referentes às variáveis socioeconômicas.

Dentre os dados cedidos pelo LABCAM, foram empregados os seguintes procedimentos: para obtenção das declividades médias das bacias extraiu-se uma base hipsométrica através de imagens SRTM do ano de 2014, processadas por meio de software GIS, com intervalos interpolados de 2 m entre curvas de nível (uma vez que a resolução destas imagens permitiria imediatamente curvas com intervalos de 15 m), tendo sido posteriormente calculada a variação altimétrica no território das bacias nos sentidos Norte-Sul, Leste-Oeste, Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste. As taxas de permeabilidade média por bacia foram obtidas com base em imagens de satélite referentes aos anos de 2015 e 2016, obtidas por meio do programa Google Earth, sobre as quais foram delimitadas as poligonais das áreas permeáveis mais extensas, por meio de softwares de geoprocessamento; as áreas verdes foram geradas a partir de imagens de satélite RapdEye, do MMA (Ministério do Meio Ambiente), ano de 2015, bandas 4 e 5 (vermelho e infravermelho).

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo se dedica a apresentar o histórico de ocupação urbana da Região Metropolitana de Belém, considerando a associação de fatores socioeconômicos e da morfologia do sítio, marcada pela extensa e capilarizada hidrografia característica da região.

No segundo capítulo realiza-se uma breve revisão do histórico das discussões acerca das interações entre cidade e natureza, em suas diversas proposições, até alcançar as propostas de abordagem do ambiente urbano desenvolvidas a partir da segunda metade do século XX, com base no resgate de uma postura compreensiva e integradora em relação ás dimensões urbana e ambiental das cidades, tal como proposto por McHarg (1969) e Spirn (1984).

Realizou-se ainda neste capítulo a consulta à literatura técnica acerca do funcionamento das dinâmicas das bacias hidrográficas, bem como de diferentes soluções técnicas de drenagem urbana e dos impactos decorrentes da

urbanização, a partir de autores como Schueler (1987), Araújo et al. (2011), Carneiro e Miguez (2011), Schutzer (2012). Por fim, são apresentadas as variáveis e parâmetros para sua avaliação, definidos com base no referencial teórico consultado e que subsidiaram as análises das bacias da área de estudo, desenvolvidas nos capítulos seguintes.

O terceiro capítulo é composto da análise das 41 bacias hidrográficas anteriormente citadas, realizada em duas escalas, dentre as quais a primeira corresponde ao conjunto de todas as bacias da área de estudo e a segunda se aplica individualmente a cada bacia, ou a conjuntos de bacias agrupados segundo características semelhantes. Ao final do capítulo são apresentadas sínteses e conclusões acerca da interação das variáveis e suas implicações para o desempenho da ocupação frente aos processos ambientais, possibilitando a caracterização do grau de precariedade urbanístico-ambiental das bacias e, com base em tais dados, a seleção das bacias a serem estudadas na etapa posterior da pesquisa.

No quarto capítulo são apresentadas as análises das bacias do Tucunduba e do Paracuri, realizadas a partir de critérios de morfologia urbana tais como a forma e proporção de lotes e quadras, e dimensões e arranjo do conjunto de vias, além das estratégias de aproveitamento do solo e das condições naturais do sítio físico, conforme parâmetros propostos por Mascaró (1997; 2005; 2008), Yoshinaga (2005) e Ana Cardoso (2007). Paralelamente a esta análise buscou-se realizar uma avaliação conjunta da morfologia do parcelamento urbano com as redes naturais e artificiais de drenagem, demonstrando a interação destes fatores entre si e seus desdobramentos em relação ao desempenho da ocupação urbana e os processos ambientais das bacias hidrográficas.

No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais resultantes da associação das análises realizadas nas duas fases da pesquisa, possibilitando uma caracterização mais ampla dos processos de ocupação em curso na RMB e de suas implicações frente às dinâmicas naturais das bacias hidrográficas, em especial no que se refere a áreas marcadas por graves condições de precariedade urbanístico-ambiental, como as bacias do Tucunduba e do Paracuri.

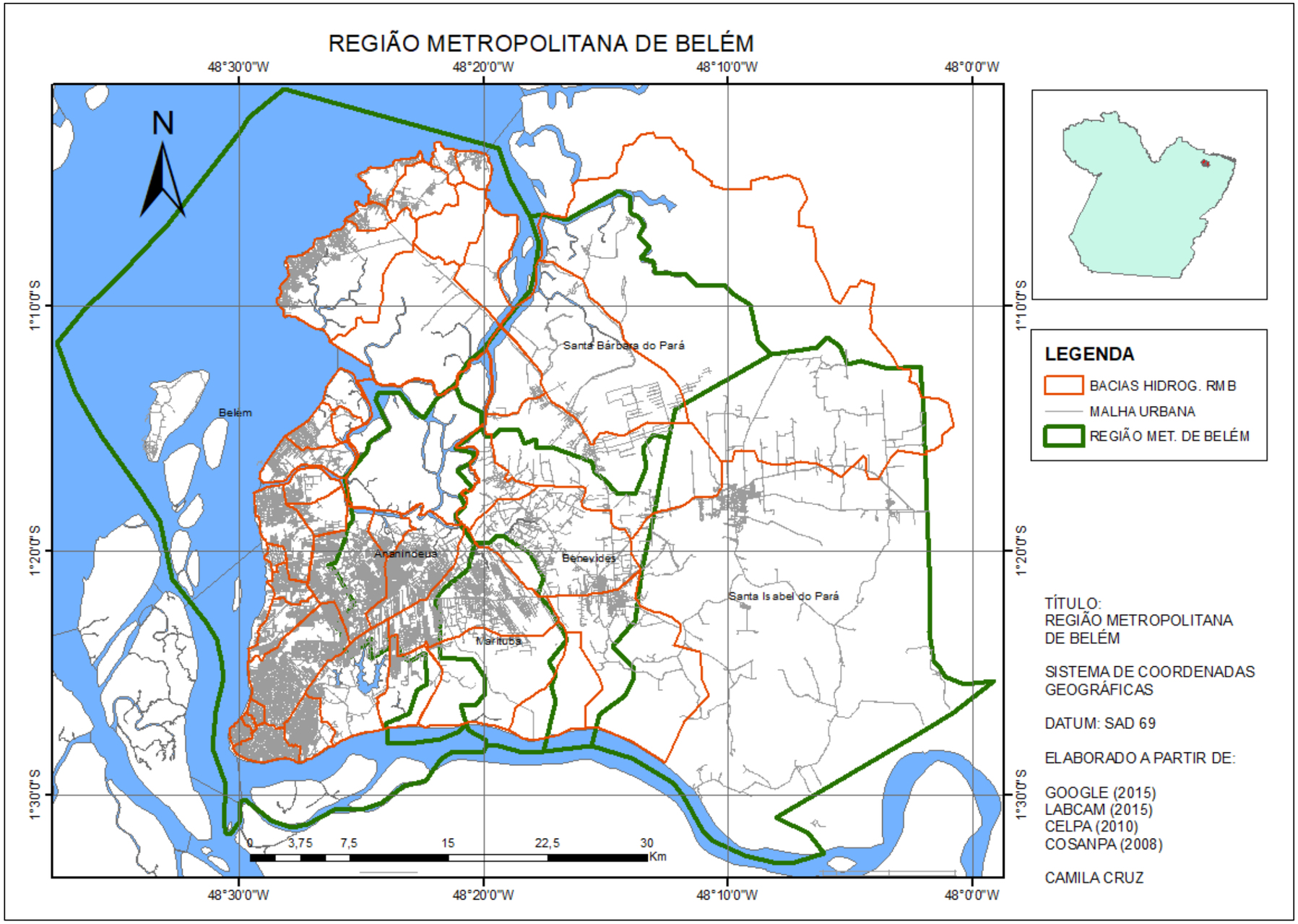
2. ESTRUTURAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM E SUA RELAÇÃO COM AS ÁGUAS

O presente capítulo destina-se a caracterizar aspectos relevantes da estruturação do território de Belém, em especial, a partir de sua relação com os cursos d'água e áreas de várzea, uma vez que a dinâmica das águas, notadamente constitui um dos principais condicionantes da ocupação na região. Ademais é necessário destacar a importância de Belém enquanto polo regional, exercendo influência sobre uma rede de cidades que se estende além dos limites da metrópole, às quais se liga por via terrestre e/ou fluvial.

A cidade de Belém é composta por uma porção continental e um vasto conjunto de 39 ilhas, dentre as quais, as mais urbanizadas e de maior porte são a de Caratateua, onde está situado o Distrito do Outeiro e a do Mosqueiro, que sedia o Distrito Administrativo de mesmo nome.

A Região Metropolitana de Belém foi criada em 1973, por meio da Lei Complementar Federal nº. 14/73, abrangendo na época, apenas os municípios de Belém e Ananindeua e sendo composta atualmente por sete municípios e totalizando uma área de 3.566 km² (IPEA, 2015). Os municípios componentes da RMB são: Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará, Santa Isabel do Pará e Castanhal.

Mapa 1- Região Metropolitana de Belém



Fonte: LABCAM (2015), IDESP (2014), COSANPA

Historicamente, as estratégias de ocupação do território amazônico estiveram vinculadas à rede hídrica local, de modo que se constituiu uma tipologia de ocupação composta de assentamentos ribeirinhos e núcleos urbanos situados às margens dos rios (CARDOSO e LIMA, 2006). Do mesmo modo, a estruturação espacial da RMB é marcada pelo padrão de ocupação herdado das práticas dos povos tradicionais da Amazônia.

A esse respeito, é importante salientar que os princípios intrínsecos às formas de ocupação tradicionais, orientadas segundo o modo de vida do homem ribeirinho, em sua busca pela convivência com a sazonalidade das cheias nas áreas de várzea, incorporavam elementos de sustentabilidade (CARDOSO E VENTURA NETO, 2013), que vieram a ser substituídos pelo padrão de urbanização industrial em decorrência da inserção da região no circuito econômico nacional viabilizado por meio da implantação de rodovias.

A dimensão utilitária da relação com o rio possibilitou a constituição de diversos núcleos de povoamento às suas margens, em especial a partir da segunda metade do século XIX, quando a rede urbana na Amazônia começa a consolidar-se a partir da economia da borracha. A distribuição espacial das atividades passa a impulsionar a formação das aglomerações populacionais, compondo uma rede do tipo dendrítica, sobre a qual Belém passou a exercer influência enquanto núcleo polarizador.

A rede urbana dendrítica se estrutura segundo a rede fluvial, de modo que pequenos núcleos urbanos vão se estabelecendo ao longo dos rios, sob a dominação da chamada cidade primaz, que exerce o papel de entreposto à circulação de mercadorias e pessoas entre as demais cidades e o mercado externo à região (CORRÊA, 1987).

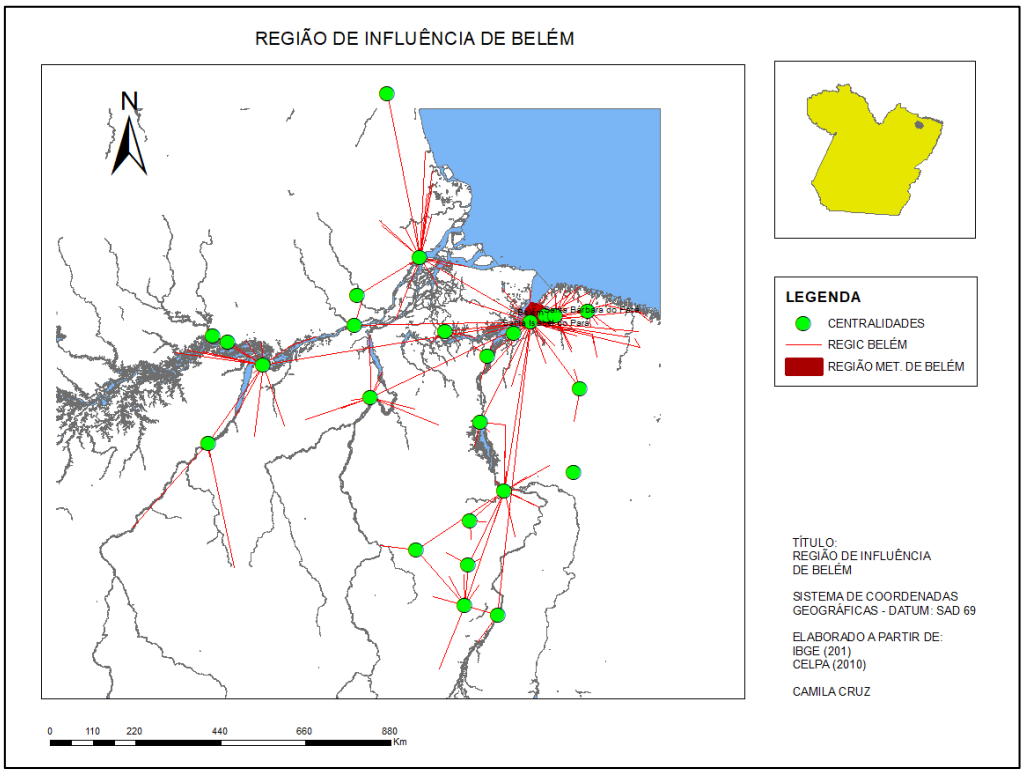
As dinâmicas de circulação entre as cidades, que até então tinham o rio como principal meio de efetivação, são modificadas a partir da implantação de grandes projetos de exploração mineral na Amazônia, além da estratégia de integração da região ao sistema produtivo nacional, por meio da construção da malha rodoviária, que terminou por sobrepujar o transporte hidroviário. (CARDOSO, 2007). Segundo Cardoso e Lima (2015), embora a Região Metropolitana de Belém seja oficialmente composta pelos sete municípios anteriormente citados, as dinâmicas econômicas regionais incluem municípios tradicionalmente ligados à

capital por via fluvial, e, mais recentemente rodoviária, como Barcarena e Abaetetuba, compondo a chamada “Região Metropolitana Ampliada de Belém”.

A influência de Belém no cenário regional é corroborada pelos dados da pesquisa de Redes de Influência das Cidades (REGIC), realizada pelo IBGE (2007), que demonstra a hierarquia entre as cidades, baseando-se nos aspectos de gestão, concentração de equipamentos e serviços e nos centros de poder político e econômico dentro de uma rede de cidades.

O mapa 02 demonstra os resultados da referida pesquisa, onde se pode notar a região de influência de Belém, inclusive ultrapassando o limite metropolitano e tendo o apoio de cidades como Marabá e Santarém, classificadas como capitais regionais. Fica evidente ainda a extensão da área de abrangência de Belém para além dos limites estaduais, alcançando os estados do Amapá e Maranhão.

Mapa 2 -Região de Influência de Belém segundo o REGIC-IBGE



Fonte: IBGE (2007)

2.1. Histórico de Ocupação da RMB

Na região amazônica, a formação dos sítios urbanos apresenta características particulares, em razão da extensa rede hídrica da região, marcada pela presença de rios e igarapés na porção mais interna do território, e, no caso de Belém, pela interação com sua orla fluvial. Pode-se dizer então, que a constituição morfológica atual da cidade está intimamente ligada a esses elementos da paisagem natural, conforme ilustra Penteado (1968):

> Os igarapés representaram no passado, um notável papel, quer como elemento de defesa, quer como ancoradouros para pequenas embarcações ou como fornecedores de água para a população; hoje em parte aterrados ou canalizados, como os igarapés do Piri e das Armas, ainda fazem sentir sua presença na topografia de Belém, servindo também como importantes elementos delimitadores de seu atual espaço urbano, como é o caso do Una e Tucunduba. (PENTEADO, 1968, p.90)

A cidade de Belém está situada à foz do rio Pará, tendo seu território circundado pela baía do Guajará e pelo rio Guamá. A fundação da cidade esteve vinculada ao propósito de defesa militar do território, dada sua localização estratégica, que lhe garantiu também uma vocação portuária (PENTEADO, 1968).

Desde o início da formação de Belém, verifica-se que, somada à função básica de suprimento de água, os cursos d'água assumiram importância em atividades econômicas locais, a exemplo das práticas comerciais viabilizadas através da navegação e da instalação a partir do século XIX, de portos às margens dos igarapés, que acabavam por interiorizar-se no território (PENTEADO, idem).

No início do século XIX, a cidade passou pela primeira grande intervenção estrutural na paisagem: o ensecamento do alagadiço do Piri, o qual era considerado insalubre e, conforme ilustrado na figura 01, constituía uma barreira física à integração do núcleo urbano inicial, à época chamado de "Cidade" e a área do atual bairro da Campina. (PONTE, 2015). Com a drenagem do alagadiço, essa expansão foi possível, havendo a interligação do arruamento existente ao

restante do território e a inclusão de praças, ruas e edifícios na área.

Figura 1- Planta de Belém no século XVIII, representando o núcleo urbano e o alagadiço do Piri.

Fonte: Acervo da Biblioteca Domingos Soares Ferreira Penna (MPEG)

Ponte (2010) destaca o aprofundamento de uma visão técnica sobre as águas em Belém, na virada do século XIX para o século XX, a partir de um ideário herdado da renovação urbana do período, direcionado às pretensões de modernização da cidade e em concordância com os anseios das elites locais. Sob esse direcionamento a cidade passa a ser dotada de redes de infraestrutura de saneamento básico, em especial, com intervenções de drenagem orientadas pela lógica de aceleração do escoamento das águas e afastamento de dejetos, tais como a retificação de canais e impermeabilização do leito dos rios (SARGES, 2002).

Outra importante intervenção de drenagem urbana realizada em Belém, que denota a percepção das águas urbanas como entrave ao desenvolvimento e expressa as diretrizes de sua expulsão em direção às áreas mais baixas, foi a construção do dique da bacia da Estrada Nova, na década de 1940 idealizado como forma de proteção do território contra as enchentes do rio Guamá e contra a disseminação da malária (PONTE, 2003)

A administração do intendente Antônio Lemos (1897-1911) foi marcada por

ações de embelezamento da cidade, tanto no âmbito do edifício – através de diretrizes estéticas para a composição de fachadas e de recuos nos lotes – como do urbano, por meio da abertura de avenidas, arborização e implantação de infraestrutura urbana, especialmente voltada ao escoamento das águas e ao esgotamento sanitário (PENTEADO, 1968).

Ponte (2010) demonstra ainda as diferentes percepções acerca das funções das águas em Belém, acentuadas nesse período, paralelamente à sua finalidade técnica: sua função enquanto veículo, entendido tanto como meio material para transporte de dejetos quanto de mercadorias; como substância, atuando na diluição de efluentes; e como recurso, adquirindo valor econômico, através de sua captação e tratamento para o abastecimento público e atividades econômicas. Tais modos de pensar as águas urbanas em Belém demonstram uma apreensão simbólica do rio progressivamente distanciada de sua dimensão ambiental e paisagística, e, aparentemente justificável pela conversão do elemento natural em simples receptor de dejetos (PONTE, 2015).

A consolidação desta percepção dos cursos d'água enquanto rede técnica de saneamento permitiu um padrão de intervenções de drenagem que interferiu significativamente no desenho urbano e que se coaduna com a intenção de inserção de Belém no contexto da modernização capitalista (PONTE, 2010; RODRIGUES et al., 2012). Uma ação igualmente inserida nesse contexto de modernização e ocupação racionalizada do território foi a elaboração e parcial implantação do plano de expansão urbana de Belém, de autoria do engenheiro Manoel Nina Ribeiro. O plano, concretizado sob a administração do intendente Antônio Lemos (1897-1911), previa a implantação de uma malha urbana reticulada, alcançando os limites da Primeira Légua Patrimonial[3] (Muniz, 1904), conforme ilustrado na figura 02.

[3] A Primeira Légua Patrimonial consiste na porção de terras doadas pela Coroa Portuguesa à municipalidade de Belém, em 1627, correspondendo à medida de aproximadamente 6km a partir do ponto inicial de expansão da cidade, o Forte do Presépio. (Cardoso, 2005).

Figura 2- Plano de expansão urbana de Belém, elaborado por Nina Ribeiro.

Fonte: SIDRIM (1905)

A implantação do arruamento proposto no Plano Nina Ribeiro foi concretizada apenas nas áreas mais altas, tendo sido abandonado nas áreas alagáveis. Abreu (2016) destaca como possíveis razões para isso o alto custo demandado com aterros e drenagem das áreas alagáveis para a viabilização do plano, somado à percepção de tais áreas como insalubres de acordo com o ideário higienista do período, não havendo, portanto, o interesse na realização de tão elevados investimentos nessas áreas.

Desse modo, a ocupação urbana de Belém se expandiu prioritariamente nas áreas de cotas mais elevadas, impulsionada pelo capital oriundo das atividades de exploração da borracha, empregado em construções utilizadas para moradia ou como forma de investimento das elites locais (CARDOSO et al. 2015).

Maricato (1996) aponta como motor da ocupação ilegal e da desigualdade socioespacial nas cidades brasileiras, o processo de modernização parcial e incompleto experimentado pelo país, advindo da industrialização tardia e regionalmente concentrada, viabilizada através de um processo denominado pela autora de “urbanização com baixos salários”. Conforme destacado por Mautner (2004), a acumulação extensiva de capital depende de baixos níveis de reprodução da força de trabalho, no que se refere às diversas necessidades, tais como moradia, alimentação, educação, entre outros.

Desse modo, o nível de renda da população mais pobre não alcança, portanto, os custos de reprodução da força de trabalho, a qual depende de alternativas para inserção no mercado imobiliário legal, que não lhe são oferecidas pelo segmento privado, nem tampouco através de uma política habitacional consistente por parte do Estado. Tal situação consolida a ocupação de lotes em precários e em condições ilegais e a autoconstrução da moradia como componentes estruturais da urbanização brasileira (MARICATO, 2001). A ocupação então avança sobre as áreas de APP, resultando em agravo da deterioração urbanístico-ambiental, tendo seus efeitos ampliados pela deficiência ou total ausência das redes de infraestrutura de saneamento básico nessas áreas.

Desse modo, as áreas alagáveis, também denominadas áreas de baixada, sendo ambientalmente frágeis e suscetíveis a alagamentos, não foram passíveis de aproveitamento pelo mercado imobiliário formal devido às restrições técnicas à sua ocupação, tornando-se a opção restante de moradia para as camadas mais pobres, o que conduziu à ocupação informal e altamente adensada nessas áreas. As baixadas, portanto, não obstante sua condição de precariedade, atendiam à demanda da população de baixa renda por uma opção de moradia relativamente próxima ao centro da cidade, e logo, das oportunidades de emprego, reduzindo os custos com o transporte (LIMA, CARDOSO e HOLANDA. 2005).

O processo de ocupação das baixadas resultou, portanto, na constituição de um território misto, ou “semi-rural” no dizer de Lima et al (2005), sendo alvo tanto da ocupação informal, quanto do estabelecimento de atividades agropastoris, nas áreas denominadas de “vacarias”, que contribuíam para o abastecimento da cidade.

Conforme já comentado, as condições físicas do território da RMB,

entrecortado por inúmeros cursos d'água, em sítio de baixa declividade e com abundantes áreas de várzea, foram condicionantes para as formas de ocupação desenvolvidas em seu território, de modo que a expansão deu-se prioritariamente em áreas de cotas mais elevadas e planas (CARDOSO et al, 2015).

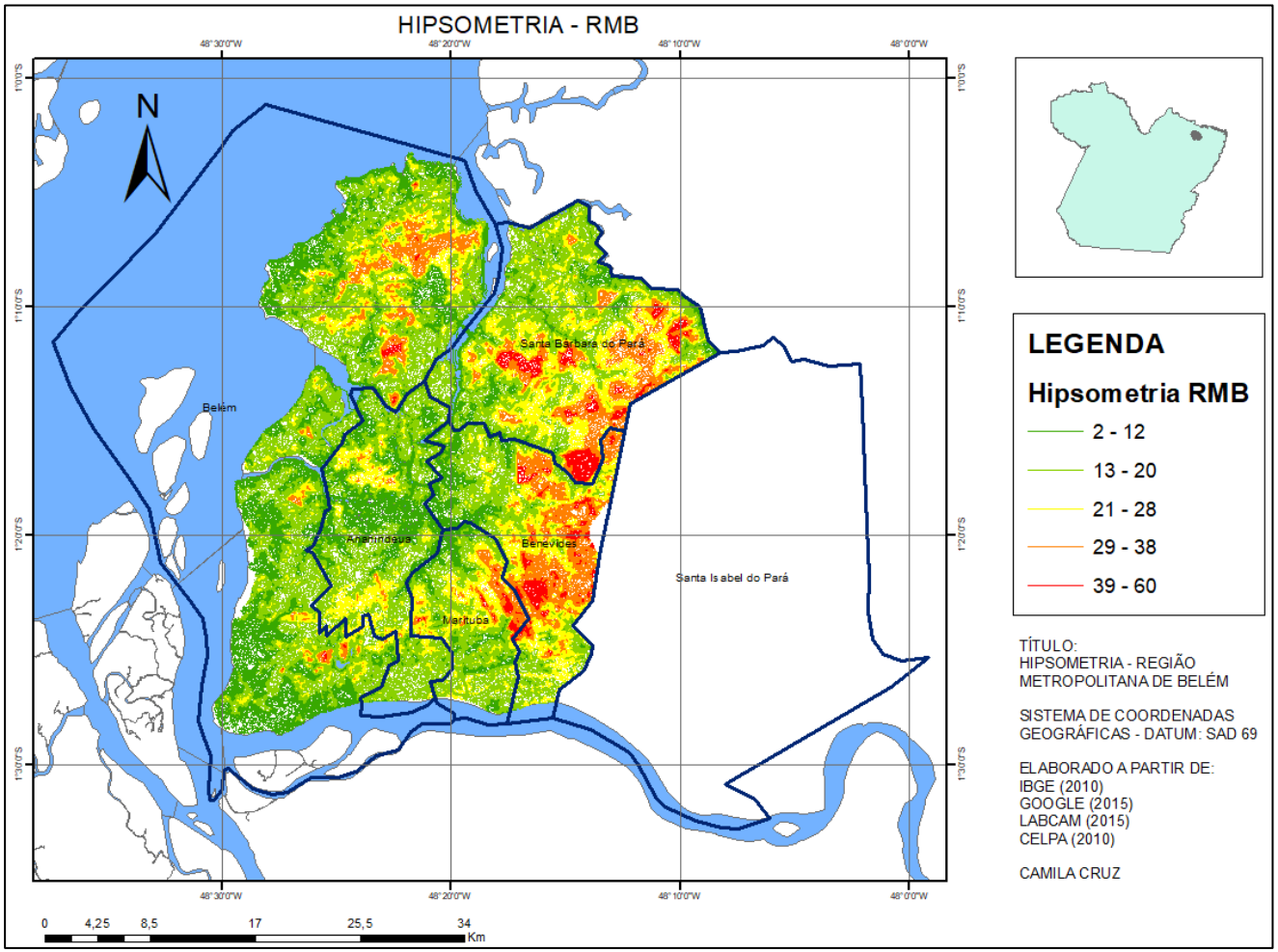
Destarte, tal como ocorre em geral com as áreas ambientalmente frágeis, em diferentes regiões, a ocupação das áreas alagáveis em Belém foi evitada ao máximo. Segundo Brand (1994) Apud. Cardoso (2011), enquanto nas ocupações regulares, o sítio físico constitui-se no elemento mais permanente de um assentamento, nas áreas de várzea ele encontra-se em constante processo de consolidação, estendendo-se mesmo após a abertura das vias, que nessas áreas se constituem por pontes de madeira, denominadas "estivas".

Do ponto de vista dos setores predominantes das economias municipais na RMB, destaca-se o setor terciário nos municípios de Belém e Ananindeua, havendo, porém, alguma relevância do setor industrial, assim como em Ananindeua e Benevides. Os municípios de Castanhal e Santa Isabel do Pará destacam-se pelas atividades agroindustriais. O município de Santa Bárbara do Pará preserva ainda uma dinâmica predominantemente rural com atividades agroextrativistas.

Segundo a pesquisa conhecida por Monografia das Baixadas, um estudo empreendido em 1976 pela SUDAM e DNOS, em parceria com o Governo do Estado do Pará, com o intuito de fornecer subsídios para projetos de recuperação das áreas de baixada em Belém, estas seriam caracterizadas por possuírem curvas de nível situadas até a cota de 4m. Deve-se ter em conta, entretanto, que tal parâmetro não é absoluto, uma vez que o avanço da urbanização e as diferentes dinâmicas de ocupação empreendidas ao longo do tempo têm estendido o fenômeno do alagamento a áreas antes consideradas isentas a estes eventos (BRANDÃO, 2016).

É possível notar, portanto, que a estruturação do território da Primeira Légua Patrimonial esteve, portanto vinculado a processos de ocupação formal e informal do território: a ocupação formal se manifestou através da opção preferencial pela ocupação de áreas com cotas mais elevadas, frequentemente viabilizada através do processo de aforamento (ABREU, 2016); e a ocupação informal deu-se através da ocupação de áreas alagáveis pela população de baixa renda. O mapa 03 ilustra a predominância de baixas cotas altimétricas no território da RMB:

Mapa 3- Hipsometria da RMB

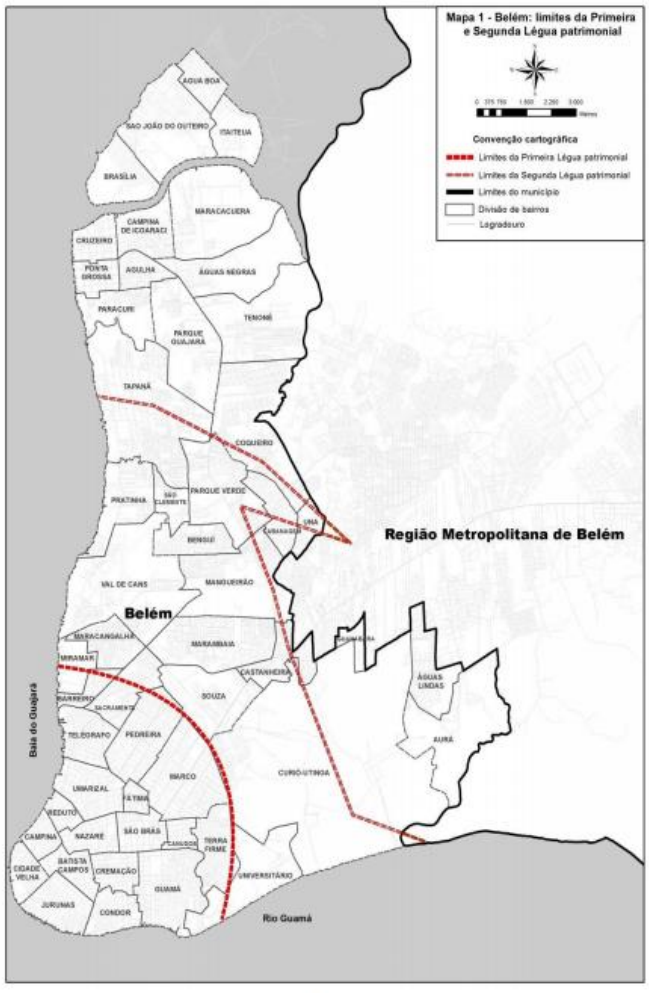


Fonte: LABCAM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

A expansão urbana de Belém encontrou limitação devido à constituição de uma barreira física formada por um conjunto de áreas sob o domínio de instituições federais de ensino e pesquisa e das forças armadas, conhecida como Cinturão Institucional e situada nos limites da Primeira Légua Patrimonial.

Ao final do século XIX o governo do estado do Pará doa ao município de Belém uma porção de terras situada além deste limite, que passou a ser denominada como Segunda Légua Patrimonial. O município solicitou a doação sob a alegação de que já não dispunha de terras na área correspondente à Primeira Légua Patrimonial, visto já estarem todas elas aforadas ou situadas em áreas alagáveis. (Muniz, 1904, apud. VENTURA NETO, 2012). A figura 03 ilustra a demarcação da Primeira e Segunda Légua Patrimonial.

Figura 3 - Demarcação dos limites da Primeira e Segunda Légua Patrimonial



Fonte: Ventura Neto (2012)

O direcionamento da expansão urbana de Belém deu-se a partir de dois eixos viários principais: As rodovias Rod. BR-316, que liga a capital aos demais municípios de sua região metropolitana; e Augusto Montenegro, que segue em direção ao atual distrito de Icoaraci. Esses eixos viários foram derivados da antiga estrada de ferro que ligava Belém à costa atlântica do estado, em sua porção Nordeste paraense, atuando no escoamento da produção agrícola da região para o abastecimento da capital (PENTEADO, 1968).

A respeito do processo de ocupação Segunda Légua Patrimonial, ocorrido a partir da década de 1970, Trindade Jr. (1998), pontua que este foi impulsionado pela implantação de grandes conjuntos habitacionais populares através da atuação da COHAB-PA (Companhia de Habitação do Estado do Pará) e do IASEP (Instituto de Assistência do Estado do Pará). Esses assentamentos, por sua vez, constituíram um polo que passou a direcionar a expansão urbana ao longo deste vetor de crescimento.

A partir da implantação destes primeiros conjuntos habitacionais, a região passou a receber diversas tipologias de assentamentos, desde aqueles do segmento popular, condomínios fechados de alto padrão, até as ocupações irregulares promovidas pela população de baixa renda, além de empreendimentos comerciais atraídos pelas novas demandas populacionais. Esses assentamentos foram implantados de forma dispersa e desarticulada entre si, havendo em todas as tipologias elevada dependência em relação à Rod. Augusto Montenegro, enquanto principal via de conexão com o centro da cidade (CARDOSO, 2005).

A formação de novas centralidades urbanas e o estabelecimento de uma frente de expansão do capital imobiliário ao longo da Rod. Augusto Montenegro configuraram uma nova dinâmica urbana naquela região (GUIMARÃES, 2013). Sob o *slogan* publicitário de “Nova Belém”, os incorporadores locais buscaram consolidar a imagem da região como novo centro de empreendimentos e serviços, de certo modo, rivalizando com o centro tradicional de Belém, no qual, dizia-se, existia ainda um modo de vida muito diverso daquele a ser oferecido nos empreendimentos da “Nova Belém”, onde haveria contato com a natureza, amplos lotes servidos por infraestrutura urbana, além das comodidades em termos de comércio e serviços, tradicionalmente ofertados nas áreas centrais da cidade (VENTURA NETO, 2012).

O crescimento da chamada “Nova Belém” mostrou-se, porém, deficitário no que concerne à oferta de redes de infraestrutura urbana e de transportes, uma vez que, a implantação dos empreendimentos imobiliários antecipou-se à viabilização destes serviços. Ademais, a ocupação do território na área de expansão se deu de forma desarticulada entre as diferentes tipologias de parcelamento existentes, o que é evidenciado pela precária integração dos assentamentos entre si, criando segregação espacial e grande dependência em relação aos eixos viários principais - a Rod. Augusto Montenegro a Norte e a Rod. BR-316 a Leste – com os quais estabelecem ligação direta, e, a partir destes, com o centro da cidade.

É notável ainda a desarticulação do território da Segunda Légua Patrimonial em relação ao da primeira, provocada pela ausência de um plano de expansão e de vazios urbanos decorrentes da reserva fundiária para especulação. (CARDOSO, 2011).

A ocupação informal na Região Metropolitana de Belém foi impulsionada por movimentos migratórios compostos por trabalhadores dispensados das atividades de implantação dos grandes projetos minerais e de hidroelétricas na Amazônia, somados às pessoas expulsas do campo em decorrência da construção de grandes rodovias, como a Cuiabá-Santarém, Belém-Brasília e Transamazônica, construídas visando à integração da região ao território nacional (CARDOSO, 2011).

Os municípios vizinhos a Belém, que antes experimentavam um padrão de ocupação com características rurais, atualmente têm sofrido a pressão da expansão urbana, por meio da instalação de empreendimentos diversos, em especial residenciais, que geram polos de crescimento urbano, não acompanhados das devidas ações de planejamento e provisão de infraestrutura por parte do poder público.

Os resultados da pesquisa sobre Caracterização e Quadros de Análise Comparativa da Governança Metropolitana no Brasil (IPEA, 2015), apontam que o município de Marituba vem apresentando elevada taxa de urbanização e tendência de conurbação em relação ao município de Ananindeua, e, consequentemente, a Belém. Além disso, o município apresenta expressiva concentração de assentamentos precários, tendo sido apontada no Censo Demográfico do IBGE (2010) como o município brasileiro com o maior contingente de domicílios inseridos em aglomerados subnormais.

No município de Benevides, assim como em Marituba, observa-se forte interiorização de assentamentos precários, isolados dos principais eixos viários. Santa Bárbara do Pará, embora preserve ainda características rurais, apresenta grande incidência de áreas de precariedade (IPEA, 2015).

Em relação à estruturação das aglomerações urbanas, Panerai (2006) destaca dois processos que condicionam sua ocorrência, o crescimento e o desenvolvimento. O crescimento é entendido "o conjunto de fenômenos de extensão e adensamento apreendidos de um ponto de vista morfológico" (Panerai, 2006, p. 51), enquanto que o desenvolvimento seria o "aumento do potencial económico ou a ampliação do papel institucional da aglomeração" (Ibidem p. 51).

Embora seja desejável, estes processos não necessariamente estão atrelados, de modo que algumas aglomerações urbanas apenas crescem em extensão, sem que ocorra simultâneo desenvolvimento, tal como pode-se dizer a respeito do processo ocorrido na área de expansão urbana em Belém e em direção aos demais municípios metropolitanos.

Panerai (2006) identifica dois tipos de elementos morfológicos ordenadores do processo de crescimento urbano, com diferentes funções: aqueles que favorecem a expansão e os que promovem sua contenção. Segundo esta conceituação, pode-se identificar alguns dos elementos que contribuíram para a estruturação do espaço urbano da RMB, sem, com isso buscar esgotar a totalidade das motivações para sua configuração formal.

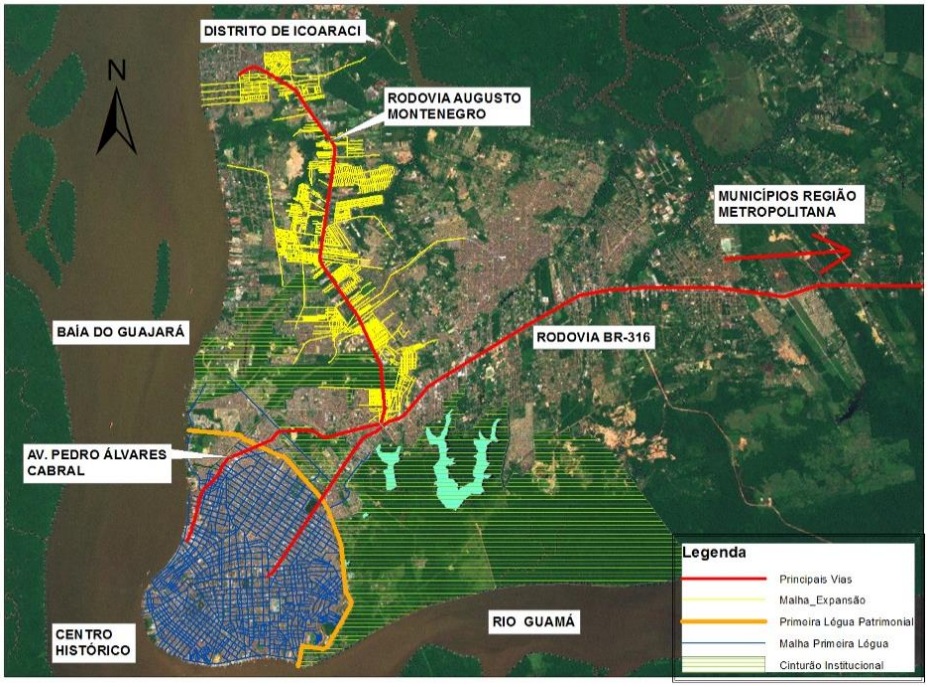
Como elementos promotores da expansão, têm-se as linhas e polos de crescimento. As linhas atuam como impulsionadoras da expansão da aglomeração urbana em determinada direção, podendo ser naturais ou artificiais, e possuindo íntima relação com o sítio físico no qual estão inscritas, revelando, na especificidade de sua localização, as particularidades geográficas do território.

Entretanto, conforme o autor, esse impulso de expansão não pode ser atribuído apenas a propriedades geométricas, senão também a uma rede de influências na qual a linha está inserida. As linhas de crescimento, portanto se desenvolvem entre polos de atração que compõem tal rede de tensões, e funcionam como elemento ordenador do tecido urbano que se desenvolve ao longo de sua extensão, mais do que funcionar meramente como um caminho para a sucessão de edifícios.

A geração dessa rede de tensões está relacionada aos elementos chamados de polos de crescimento, uma vez que estes são capazes de direcionar a ocupação urbana, tanto originando o desenvolvimento da ocupação ao seu redor, - no caso do núcleo urbano inicial – ou reforçando o processo de crescimento, no caso de novas centralidades urbanas formadas ao longo do tempo. Desse modo, diferentes componentes do espaço urbano podem exercer o papel de polos de crescimento, a exemplo de cidades importantes no cenário regional, ou equipamentos urbanos relevantes e geradores de fluxos.

No caso da área de estudo, como apoio a esta reflexão, na figura 04 pode-se identificar o papel do centro histórico de Belém enquanto polo de crescimento inicial da aglomeração urbana, a partir do qual segue a ocupação do território, expandindo-se ao longo dos principais eixos viários da RMB. Tais eixos viários podem ser relacionados à função de linhas de crescimento, tendo em vista sua influência na estruturação dos espaços ao redor e seu papel na interligação de importantes pontos da cidade, como o Distrito de Icoaraci e os demais municípios da RMB, os quais, no contexto metropolitano, atuam como polos de crescimento.

Figura 4- Principais eixos viários da RMB e o Cinturão Institucional



Fonte: Cruz (2013)

Outro apontamento importante acerca da constituição morfológica das áreas de expansão urbana de Belém, conforme demonstra a figura 04, consiste na

ocorrência do processo indicado por Panerai (2006), no qual linhas de crescimento secundárias se estabelecem perpendicularmente à linha principal. Como resultado desse processo, compõe-se o chamado traçado em forma de “espinha de peixe”, que resulta em um tecido urbano disperso e com precária integração dos assentamentos entre si.

Ainda na área de expansão urbana de Belém, é possível notar a correspondência dos traçados de alguns assentamentos da região com os parcelamentos de áreas agrícolas preexistentes, compostas de grandes lotes distribuídos ao longo da Rod. Augusto Montenegro, conforme destaca Ventura Neto (2012), que, a partir de estudo do processo de ocupação desta região, explanou a relação entre a delimitação das antigas fazendas que compunham a Segunda Légua Patrimonial de Belém e os novos arruamentos surgidos com a ocupação dessas áreas.

A segunda categoria de elementos morfológicos estruturadores do crescimento urbano, identificada por Panerai (2006) consiste naqueles que contém a expansão urbana, e são classificados em limites e barreiras.

Os limites são elementos que, sendo naturais ou construídos, impõem uma interrupção ou mudança de direção ao crescimento. Entretanto, conforme o autor, tais elementos impõem apenas limitação temporária à expansão urbana, podendo ser posteriormente suprimidos, ou passar a exercer função de polo, direcionando o crescimento urbano, embora sempre condicionado ao cerceamento por ele imposto. Mesmo quando eliminados ou transpostos, os limites permanecem refletindo seus efeitos na configuração do tecido urbano, a exemplo dos casos em que sua localização estabelece um marco de clara diferenciação morfológica da ocupação.

As barreiras seriam elementos capazes de constituir impedimento a um conjunto de crescimentos lineares, sendo classificados como obstáculos geográficos ou construídos. Algumas vezes, as barreiras coincidem com limites administrativos ou zonas sujeitas a determinações jurídicas específicas, corroborando a limitação já estabelecida no plano morfológico.

A esse respeito, pode-se observar o papel desempenhado pelo chamado Cinturão Institucional, em Belém, o qual consiste em um conjunto de terrenos utilizados para fins militares e de ensino e pesquisa, situados no limite entre a Primeira e a Segunda Légua Patrimonial, que atua como barreira, contendo o

crescimento urbano.

Retomando a ilustração da figura 04, é notável a diferenciação entre os dois padrões de tecido urbano praticados em cada lado da barreira, sendo regular e mais compacto na porção correspondente à Primeira Légua Patrimonial e outro, tendendo a um padrão mais disperso, predominante na área de expansão. Tal comentário, porém, não implica em desconsideração dos demais fatores que conduziram à estruturação dos citados padrões de parcelamento, apenas sinaliza a barreira em questão como um dos fatores influenciadores da descontinuidade do tecido urbano nesta área.

É importante ressaltar que o entendimento desses processos passa pela compreensão não apenas dos efeitos da urbanização em si, mas dos fatores que animam o desenvolvimento dos modos de produção formal e informal das cidades, atendendo a interesses particulares dos diferentes atores sociais envolvidos, e, em geral, desconsiderando as demandas ambientais e sociais.

O processo de expansão urbana em direção aos municípios mais distantes do núcleo metropolitano apresenta características de uma urbanização extensiva, aqui entendida no sentido proposto por Monte-Mor (1994), tal como um processo de expansão horizontal do tecido urbano sobre o espaço regional adjacente, incorporando-o às dinâmicas de reprodução do capital.

Rolnik (2008) destaca que o processo de valorização imobiliária nas cidades brasileiras de todos os portes está intimamente ligado, além de outros fatores, à conversão de terra rural em urbana através de loteamentos. O interesse pelo desenvolvimento desse padrão de expansão reforça a pressão sobre as áreas rurais adjacentes, devido ao potencial de lucro a ele associado, sendo este um dos padrões importantes de expansão urbana, contemporaneamente.

Tal processo resulta dos interesses do setor privado pela incorporação de novas frentes de valorização imobiliária, associado às decisões de alocação dos investimentos públicos, frequentemente alinhadas a esses interesses, especialmente no que se refere à implantação de eixos viários, que têm conotação maior no sentido da abertura de vias para serem incorporadas pelo mercado imobiliário, resultando na criação de espaços pautados pela lógica de transporte individual.

Ademais, o padrão de crescimento excessivamente extensivo produz

efeitos danosos, no que se refere ao desempenho ambiental do espaço urbano, uma vez que acarreta o surgimento de novos vetores de urbanização, segundo a convencional lógica de produção de superfícies impermeáveis e supressão vegetal. Simultaneamente, esse processo colabora para o estabelecimento de um padrão de ocupação espraiado, com diminuição do potencial de aproveitamento do solo e das infraestruturas instaladas nas regiões já consolidadas, demandando crescentes investimentos públicos em extensão das redes de infraestrutura urbana até os novos núcleos de ocupação (MARICATO, 2000). Na contramão desta tendência, relativo adensamento da ocupação seria desejável, tanto do ponto de vista técnico quanto social.

Nesse sentido, é importante notar que as decisões de alocação dos recursos públicos nas cidades não ocorre de modo aleatório ou adequado às reais demandas, mas se alinham à tendência cíclica apontada por Vetter e Massena (1981), no sentido do reforço da concentração desses investimentos em espaços ocupados pela população de alto poder aquisitivo, destinados à instalação e manutenção das redes de infraestrutura, em detrimento do atendimento às áreas de ocupação irregular. Desse modo, torna-se contínuo o processo de apropriação individual dos resultados do trabalho coletivo, materializados na capacidade de investimento público.

Sob essa lógica de associação dos interesses público e privado, a grande parcela de nossas cidades produzida sob a informalidade, que em muitos casos chega a suplantar as dimensões da cidade formal, permanece negligenciada em seus direitos, embora a cada dia se consolide como o principal meio de provisão de moradia para a população de baixa renda, que se acha excluída dos meios legais de acesso a esse direito.

3. CIDADE E NATUREZA

O presente capítulo apresenta um breve resgate do histórico das contribuições teóricas relativas à questão urbanístico-ambiental, destacando a transição nas percepções dominantes em cada período, que resultaram em diferentes práticas de concepção das cidades. Ademais, realizou-se uma revisitação a conceitos fundamentais para a compreensão do funcionamento hidrológico das bacias hidrográficas, além de proposições teóricas alinhadas ao que se convencionou chamar de estratégias “compreensivas” de tratamento da dimensão ambiental das cidades, e que subsidiaram as análises empreendidas nesta pesquisa.

3.1. As discussões sobre a dimensão ambiental na cidade

As diversas percepções e práticas relativas à interação entre cidade e natureza ao longo da história, variavam em função das características do modelo produtivo vigente, do contexto político-econômico, das percepções estéticas do período, entre outros fatores. Importante notar que, em que pese à predominância de determinada postura no tratamento entre cidade e natureza, em cada momento histórico, não se pode dizer que tal percepção seja homogênea em tal período, uma vez que, simultaneamente, outras formulações são elaboradas, por vezes em direções opostas à tendência dominante (PONTES, 2015).

Importante ressaltar que a abordagem de análise de Spirn (1984) fala da cidade como espaço da *natureza alterada*, isto é, um território em que as práticas e as formas de assentamento não anulam as dinâmicas ambientais existentes no bosque ou na floresta. Estes fenômenos permanecem existentes na cidade, porém com frequência e intensidade alteradas. É, assim, possível falar em um ambiente urbano, incluindo populações e espécies de animais e plantas, porém, reconhecendo em paralelo esta dimensão de alteração da paisagem e os impactos da impermeabilização de solo e da massa edificada.

Resgatando as diferentes percepções sobre a interação entre cidade e natureza, Marcondes (1999) apresenta inicialmente a noção predominante no Renascimento, que a prezava enquanto ente sagrado e intocável, além da

valorização do acesso social aos elementos naturais, tanto em termos de sua real incorporação ao espaço da cidade, como em sua representação simbólica.

Posteriormente surgem concepções diversas, tais como as dos períodos maneirista e barroco, nos quais a natureza é dominada pela racionalidade formal geométrica e apartada do espaço urbano pelas muralhas fortificadas das cidades; as do período iluminista, que trouxeram a ideia de dissolução das cidades, transferida inclusive às concepções atuais, nas quais as propostas de incorporação da natureza às cidades passam pela ideia nostálgica de uma "natureza perdida" e pela tentativa de seu resgate, além da superação do juízo antagônico entre cidade e campo (op. cit.).

Nas proposições de cidades ideais no século XIX, a inserção da natureza é associada à ideia de rompimento de fronteiras entre cidade e campo e da aplicação de um zoneamento funcional da cidade atrelado à disposição das áreas verdes, tendo como maior expoente a Cidade Jardim de Ebenezer Howard (1898).

Ainda no decorrer do século XIX, a racionalidade urbano-industrial estabelece um novo paradigma de desenvolvimento, pautado pela dominação e uso intensivo dos recursos naturais, rompendo com as concepções anteriores relativas à interação dos assentamentos humanos com as condições ambientais preexistentes (SMITH, 1988). A lógica produtiva industrial se reflete no ordenamento das cidades que passam a ser concebidas de acordo com uma percepção dissociada e mesmo antagônica entre cidade e natureza (SPIRN, 1984).

Seguindo neste contexto, a primeira metade do século XX foi marcada pela ocorrência das duas grandes guerras mundiais e pelo reconhecimento da escassez dos recursos naturais e de que sua degradação representava ameaça para a própria sobrevivência da humanidade. Tais circunstâncias possibilitaram, a partir da segunda metade do século XX, o fortalecimento de uma postura reativa às práticas de urbanização então vigentes o que se refletiu na intensificação dos debates acerca da dimensão ambiental da cidade, trazendo questionamentos sobre as implicações do crescimento econômico, que passa a ser relativizado em função da capacidade de resposta do meio ambiente frente às agressões sofridas (HARDOY et al., apud CARDOSO e VENTURA NETO, 2013).

Um importante marco desse período foi o lançamento do relatório *Limits*

of Growth em 1972, cujo conteúdo foi decisivo nas discussões realizadas na Conferência de Estocolmo, realizada no mesmo ano, que, entre outras reflexões, propunham – para o descontentamento dos países em desenvolvimento - a radical desaceleração do desenvolvimento econômico, por entendê-lo como uma das principais causas da degradação ambiental e esgotamento dos recursos naturais, somado ao aumento populacional (MARCONDES, 1999).

Propondo a revisitação dos objetivos da Conferência de Estocolmo, após dez anos de sua realização, foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, responsável pela elaboração do Relatório Brundtland, ou "Nosso Futuro Comum" (1987) que consagra o conceito de "desenvolvimento sustentável", entendido como uma forma de desenvolvimento que contemple a possibilidade do uso dos recursos naturais para satisfazer as necessidades humanas atuais, sem comprometer o suprimento das necessidades das gerações futuras, termo que, no entanto, acabou por tornar-se alvo de estratégias de marketing e uso corriqueiro que acabaram por causar certo esvaziamento de seu sentido inicial (ACSELRAD, 1999).

A conferência Eco 92 formula a Agenda 21, um programa de ação visando à promoção do desenvolvimento sustentável em escala global, através do enfrentamento à pobreza e à degradação ambiental. A partir deste evento estabeleceu-se entre os países participantes o compromisso da elaboração de agendas locais, contendo metas a serem atingidas dentro dos prazos estabelecidos. (CARDOSO E VENTURA NETO, 2013).

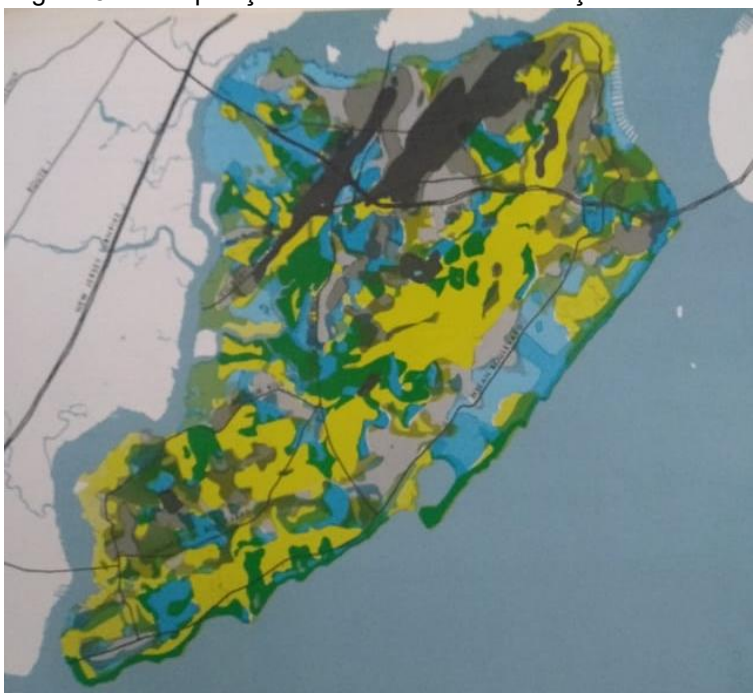
Em meio à efervescência dos debates acerca da incorporação de princípios de sustentabilidade ao crescimento econômico, emerge no campo dos estudos sobre o ambiente urbano, uma postura de superação do dualismo cidade-natureza, partindo de seu entendimento enquanto instâncias indissociáveis e resgatando concepções antecedentes às do período urbano-industrial, dentre as quais se podem destacar as propostas de planejamento territorial de Patrick Geddes (1915) que propunha a consideração conjunta das variáveis biofísicas e socioeconômicas cidade como subsídio para o ordenamento territorial (PONTES, 2015).

Neste contexto, o arquiteto paisagista escocês Ian McHarg, destaca-se como o pioneiro na articulação do Paisagismo com o planejamento urbano ao

propor, na obra *Design With Nature*, lançada em 1969, uma metodologia de análise da paisagem que contempla desde variáveis biofísicas e urbanísticas, até os aspectos socioeconômicos da ocupação. A partir desta abordagem, o autor contrapõe-se às formas de ocupação orientadas pela lógica urbano-industrial, as quais vincula à influência do ideário judaico-cristão, permeado pela diretriz de dominação da natureza pelo homem.

De posse do levantamento de dados cartográficos referentes às variáveis desejadas, McHarg procedia ao diagnóstico da situação ambiental da área de estudo através da sobreposição de mapas temáticos representativos dos diversos condicionantes a serem estudados, em um procedimento semelhante ao dos atuais Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os dados analisados variavam desde as características geológicas do solo, declividade do sítio, cobertura vegetal, dados de pluviosidade, aptidão dos solos à agricultura, dentre outros fatores, conforme demonstrado na figura 5:

Figura 5- Sobreposição de camadas de informações biofísicas



Fonte: McHarg (2000)

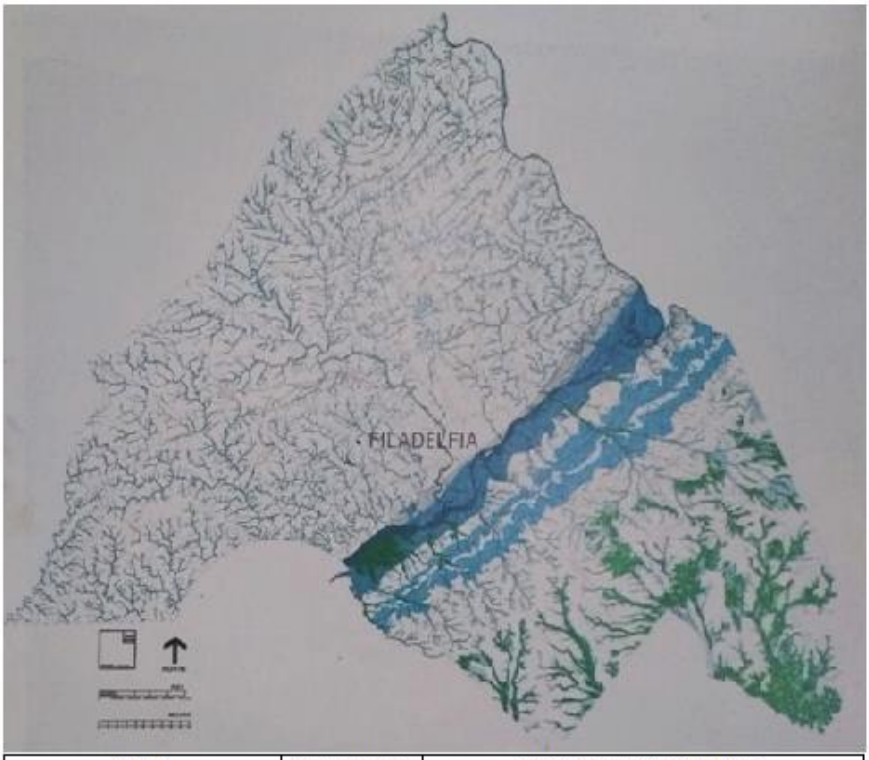
A sobreposição permitia a análise simultânea das diferentes camadas de informações mapeadas e extração das relações que se estabelecem entre essas variáveis. Paralelamente, as diferentes camadas de informações eram

associadas a uma escala de valoração, que fornecia subsídios para a tomada de decisões de planejamento dos usos e densidade da ocupação.

Com base em tais análises, McHarg propunha a inclusão do estudo dos condicionantes físico-ambientais no processo de planejamento e concepção dos assentamentos humanos de modo a causar o menor impacto possível aos processos naturais, através do zoneamento do território conforme os níveis de tolerância dos elementos naturais a cada tipo de uso, além do estabelecimento de diretrizes de para a ocupação.

Dentre os elementos analisados, McHarg destaca a hidrografia como sendo um dos mais relevantes no planejamento da ocupação, estando vinculada direta ou indiretamente a diferentes camadas de informação, tais como as águas subterrâneas, águas superficiais, zonas de recarga de aquíferos e áreas de várzea, estratificadas em diferentes zonas sujeitas a cheias sazonais, em intervalos de tempo distintos, resultando na delimitação de usos possíveis em cada circunstância, como ilustra a Figura 6, abaixo:

Figura 6 - Zoneamento de usos do solo em função da hidrografia



Zonas	Simbologia	Usos do solo permitidos
Aguas superficiais e margens de rios		Portos, portos desportivos, plantas para tratamento de águas, indústria relacionada com a água, espaços livres para usos institucionais e residenciais, atividades agrícolas, florestais e recreativas
Pântanos e zonas úmidas		Atividades recreativas
Planícies de inundação com recorrência de 50 anos		Portos, portos desportivos, plantas para tratamento de águas, indústria relacionada com a água e consumidora de água, agricultura, atividades florestais, atividades recreativas espaço livre institucional, espaço livre para residências
Aquíferos		Agricultura, atividades florestais, industrias que não produzam resíduos tóxicos ou prejudiciais. Qualquer uso do solo dentro dos limites que não prejudiquem a percolação.
Zonas de recarga de aquíferos		Agricultura, atividades florestais, industrias que não produzam resíduos tóxicos ou prejudiciais. Qualquer uso do solo dentro dos limites que não prejudiquem a percolação.
Solo agrícola de alta qualidade		Agricultura, atividades florestais, recreativas, espaço livre institucional, zona residencial, densidade máx. 1 un. hab/25 acres (10 ha)
Encostas		Atividades florestais, recreativas, zona residencial, densidade máx. 1 un. hab/3 acres (1,21 ha), sempre que se trate de zonas arborizadas
Bosques e zonas arborizadas		Atividades florestais, recreativas, zona residencial com densidades não superiores a uma un. hab. Por acre (0,40 ha)

Fonte: McHarg (2000)

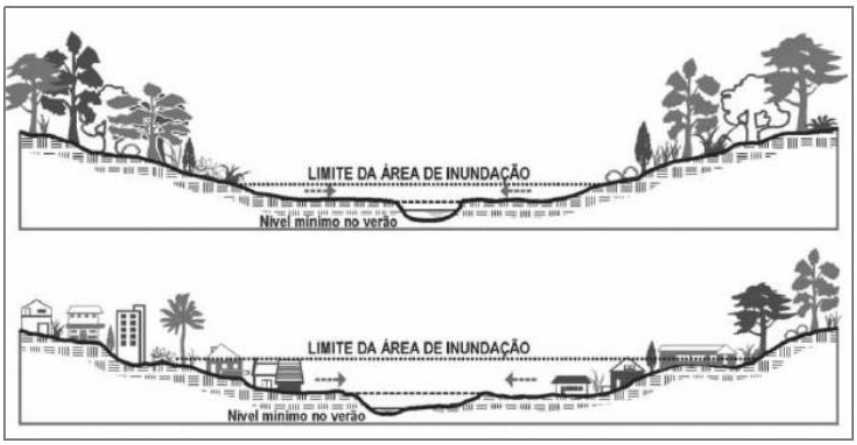
Dada a relevância da dinâmica das águas para o ordenamento territorial, McHarg (1969) e Spirn (1984) defendem que, sendo o rio uma unidade fluvial, composta por seu leito e área de várzea, as formas de ocupação desenvolvidas nesses espaços devem ser cuidadosamente analisadas, de modo que possam representar o menor impacto possível aos processos naturais, a exemplo de usos estritamente relacionados às águas, e/ou atividades de baixo impacto, que segundo McHarg (1969), seriam toleráveis nessas áreas.

Uma compreensão sistêmica dos cursos d'água e suas áreas de várzea, passa portanto, pela consideração de que, diante de sua proximidade com o rio, estas se tornam parte de sua dinâmica de funcionamento, o que inclui absorver o volume de transbordamento de suas águas, que precisa ocupar, periodicamente, diferentes porções da várzea, conforme e atestado por Spirn (1984):

> O rio e sua várzea são uma unidade (...). Os leitos dos rios não permanecem sempre no mesmo local; a menos que seja confinado, o leito, através do tempo, ocupa finalmente todos os pontos dentro da várzea (SPIRN, 1984, p.147).

Com o avanço da ocupação sobre as áreas de várzea, a capacidade de amortecimento das cheias torna-se comprometida, em função da impermeabilização de áreas que seriam naturalmente destinadas à infiltração e retenção temporária do volume de águas transbordadas, tendendo a causar a ampliação da área de inundação dos rios, conforme ilustra a figura 07:

Figura 7- Ampliação da área de inundação em função da ocupação das áreas de várzea



Fonte: Spirn (1995)

Tal compreensão subsidia a defesa da restrição à ocupação das áreas de várzea, o que, embora desejável do ponto de vista do desempenho ambiental e da segurança da população estabelecida nessas áreas, que encontra-se sujeita a graves riscos de perdas humanas e materiais, apresenta sérias limitações de aplicabilidade em nossas cidades, dado que a ocupação de várzeas e outras áreas de fragilidade ambiental é um fato já consolidado e estrutural no processo de urbanização brasileiro (MARICATO, 2000). A esse respeito, Peres (2011) relaciona as situações de conflito entre a ocupação de áreas de várzea e sua preservação ao descompasso temporal entre o período de recorrência das maiores cheias dos rios, que por vezes chega a alcançar décadas, e a dinâmica constante de crescimento e demanda pelo solo urbano.

Na região amazônica a dinâmica das águas desempenha um papel ainda mais relevante como condicionante da ocupação, em função da farta hidrografia, de sua grande capilaridade no território e à consequente extensão das áreas de várzea. Embora a ocupação destas áreas deva ser evitada, as formas de ocupação praticadas pelos povos tradicionais da Amazônia logravam usufruir dos recursos naturais sem deteriorá-los ou esgotá-los, incorporando princípios atualmente preconizados como práticas sustentáveis (CARDOSO e VENTURA NETO, 2013).

Tais formas de ocupação possibilitam a convivência com as dinâmicas das águas, não na tentativa de sua contenção, mas na perspectiva de adaptação das tipologias construtivas às características do sítio físico, resultando em soluções como as palafitas em madeira e os acessos às habitações viabilizados por pontes de madeira, conhecidas como “estivas”, além das possibilidades de usufruto dos recursos hídricos como meio de subsistência e lazer (op. cit.).

Porém, a extensão da malha rodoviária ao território amazônico e a inserção da região no circuito produtivo nacional, acarretou o desenvolvimento de novas práticas de ocupação urbana, alinhadas ao padrão vigente nas demais cidades brasileiras, orientado pela racionalidade urbano-industrial, que tende a se sobrepor aos assentamentos tradicionais (BECKER, 1991). A convivência entre dois padrões tão diversos de ocupação do território produz no espaço urbano amazônico uma dinâmica muito particular, que demanda especial atenção e análises integradas dos fatores que a compõem.

Neste sentido, dada a complexidade de condicionantes que compõem o espaço urbano, surge como desafio a adoção de uma unidade de planejamento territorial capaz de abarcar esses diferentes fatores, em especial a partir da crescente inserção das variáveis ambientais no âmbito do planejamento urbano. Por essa razão, a bacia hidrográfica já recomendada pela Política Nacional de Recursos Hídricos como unidade básica de planejamento e gestão das águas, tem sido apontada igualmente como unidade de planejamento aplicável ao ordenamento territorial, conforme defende Bevilacqua (2012), que indica sua relevância enquanto espaço onde se manifestam as intervenções humanas sobre o ambiente e suas consequências.

Reforçando este entendimento, Galdino e Andrade (2012) destacam a bacia hidrográfica como uma unidade territorial que evidencia a presença de marcos da paisagem natural, tais como rios, córregos e áreas de várzea, favorecendo a percepção das interações entre o ambiente natural e o espaço construído.

A fim de proporcionar subsídios para a melhor compreensão dos processos ambientais que se desenvolvem nas bacias hidrográficas, especialmente aqueles relacionados à sua dinâmica hídrica, a seção a seguir apresenta uma revisitação aos conceitos relacionados à hidrologia das bacias e aos impactos decorrentes da urbanização.

3.2. As Dinâmicas Ambientais das Bacias Hidrográficas e a Urbanização

As dinâmicas ambientais preexistentes nas bacias hidrográficas são inevitavelmente impactadas em decorrência dos processos de urbanização. Tais impactos em geral estão associados ao ciclo hidrológico[4], e têm origem na supressão vegetal e impermeabilização de superfícies (SCHUELER, 1987). Estas ações se refletem em uma série de desdobramentos sobre o ambiente urbano, em especial no que se refere à quantidade e qualidade das águas (ARAÚJO, et. al., 2011).

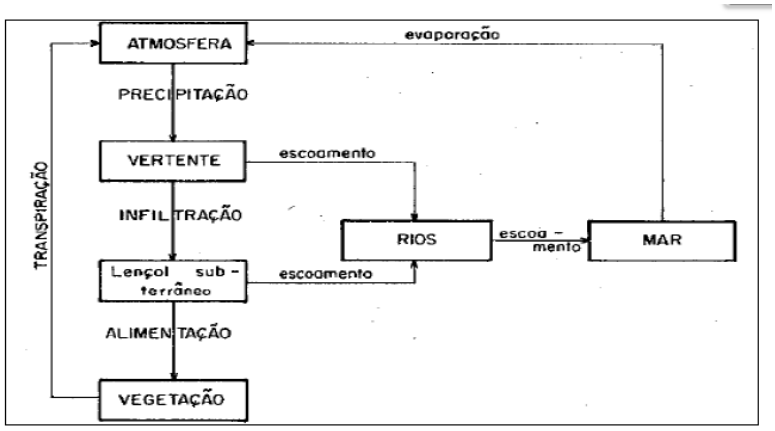
Com a inevitável alteração sofrida pelo regime natural das águas em

[4] Segundo Karmann (2000) consiste no mais importante processo na dinâmica exterior da Terra, compreendendo os movimentos entre os diferentes reservatórios de água, como as geleiras, aquíferos, e águas superficiais, em um processo orientado pela ação do sol.

virtude da urbanização, processos que nas áreas não-urbanizadas desenvolviam-se de forma equilibrada, podem causar grandes desastres nas cidades, o que leva Schutzer (2012) a afirmar que o fluxo das águas, na superfície e no subsolo, o qual desencadeia processos físicos e ecológicos, trata-se do principal fator a ser considerado em uma análise ambiental urbana e no planejamento territorial urbano.

As diferentes etapas que compõem o ciclo hidrológico, demonstradas abaixo, na Figura 8, ocorrem simultaneamente e de forma diferenciada conforme o grau de intervenção antrópica no ambiente. A seção a seguir apresenta uma breve descrição destas etapas, conforme conceituação de Schutzer (2012).

Figura 8- Funcionamento do Ciclo Hidrológico



Fonte: Christofoletti (1980)

O ciclo hidrológico se inicia com a precipitação, que consiste na condensação do vapor d'água presente na atmosfera na forma de gotículas, que retornam à superfície terrestre por meio da chuva, neve ou granizo, dependendo das dimensões e peso que alcancem (KARMANN, 2000). Parte deste volume será infiltrado no solo ou retornará à atmosfera através do processo de evaporação ou transpiração.

A evaporação é um processo por meio do qual a ação do sol sobre as águas superficiais, provoca a sua vaporização. Antes de atingir a superfície terrestre, parte da água é interceptada pelas folhas e telhados das edificações, além da porção de água que evapora após o contato com o solo. Simultaneamente à evaporação, a vegetação realiza a transpiração, que consiste na perda de água através das folhas,

que somado à evaporação, resulta em um processo denominado evapotranspiração, que se encerra com o retorno da água à atmosfera (Idem, op. cit.).

Três importantes etapas do ciclo hidrológico estão intimamente ligadas: infiltração, percolação e filtragem, sendo importantes fatores para o equilíbrio dos processos ambientais e tendo como principal vantagem o retardamento da chegada das águas pluviais aos vales e canais de drenagem, atuando, portanto, como um fator de redução do risco de ocorrência de enchentes (SCHUTZER, 2012, p.95).

A ocorrência desses fenômenos é condicionada pela disponibilidade de áreas permeáveis, pela presença de cobertura vegetal e pela declividade e condições de compactação do solo. A água absorvida pelo solo garante a manutenção de sua umidade, favorecendo a biodiversidade local, a recarga dos lençóis freáticos e a reposição do fluxo dos cursos d'água nos períodos de estiagem, por outro lado, a diminuição da infiltração causada pela impermeabilização do solo compromete a ocorrência desses processos (SPIRN, 1985).

A infiltração se dá através da absorção da água pelo solo, na zona aerada, ou seja, aquela na qual o espaço existente entre as partículas de solo é preenchido por ar e água. A percolação é o processo de recarga do lençol freático, que por sua vez é uma camada de armazenamento de águas subterrâneas, situada logo acima da zona saturada do solo, ou seja, a zona na qual o espaço entre as partículas encontra-se totalmente preenchido por água, atuando como uma reserva natural de águas (KARMANN, 2000).

Simultaneamente a esses processos, ocorre a filtragem da água, que atravessa camadas minerais no solo e tem sua eficiência ampliada conforme a espessura da camada entre a superfície e o lençol freático. Por essa razão, nas áreas de várzea a filtragem das águas torna-se pouco eficiente, apresentando melhores efeitos nas áreas mais elevadas (SCHUTZER, 2012). Em bacias urbanizadas esse processo é ainda mais relevante, em virtude da existência de grande quantidade de poluentes, que é proporcionalmente ampliada em função do aumento populacional (CARNEIRO; MIGUEZ, 2011).

O escoamento superficial ocorre quando, após as precipitações, o solo atinge sua capacidade máxima de infiltração e de armazenamento em depressões ou porções impermeáveis do terreno e passa a deslocar-se sobre a superfície

terrestre ou nos cursos d'água e canais de drenagem (SCHUTZER, 2012).

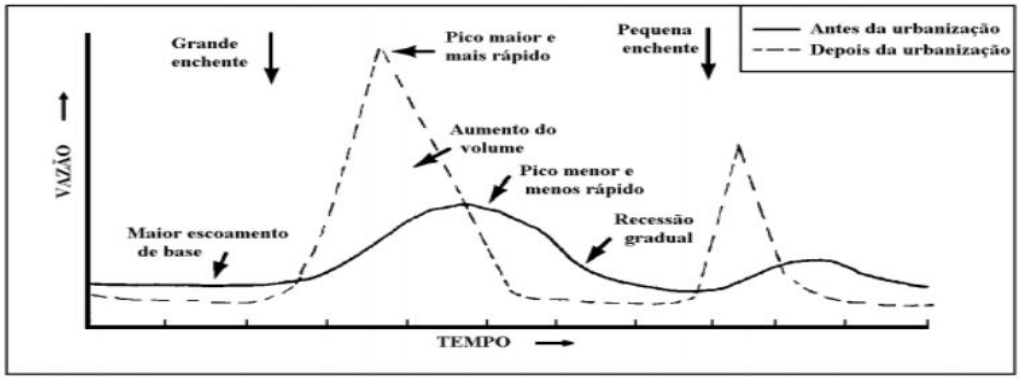
Como uma das mais significativas alterações impostas pela urbanização sobre os regimes naturais, o escoamento superficial é um fenômeno de difícil contenção e pode suscitar processos danosos, tais como a erosão, com o consequente transporte de sedimentos e assoreamento de cursos d'água e canais de drenagem. A velocidade de ocorrência deste fenômeno, muito elevada em comparação à de seus processos contrários - infiltração e percolação – sobretudo nas regiões com maior declividade, sobrecarrega as áreas de várzea das bacias, aumentando a probabilidade de enchentes (ARAÚJO, et al., 2011).

Percebe-se, diante do exposto, que, em condições pré-urbanização, a distribuição do volume hídrico nas diferentes etapas do ciclo hidrológico obedeceria à capacidade natural de ajustamento das águas, em condições de relativa estabilidade, a qual é gradualmente alterada em decorrência da urbanização.

Nesse contexto, Schueler (1987) destaca como principais impactos da urbanização, a elevação do pico de cheia a jusante; o aumento do volume do escoamento superficial e de sua velocidade em decorrência da criação de superfícies lisas e impermeáveis, resultando em menor tempo para a chegada das águas aos corpos receptores; o aumento de frequência e intensidade de eventos de enchentes e alagamentos, e a redução do fluxo dos cursos d'água nos períodos de seca em decorrência da diminuição da infiltração e percolação.

Os fatores citados acarretam variação no volume de água que estará presente em cada etapa do ciclo hidrológico, conforme demonstrado na figura 9, que apresenta um comparativo entre o hidrograma de uma bacia em ambientes pré e pós-urbanização:

Figura 9 - Impacto da Urbanização sobre o regime das cheias

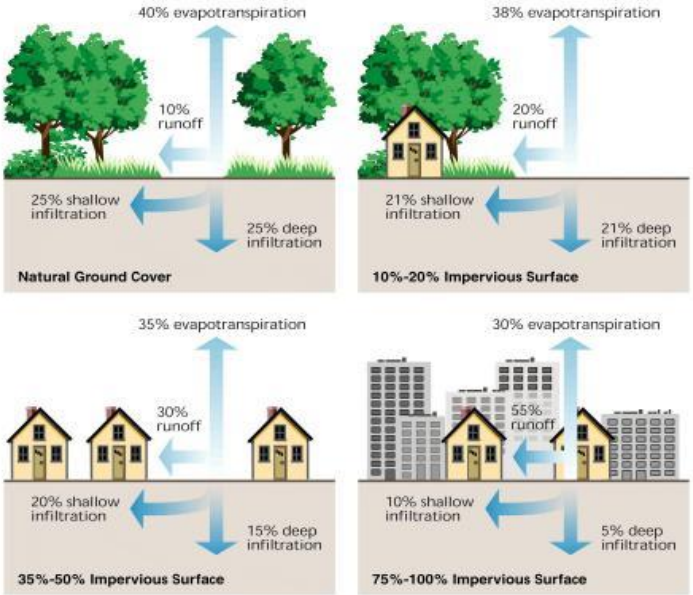


Fonte: Schueler (1987)

A esse respeito, Araújo et al. (2011) apontam que a criação de apenas 10% de superfície impermeável no território de uma bacia hidrográfica já seria capaz de promover alterações ambientais, impactando na quantidade e qualidade da água disponível, uma vez que a impermeabilização se reflete diretamente no aumento do *runoff,* ou escoamento superficial, e na simultânea diminuição das taxas de infiltração, o que desencadeia ao mesmo tempo sobrecarga à capacidade receptora dos cursos d'água, comprometimento da capacidade de recarga dos aquíferos, além da deterioração da qualidade das águas em função do aumento do carreamento de poluentes.

À medida que a ocupação urbana avança e a disponibilidade de áreas permeáveis é reduzida, o volume e a velocidade do escoamento superficial são significativamente ampliados, em geral, sobrecarregando os sistemas tradicionais de drenagem. A figura 10 exemplifica as alterações geradas sobre o ciclo hidrológico em uma região que atravessa diversas etapas de urbanização. Nesse processo pode-se notar a impermeabilização do solo e a remoção da cobertura vegetal como fatores propulsores da alteração do ciclo hidrológico, bem como a gradual mudança na distribuição da água entre os processos constantes do ciclo.

Figura 10- Diagrama ilustrativo da composição do escoamento, evapotranspiração, percolação e infiltração de águas pluviais, diante da impermeabilização de solo



Fonte: Araújo; Almeida; Guerra (2011)

No primeiro cenário ilustrado no diagrama (Figura 10), que considera uma bacia hidrográfica pré-urbanização, os volumes hídricos encontram-se adequadamente distribuídos entre as diferentes etapas do ciclo hidrológico, sendo seu maior percentual direcionado à infiltração, dividido entre o escoamento subsuperficial e o escoamento subterrâneo, seguido da evapotranspiração, que devolve à atmosfera um total de 40% do volume de água presente no ciclo, restando apenas 10% do volume total que corresponde ao escoamento superficial, que gradualmente é direcionado aos corpos receptores.

No segundo cenário apresentado, a impermeabilização de 10 a 20% da superfície da bacia hidrográfica resulta em diminuição do volume infiltrado e em redução da evapotranspiração decorrente da supressão da cobertura vegetal. Como consequência da impossibilidade do desempenho adequado dos processos citados, observa-se o lançamento do volume de água não absorvido, para o escoamento superficial, resultando na duplicação dos seus efeitos.

O terceiro cenário apresenta a impermeabilização de 35 a 50% da superfície da bacia, com avanço da ocupação em extensão, onde é notável o severo comprometimento da capacidade de infiltração, especialmente da parcela destinada à percolação, combinado ao expressivo avanço da supressão vegetal, com consequente diminuição da evapotranspiração. Como resultado disso tem-se o incremento de 50% do volume de água componente do escoamento superficial, em relação ao estágio anterior.

O quarto cenário expresso no diagrama refere-se a um estágio avançado de urbanização, com tendência à impermeabilização total da superfície da bacia através de um expressivo adensamento da ocupação, potencializado através da verticalização. Nestas condições, percebe-se a alteração percentual mais significativa dos volumes de água constantes em cada uma das etapas, em relação às anteriores, evidenciando um crescente desequilíbrio na capacidade de amortecimento da cheia pela bacia.

Percebe-se que dentre as etapas componentes do ciclo hidrológico, conforme ilustrado no diagrama, a do escoamento superficial é aquela onde se verifica alteração mais expressiva no percentual do volume de água que o compõe, sendo este fato decorrente da transferência dos volumes de água envolvidos nas etapas

de infiltração e evapotranspiração, que tem suas dinâmicas alteradas em função da supressão de áreas permeáveis e vegetadas.

Outros aspectos negativos desencadeados pelas alterações hidrológicas nas bacias urbanizadas, se referem ao aumento do volume e velocidade de escoamento das águas durante e após as chuvas, que resulta em redução da infiltração e na consequente diminuição do volume dos cursos d'água durante os períodos de estiagem. Desse modo, os poluentes vindos dos esgotos e do escoamento superficial não são adequadamente diluídos, resultando em aumento dos níveis de poluição (SPIRN, 1995) o que se torna um fator ainda mais decisivo quando há deficiências na oferta dos demais serviços de saneamento básico.

Conforme Spirn (1995), fatores como o clima, regime pluviométrico e ocupação das áreas de várzea e sua extensão, consistem em fatores determinantes para o risco de inundação. A magnitude das enchentes é influenciada pelo tempo de escoamento das águas antes de alcançar os rios, de modo que ela será inversamente proporcional ao tempo de escoamento.

3.3. Soluções de Drenagem - Medidas Estruturais e Não-estruturais

A drenagem urbana pode ser definida como o conjunto de medidas para a gestão das águas pluviais nas áreas urbanas, incluindo ações que vão desde a sua captação e adequada condução até um corpo receptor, bem como ações pontuais em nível da bacia hidrográfica, de modo a minimizar os riscos de inundações, evitando assim, maiores transtornos à população (SCHUTZER, 2012).

Reconhecendo a importância dos dispositivos de drenagem urbana em relação à qualidade de vida e segurança da população, a Lei n. 11.445/2007, conhecida como Lei do Saneamento Básico, estabelece como um de seus princípios fundamentais, a implantação de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, associados à segurança da vida, à saúde pública e ao patrimônio público e privado. Nesse sentido, Carneiro (2008) destaca no texto da referida Lei a tendência a uma mudança de percepção acerca das políticas de saneamento básico no brasil de modo setorial, avançando na direção de uma integração das ações do setor com as políticas de desenvolvimento urbano e de gestão de recursos hídricos.

No Brasil, as práticas de drenagem urbana tradicionalmente têm sido

pautadas pelo princípio do mais rápido afastamento possível das águas pluviais, promovendo a rápida eliminação dos riscos das áreas com cotas mais elevadas e transferindo os alagamentos para as áreas a jusante (Tucci, 2003). Esse padrão de intervenção, destaca Bueno (2005), encontra amparo nas ações do PLANASA (Plano Nacional de Saneamento), implantado na década de 1970, o qual priorizava ações de cunho altamente tecnicista, alinhados a soluções da engenharia tradicional e voltados prioritariamente à resolução dos aspectos quantitativos da questão, em detrimento de soluções que contemplem as dimensões socioambiental e paisagística associadas aos cursos d'água.

Em contraposição a essas abordagens, Travassos (2010) sustenta que vêm gradativamente ganhando espaço nas intervenções em drenagem urbana no Brasil, proposições ligadas ao campo teórico da Arquitetura da Paisagem, que se dispõem ao desenvolvimento de diretrizes de interação entre os assentamentos humanos e as dinâmicas naturais, mais voltados à sua dimensão ecológica, tais como Mc Harg (1969) e Spirn (1985).

Essas abordagens encontram amparo nas diretrizes propostas pelo Ministério das Cidades (2006), que defende a gestão ecológica do ciclo das águas, por meio de ações mitigadoras dos efeitos ambientalmente danosos decorrentes da urbanização, tais como o retardo e contenção do escoamento superficial, evitando a transferência dos impactos para áreas a jusante.

Considerando estes diferentes paradigmas norteadores das intervenções de drenagem, autores como Simons et al. (1977) e Tucci (1997) classificam as medidas de controle de enchentes como estruturais e não-estruturais. As medidas estruturais são orientadas pelo princípio de contenção dos alagamentos, através de um regime hidrológico artificializado, que se constitui em decorrência da inserção de estruturas físicas e obras de engenharia que alteram o sistema fluvial, geralmente apresentando custos mais elevados embora demandem manutenção menos frequente, enquanto as medidas não-estruturais atuam de forma mais voltada a mudanças na interação humana com o ambiente natural, representando, em geral, custos mais baixos, entretanto, com necessidade de manutenção mais frequente.

As diferenças entre os dois tipos de intervenção estão vinculadas à escala de atuação, uma vez que as medidas estruturais em geral são mais pontuais, e

podem transferir os alagamentos para outras áreas - à exceção das ações de macrodrenagem, que são aplicadas a toda a extensão da bacia - enquanto que as medidas não-estruturais abrangem a bacia de modo sistêmico, em ações de caráter preventivo, que vão desde a educação ambiental, até intervenções físicas nos cursos d'água, estando alinhadas a uma postura mais compreensiva perante as dinâmicas ambientais.

Canholi (2014) classifica as medidas estruturais em extensivas e intensivas. As extensivas seriam aquelas voltadas a toda a bacia hidrográfica e pautadas pelo princípio do controle das cheias e não de sua eliminação ou aceleração. As medidas intensivas seriam divididas em três subcategorias, conforme seu princípio de funcionamento: aceleração, retardo ou desvio do escoamento dos rios.

As medidas não-estruturais, por outro lado, são orientadas pela perspectiva de prevenção do alagamento e de ações destinadas a elevar a capacidade de resposta da ocupação e das populações à ocorrência das cheias, através de sistemas de alarme e monitoramento de alagamentos, ações de educação ambiental, integração entre soluções de tratamento paisagístico e de recuperação, planejamento integrado entre os serviços de saneamento básico, entre outras intervenções (CARNEIRO; MIGUEZ, 2011).

3.4. Aspectos Legais

Embora a legislação urbanística e ambiental em tese se proponha a produzir o ordenamento territorial e um desempenho urbanístico-ambiental satisfatório em nossas cidades, autores como Maricato (2000), apontam um profundo distanciamento de suas proposições em relação à realidade do espaço urbano brasileiro. Deste modo, o planejamento urbano por vezes tem buscado sanar deficiências concretas das cidades por meio da elaboração de princípios legais e normativos, que, na prática, não têm possibilidades de execução.

Desse modo, a grande parcela da cidade produzida sob a informalidade é negligenciada no processo de planejamento e elaboração da legislação urbanística , de forma que as disparidades entre a cidade formal e a cidade "real" ou a não cidade, nos termos de Maricato (2000), são dissimuladas pela construção de uma representação simbólica da cidade, voltada à sua parcela formal.

Dessa percepção parcial da cidade, resulta a inviabilidade de aplicação dos

princípios propostos pela legislação urbanística e ambiental diante da de sua à grande parcela do território que é produzida de modo informal, visto que, de fato, a legislação frequentemente negligencia a existência desta realidade e omite aspectos fundamentais do processo de ocupação do solo urbano vigentes nesses espaços.

Essa percepção conduz também à crítica em relação à aplicação arbitrária da legislação urbanística, que se manifesta na omissão do poder público em relação à ocupação ilegal, desde que praticada em regiões que não sejam do interesse do mercado imobiliário, como áreas de APP. No caso, porém, de regiões centrais, valorizadas pelo mercado, a ocupação ilegal não é admitida, e o cumprimento da lei é rigorosamente defendido. Nesse caso, a população supre, ainda que de maneira informal, a necessidade de moradia, embora essa condição não se reflita na garantia do direito à cidade (MARICATO, 2000).

No que se refere à delimitação de faixas de proteção aos cursos d'água, a principal referência legal é o Código Florestal, que teve sua primeira versão elaborada em 1934, a segunda em 1965, com revisão em 1989, e, por fim sua atual versão, elaborada em 2012, trazendo novos instrumentos de regulação do uso das áreas de interesse ambiental, bem como avanços em relação a temáticas não totalmente elucidadas pelos textos anteriores.

O novo Código Florestal Brasileiro (Lei n. 12.651 de 25 de maio 2012) apresenta como principais contribuições, a definição de critérios para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), incluindo aquelas situadas em meio urbano, o que nas versões anteriores deixava margem a interpretações controversas sobre sua aplicabilidade somente a áreas rurais, ou também àquelas situadas em meio urbano. O Código Florestal, em seu artigo 3º, inciso II, apresenta a seguinte definição para Áreas de Preservação Permanente:

> "Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas" (BRASIL, 2012, p. 01)

O Código delimita ainda a competência legislativa e de gestão sobre as

APPs urbanas entre as diferentes esferas de governo, define critérios para a demarcação de áreas de reserva legal e de áreas verdes urbanas, além de criar o cadastro ambiental rural (CAR), e estabelecer condições para a exploração, supressão e manejo de áreas de vegetação nativa em espaços urbanos e rurais.

Como pontos mais relevantes da legislação, aplicáveis às áreas urbanas, pode-se destacar a delimitação de APP's e de áreas verdes urbanas. A tabela abaixo ilustra o critério de delimitação de APP's junto às margens de cursos d'água, o qual estabelece faixas progressivamente amplas de proteção, conforme sua largura, como ilustra o quadro 1:

APP PARA CURSO D'ÁGUA NATURAL						APP PARA LAGOS E LAGOAS		
LARGURA (m) OU ÁREA DA SUPERFÍCIE (Há)	<10	10 a 50	50 a 200	200 a 600	>600	-	-	ÁREA <20Ha
FAIXA APP (m)	30	50	100	200	500	30 (zona urbana)	100 (zona rural)	50

Quadro 2 - Delimitação das APP's pelo Código Florestal Brasileiro

Fonte: Lei Nº 12.651/2012

Deve-se, entretanto, ressaltar, que os critérios para a delimitação das faixas de proteção dos cursos d'água pelo Código Florestal (2012) são diversos daquele proposto na Lei n. 6766/1979, que dispõe sobre os parcelamentos urbanos e estabelece como faixa n*on aedificandi* ao longo dos cursos d'água urbanos de apenas 15m de largura.

Pode-se dizer que as determinações legais sobre as APP's, ao buscarem salvaguardar o direito constitucional ao "meio ambiente ecologicamente equilibrado" resultam em relativização do direito de propriedade sobre áreas de interesse a preservação ambiental, uma vez que estabelecem limitações às possíveis formas de uso desses espaços, como a construção ou exploração para atividades econômicas diretas, as quais só admitem exceções mediante a autorização do órgão ambiental competente.

A preservação das APP's urbanas, entretanto, representa um desafio importante, uma vez que, em geral, suscita um constante impasse entre o

restabelecimento das dinâmicas ambientais e o resguardo do direito à moradia da população estabelecida nessas áreas, que frequentemente acaba sendo responsabilizada pela degradação urbanístico-ambiental decorrente da ocupação, como reflexo da postura omissa do Estado frente a esta questão, que sinaliza como solução a remoção dos assentamentos (VALÊNCIO, 2003).

No caso das áreas de APP's urbanas, nas quais tenha havido ocupação irregular, a legislação prevê a possibilidade de regularização fundiária, desde que subsidiada por um projeto que contenha estratégias de mitigação dos efeitos da ocupação, tais como a recuperação das áreas degradadas e intervenções para prevenção aos riscos de deslizamentos de terras e inundações.

Segundo o Código Florestal (2012), as áreas verdes urbanas consistem em regiões de remanescentes florestais em meio urbano, sobre as quais o poder público municipal exerce o direito de preempção, previsto no Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001). Além disso, a legislação prevê que áreas de reserva legal em propriedades rurais são passíveis de posterior incorporação ao sistema de áreas verdes, quando alcançadas pela expansão urbana.

Outro importante marco legal que disciplina a questão ambiental é a Lei n. 9433 de 08 de janeiro de 1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e tem como um de seus fundamentos o estabelecimento da bacia hidrográfica como unidade territorial para sua implementação e para o gerenciamento de recursos hídricos. Esse instrumento parte do entendimento sistêmico da bacia hidrográfica e é um passo importante para a consideração de todos os aspectos vinculados à manutenção das águas em quantidade e qualidade.

Outro importante princípio estabelecido pela PNRH trata do enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo seus usos preponderantes, levando em conta as peculiaridades locais. Ademais a legislação preconiza a consideração dos múltiplos usos da água, para atividades diversas, como geração de energia, irrigação, indústria, abastecimento, mas prioritariamente para o consumo humano e de animais. Um dos fundamentos da PNRH recomenda a consideração das interações do ciclo hidrológico entre as águas superficiais, subterrâneas e meteóricas, sendo reafirmado na legislação estadual. Este princípio demonstra a necessidade da adoção de medidas de infraestrutura que possibilitem o máximo aproveitamento das dinâmicas naturais, permitindo a continuidade do ciclo

hidrológico.

Em consonância com as proposições da PNRH e da Constituição Estadual, a Lei n. 6.381 de 25 de julho de 2001, estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A legislação prevê ainda a divisão do estado em regiões hidrográficas, definidas em razão de suas similaridades socioeconômicas, conforme ilustra a figura 11, e determina a criação do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos e de redes de monitoramento e informação a respeito das condições meteorológicas em todo o estado.

Figura 11 - Definição das regiões hidrográficas do estado do Pará

Fonte: SEMAS (2012)

Como diretriz de ação do estado, a legislação destaca o estabelecimento de convênios com as prefeituras para a instituição de áreas de preservação permanente e sua conservação, o zoneamento das áreas inundáveis, com previsão de restrições de uso e ocupação do solo nessas áreas e a criação de sistema de alerta para o caso de eventos extremos.

Como outro importante marco legal referente à inserção da dimensão ambiental nas cidades, a Lei n. 11.445, de 05/01/2007 estabelece diretrizes

nacionais para o saneamento básico e conceitua-o como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem urbana e manejo de águas pluviais, compreendendo também a limpeza e fiscalização de suas redes de infraestrutura. Estes serviços atuam de forma sistêmica, visando à manutenção da saúde pública e do meio ambiente, sendo que a falta ou precariedade de um desses serviços resulta em impacto sobre os demais.

Reconhecendo o caráter determinante do saneamento como influenciador da qualidade de vida dos indivíduos, a Política Nacional de Saneamento Básico, estabelecida pela citada lei tem como um de seus objetivos a priorização de ações de saneamento básico voltadas para áreas ocupadas por população de baixa renda, que em geral são caracterizadas pela degradação urbana e ambiental.

Em conformidade com este objetivo, o PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico) defende a necessidade de ações de saneamento pautadas pela busca da equidade vertical, ou seja, o “tratamento desigual para os desiguais”, visto que destinação de tratamento igual resultaria, neste caso, em manutenção das disparidades existentes na disponibilização de serviços de saneamento para as diferentes camadas sociais. Como dito anteriormente, contudo, a Medida Provisória 844/2018 aponta para uma intenção de desmonte destas diretrizes no Brasil.

4. ANÁLISE URBANÍSTICO-AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Neste capítulo será apresentada a caracterização geral do conjunto das bacias hidrográficas componentes da área de estudo desta pesquisa, em termos de sua disponibilidade de áreas permeáveis e vegetadas, declividade média do sítio, cobertura de serviços de saneamento básico, densidade populacional, renda domiciliar média, localização de assentamentos precários e sua população residente.

A seguir são expostos os parâmetros e procedimentos utilizados para a análise urbanístico-ambiental do padrão de ocupação estabelecido nas 41 bacias hidrográficas da área de estudo, extraídos a partir das considerações de McHarg (1974), Araújo et. al., (2011) e Mascaró (2005), e, em alguns, casos, adaptados conforme as particularidades locais. Tais variáveis foram associadas a considerações de cunho socioeconômico, a fim de caracterizar mais amplamente as dinâmicas de ocupação em curso no território.

Em seguida é apresentada a análise das formas de ocupação empreendidas nas bacias hidrográficas, tomando como importante ferramenta a drenagem enquanto elemento integrador na leitura do ambiente urbano na região, por meio das variáveis utilizadas. A partir da sobreposição de diferentes dados referentes a essas variáveis, abaixo descritas, foi possível uma avaliação integrada dos diferentes aspectos da ocupação e dos reflexos de suas interações sobre as dinâmicas urbano-ambientais das bacias.

As principais variáveis selecionadas para esta análise foram: permeabilidade, declividade, capilaridade do sistema viário e densidade populacional. Os dados cartográficos referentes às três primeiras variáveis foram cedidos pelo Laboratório Cidades na Amazônia (LABCAM), enquanto os dados de densidade populacional foram obtidos por meio do Censo do IBGE (2010).

Como variáveis complementares foram utilizados dados de cobertura vegetal (LABCAM, 2015), além de informações referentes ao levantamento sobre fatores de risco ambiental realizado pelo CPRM (2015) contendo a delimitação de áreas sujeitas a alagamentos na RMB, além da cobertura de serviços de saneamento básico, obtida por meio do Censo do IBGE (2010), do Atlas do

Saneamento Básico – IBGE (2011) e da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008).

Cabe ressaltar que a delimitação destas bacias foi realizada pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) em 2008, como forma de subsídio à elaboração de planos metropolitanos de água e esgoto. Em função dos objetivos de sua aplicação, os critérios empregados pela Companhia para a delimitação das bacias, estão relacionados à tentativa de correspondência entre as redes de infraestrutura de saneamento instaladas e o parcelamento urbano, não correspondendo, portanto, exatamente aos resultados da delimitação pelo tradicional critério físico-geográfico de divisores de águas, sendo, porém, adequada à proposta deste estudo.

A delimitação das áreas alagáveis realizada pelo CPRM admite três cenários de alagamento, sendo de baixo, médio e alto risco e alcançando, nas condições mais críticas, cotas de até 12m. Tal levantamento contempla apenas o município de Belém, não havendo dados oficiais referentes aos demais municípios da RMB. Entretanto, é possível considerar que nos municípios imediatamente adjacentes a Belém, os eventos de alagamento ocorrem aproximadamente nas mesmas condições.

A análise realizada nesta etapa toma como importante referência, os resultados da pesquisa realizada por Vieira e Ponte (2017), que se dedicou à análise urbanístico-ambiental das 41 bacias hidrográficas da área de estudo, com vistas ao levantamento de dados para subsidiar a futura elaboração de um Plano de Drenagem Metropolitano para a RMB.

4.1. Caracterização da Área de Estudo

Os diferentes graus de avanço da urbanização nos municípios da RMB, implicam transformações proporcionais sobre as dinâmicas ambientais de suas bacias hidrográficas, de modo que os impactos negativos da ocupação tendem a ser mais significativos nas áreas mais consolidadas. Por outro lado, as desigualdades socioespaciais se expressam na concentração das redes de infraestrutura urbana nas áreas centrais de Belém, em detrimento dos bairros periféricos e dos demais municípios metropolitanos.

Com o intuito de auxiliar na compreensão destes processos, a presente

seção se dedica à apresentação de dados descritivos acerca do conjunto das bacias hidrográficas da área de estudo em termos da cobertura de serviços de saneamento básico, percentual de áreas permeáveis, declividade média do sítio, distribuição populacional e existência de assentamentos precários.

4.1.1. População

O mais recente censo demográfico do IBGE (2010) apontou a população total da RMB como 2.275.031 habitantes, com projeção de 2.441.761 habitantes para o ano de 2017. A tabela 1 apresenta os dados levantados, nos quais se verifica a predominância da população urbana em todos os municípios, exceto Santa Bárbara do Pará, sendo também o município com menor número de habitantes.

POPULAÇÃO MUNICÍPIOS RMB								
	BELÉM	ANANINDEUA	MARITUBA	BENEVIDES	SANTA BÁRBARA DO PARÁ	SANTA ISABEL DO PARÁ	CASTANHAL	TOTAL RMB
POPULAÇAO URBANA	1.381.476	470.820	107.124	29.913	5.459	43.002	153.378	2.190.172
POPULAÇAO URBANA (%)	99,14	99,75	98,96	55,98	31,85	72,31	88,58	96,27
POPULAÇAO RURAL	11.923	1.160	1.122	22.739	11.681	16.463	19.771	84.859
POPULAÇAO RURAL (%)	0,86	0,25	1,04	44,02	68,15	27,69	11,42	3,73
TOTAL	1.393.399	471.980	108.246	51.652	17.140	59.465	173.149	2.275.031
PROJEÇAO POPULAC. 2017	1.452.275	516.057	127.858	60.990	20.492	68.836	195.253	2.441.761

Tabela 1 - População rural e urbana na RMB (2010) e projeção populacional para 2017
Fonte: IBGE (2010)

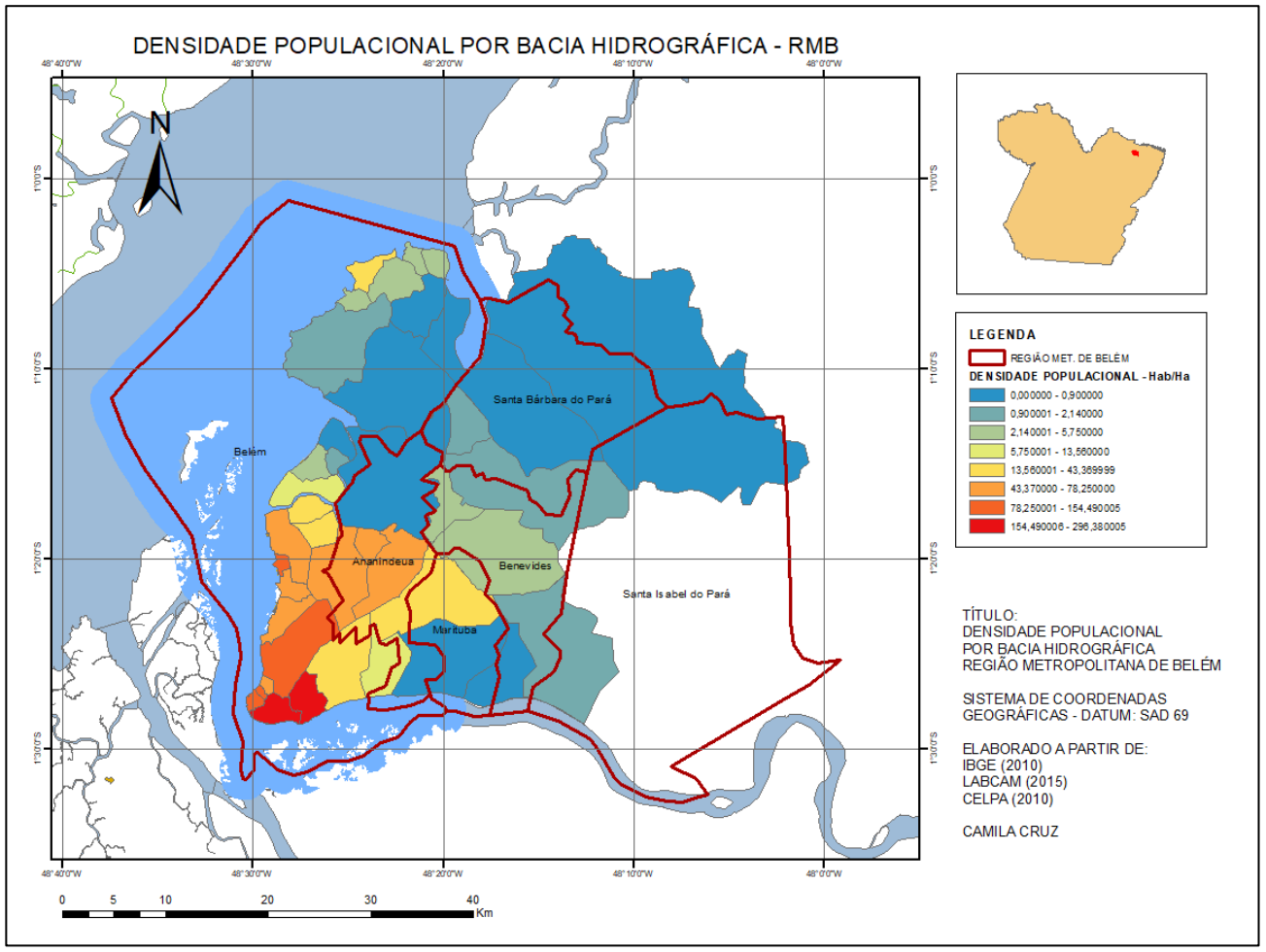
A pesquisa “Caracterização e Tipologia de Assentamentos Precários” realizada pelo IPEA (2016), tomando como referência dados populacionais referentes ao Censo Demográfico IBGE do ano 2000, apresenta conclusões importantes acerca da distribuição da população no território da RMB. O estudo não incluiu, à época, os municípios de Santa Isabel do Pará e Castanhal.

Segundo a citada pesquisa, embora a população de Belém seja a maior dentre os municípios da área de estudo, em função da grande extensão territorial das ilhas pertencentes ao seu domínio, o município de Ananindeua a supera em termos de densidade populacional. Ainda segundo a citada publicação, o município de Marituba apresenta densidade populacional bastante elevada, o que pode ser

atribuído à sua proximidade em relação a Ananindeua. Os municípios de Benevides e Santa Bárbara do Pará apresentaram densidades populacionais significativamente inferiores àquelas registradas nos municípios mais próximos do núcleo da RMB.

Considerando a inserção de Castanhal na Região Metropolitana, conforme os dados do Censo (2010), apresentados na tabela 1, pode-se notar sua expressiva concentração populacional, que denota a importância do município enquanto polo regional. A densidade populacional por bacia hidrográfica pode ser observada no mapa 4, que expressa elevada concentração nas bacias da Estrada Nova e Tucunduba, seguida das bacias situadas nas áreas de influência dos principais eixos viários de expansão urbana de Belém, as rodovias BR-316 e Augusto Montenegro.

Mapa 4 - Densidade populacional por bacia



Fonte: IBGE (2010), COSANPA (2008)

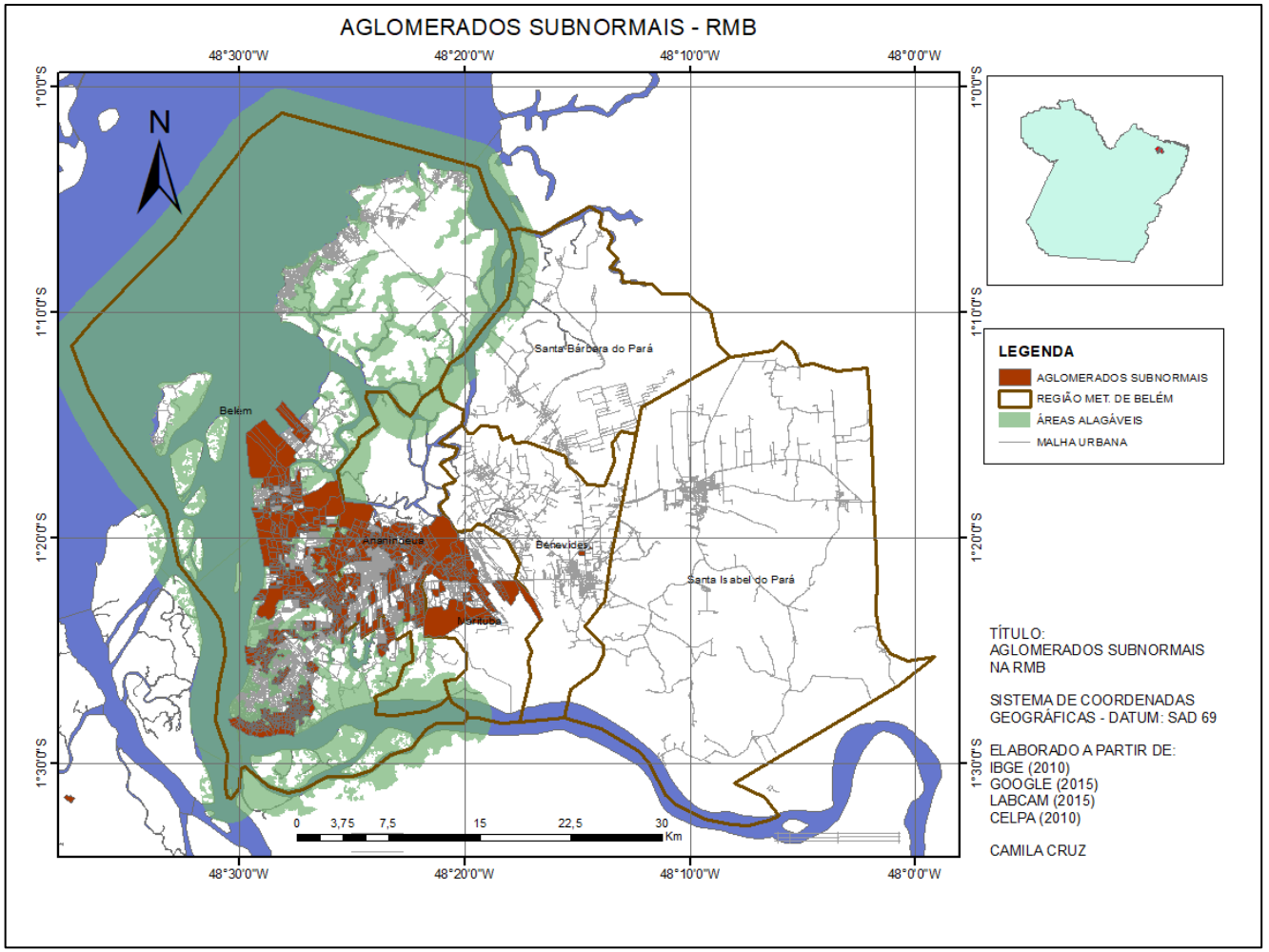
4.1.2. Assentamentos Precários

A Região Metropolitana de Belém apresenta um grave quadro de precariedade urbana e habitacional, o que é atestado pelos dados do Censo do IBGE (2010), que apontam a RMB como o espaço metropolitano com a maior concentração de domicílios em assentamentos precários, a exemplo de Marituba que foi apontada através do Censo 2010 (IBGE) como o município metropolitano brasileiro com maior proporção de aglomerados subnormais, com alarmantes 77% de sua população vivendo em condições de precariedade.

Ademais, o município de Belém foi apontado nos resultados do censo 2010 como sendo a capital com maior percentual de pessoas vivendo em aglomerados subnormais no país, conforme o mapa 5, que demonstra a grande extensão dos aglomerados subnormais, como característica marcante da precariedade na cidade. Sabe-se, entretanto, que a metodologia empregada pelo IBGE para a delimitação dos aglomerados subnormais [6]acaba subdimensionando os já alarmantes dados, uma vez que não contabiliza assentamentos precários de menor porte, como os verificados em localidades de pequenas e médias cidades na Amazônia (BRANDÃO, 2016).

[6] Os chamados aglomerados subnormais, conforme definição do IBGE (2010) são assentamentos compostos por 51 ou mais unidades habitacionais, caracterizadas pela irregularidade fundiária, incluindo também os assentamentos regularizados há menos de dez anos, cuja urbanização esteja fora do padrão convencional, com formato irregular de lotes e arruamento, além da deficiência no fornecimento de serviços de infraestrutura urbana.

Mapa 5 - Aglomerados Subnormais RMB



Fonte: IBGE (2010), COSANPA (2008), IDESP (2014) CPRM (2015)

Pode-se observar no mapa a predominância de aglomerados subnormais nas áreas de baixadas de ocupação mais antiga, nas áreas centrais de Belém, e nas regiões de expansão urbana, estendendo-se pelos demais municípios da RMB, na região de influência dos principais eixos viários. A tabela 2 ilustra a relação entre fatores que compõem o cenário de precariedade nas bacias hidrográficas mais densamente ocupadas na RMB, como baixo percentual de áreas permeáveis e concentração de grande parte de sua população vivendo em aglomerados subnormais.

Bacia	População Estimada (em 2014)	Pop. em Aglom. Subnormais	Densidade (pop./hectare)	Área Permeável	Declividade Média
Estrada Nova	277.611	118.219	296,38	4%	2,4%
Macajatuba	201.633	105.456	35,58	65%	4,5%
Magalhães Barata	13.546	-	154,49	15%	1,8%
Maguari-Açu	203.836	101.133	64,22	21%	1,4%
Maguarizinho	45.181	32.610	61,07	19%	3,0%
Mata Fome	35.375	38.708	62,11	27%	2,9%
Paracuri	134.763	62.221	73,88	23%	2,3%
Pau Grande	5.252	9.434	0,9	93%	2,9%
Tamandaré	30.202	221	130,9	7%	4,5%
Tucunduba	314.586	93.657	269,33	7%	2,5%
Una	505.447	187.987	140,1	5%	1,8%
Média		**74.965**		**26%**	**2,7%**

Tabela 2 - Dados populacionais e físicos das bacias hidrográficas mais populosas da RMB
Fonte: PEREIRA (2008)

A pesquisa “Caracterização e Tipologia de Assentamentos Precários”, realizada em 2016 pelo IPEA com aplicação em diversas metrópoles brasileiras, e desenvolvida na RMB em parceria com o IDESP-PA, revela dados importantes sobre as diferentes formas de ocupação estabelecidas em cada região e apresenta quantitativos referentes a essa situação. No caso da RMB foram identificadas quatro tipologias de assentamentos precários: baixadas, ocupações irregulares, ocupações de conversão de terra rural em urbana e comunidades ribeirinhas. O quadro 2 sintetiza dados quantitativos referentes à concentração de assentamentos precários das diferentes tipologias identificadas, agrupados por bacia hidrográfica da RMB.

Cruzamento entre o recorte espacial dos aglomerados subnormais do IBGE e as bacias hidrográficas da RM de Belém delimitadas até 2010

Bacia hidrográfica	Número de domicílios aglomerados subnormais (2010)	População estimada em aglomerados subnormais (2010)	Aglomerados subnormais 2010/ População estimada em assentamentos precários 2007 (%)
Acaraín	3.690	13.796	72,7
Airi	42.557	164.081	319,7
Armas	1.725	6.849	388,2
Aurá	3.215	1.2764	1562,0
Baiacu	359	1.484	-92,2
Benfica	1.478	6.103	1187,6
Betina	572	2.361	-80,2
Cajé	6.305	26.656	233,4
Das Marinhas	931	4.086	-84,0
Estrada Nova	29.391	118.219	-13,3
Foz do Maguari	9.340	38.031	282,6
Ilhas Menores	1.335	5.513	-91,1
Macajatuba	26.309	105.456	261,5
Maguari-Açú	26.333	101.133	163,4
Maguarizinho	8.479	32.610	28,3
Mari-Mari	1.186	4.674	-81,2
Mata-fome	10.153	38.708	20,1
Mosqueiro	5	17	-99,9
Murubira	4	17	-99,3
Murutucum	11.654	42.547	335,7
Orboquinha	357	1.300	-90,9
Outeiro I	2.631	10.014	-35,8
Outeiro II	1	5	-100,0
Paracuri	16.344	62.221	38,3
Paricatuba	817	3.018	4337,7
São Joaquim	10.880	20.172	-3,3
Taiacuí	307	307	-65,7
Tamandaré	221	221	-22,1
Tauá	181	181	-99,6
Tucum	1.125	1.125	33,9
Tucunduba	34.722	34.722	-54,4
Una	41.814	40.215	-74,3
Total	**294.420**	**898.615**	**1,3**

Baixadas | Ocupações e loteamentos | Ocupações de conversão rural-urbano | Ilhas da RM de Belém

Quadro 3 - Classificação das tipologias de assentamentos precários por bacia na RMB
Fonte: IPEA (2015)

A primeira corresponde à mais antiga tipologia de ocupação precária em Belém, situada em áreas sujeitas a alagamentos, e com certa proximidade às regiões centrais, o que possibilitava o acesso a emprego e serviços urbanos. Atualmente, porém, já se verifica esta tipologia de ocupação também nas áreas de expansão urbana de Belém e nos demais municípios da RMB.

A categoria de ocupações e loteamentos irregulares se caracteriza pela migração da população de baixa renda para as áreas de expansão situadas no entorno de eixos viários importantes, como a Rod. Augusto Montenegro.

A terceira categoria identificada na pesquisa corresponde às ocupações

decorrentes da conversão de terra rural em urbana, estabelecidas nas áreas de influência da Rod. BR-316, - eixo viário que liga os municípios da RMB - em glebas subutilizadas e desprovidas de infraestrutura e oferta de serviços, devido à distância em relação às centralidades urbanas da RMB.

A quarta tipologia corresponde às comunidades ribeirinhas, caracterizadas por assentamentos tradicionais situados às margens dos rios e vinculados à sua dinâmica, que têm recebido crescentemente a influência do modo de vida urbano.

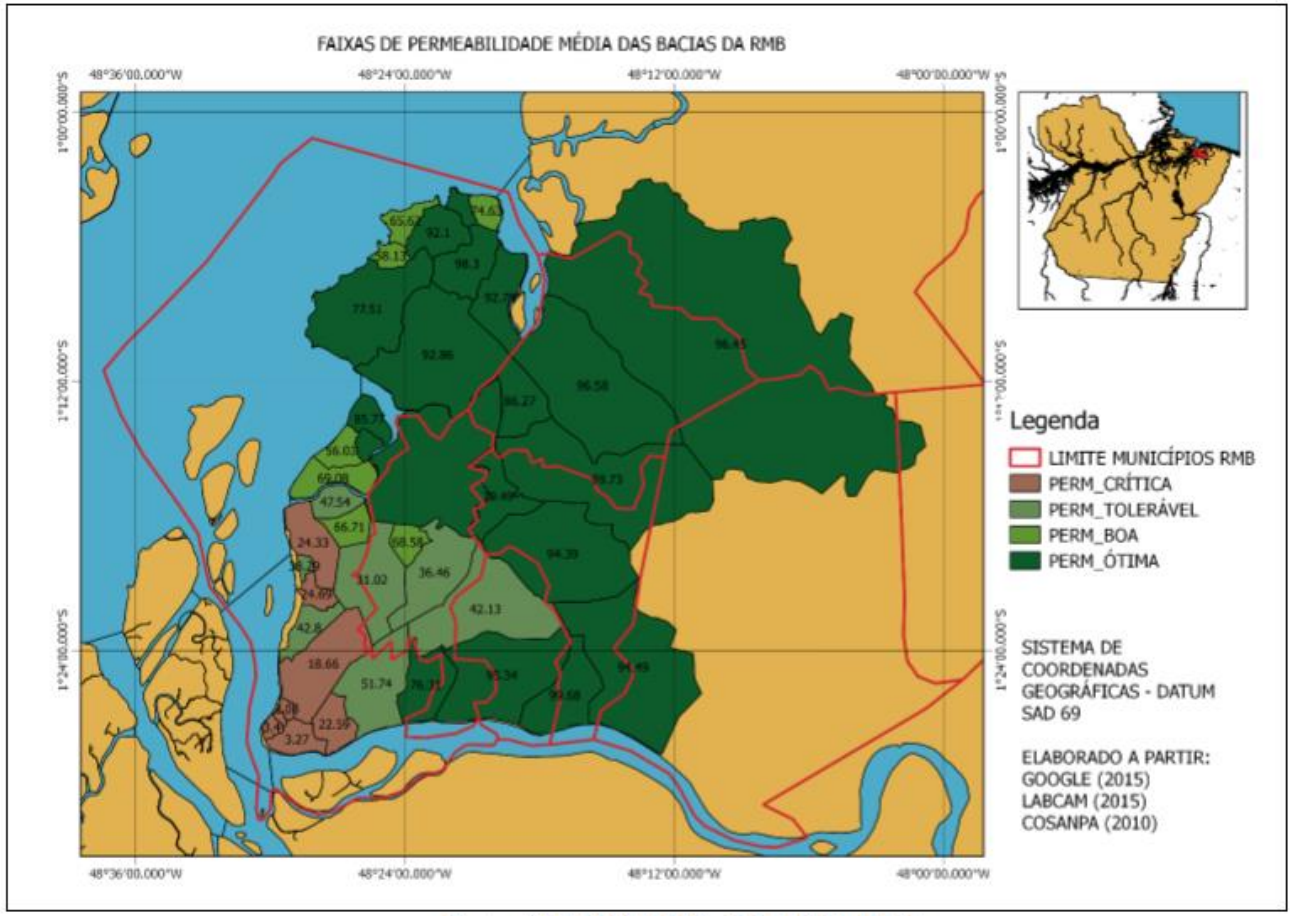
É importante notar que os dados expressos nesta figura são correspondentes a bacias delimitadas pela COSANPA em 2009, diferentes, portanto, dos limites foram revisados para a finalização do plano de esgotamento sanitário da RMB, gerando a atual delimitação, considerada nesta pesquisa. Apesar das diferenças quanto à delimitação das bacias, os dados auxiliam na caracterização do padrão de ocupação predominante em cada porção do território da RMB.

4.1.3. Permeabilidade e cobertura vegetal

A manutenção de áreas permeáveis é uma condição indispensável para o equilíbrio hidrológico das bacias, uma vez que estas áreas possibilitam o processo de infiltração e filtragem das águas, além da percolação, que responde pela recarga dos aquíferos. Conforme Araújo et. al (2011), apenas a preservação das superfícies permeáveis não garante seu máximo desempenho potencial, que deve estar aliado à cobertura vegetal, que auxilia na porosidade do solo.

O mapa 6 se destina à apresentação dos valores percentuais de áreas permeáveis distribuídas nas bacias hidrográficas da RMB. Pode-se observar que as bacias mais próximas da área central de Belém, portanto mais urbanizadas, apresentam alto nível de impermeabilização, em contraposição ao alto percentual de permeabilidade verificado nas bacias dos municípios mais afastados da capital, que ainda apresentam áreas com prevalência de atividades rurais. A representação expressa o enquadramento das bacias segundo faixas de valores de permeabilidade preconizadas por Araújo et. al. (2011) e Schueler (1987).

Mapa 6 - Faixas de permeabilidade média das bacias da RMB



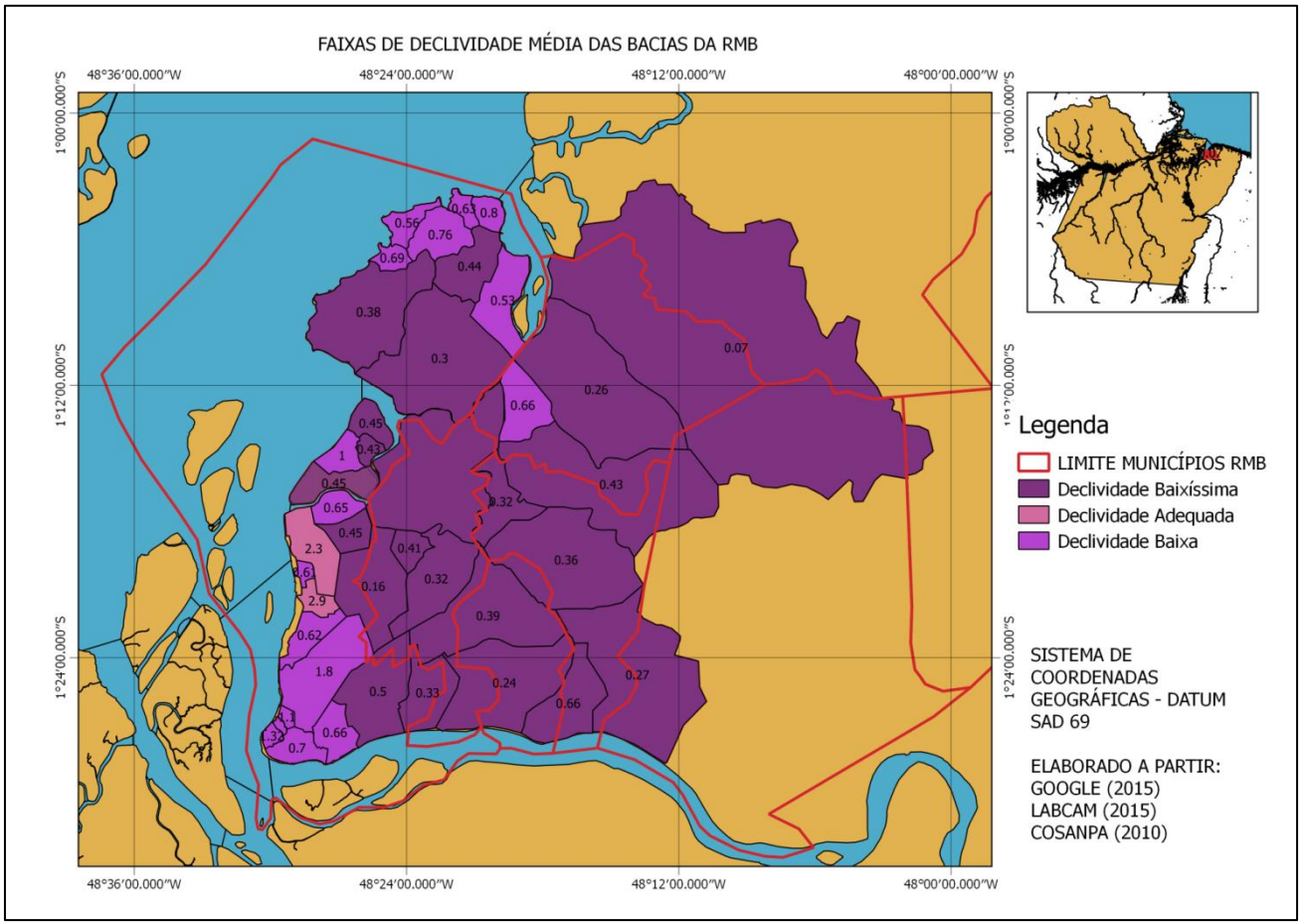
Fonte: LABCAM (2015), COSANPA (2010)

4.1.4. Declividade

O sítio físico da RMB é caracterizado pelas suaves variações topográficas, que transmitem a sensação de um relevo totalmente plano (PENTEADO, 1968). Algumas bacias tiveram sua topografia alterada em função de aterramentos e obras de macrodrenagem, sem, no entanto, resultar em significativo aumento de suas declividades, que, em sua maioria, permanecem abaixo dos valores tecnicamente recomendáveis para o escoamento das águas, conforme preconizado por autores como Mascaró (2008) e Mcharg (1974) ; Araujo et. al.(2011).

O mapa 7 representa as declividades médias por bacia na RMB. Os dados foram produzidos pelo Laboratório Cidades na Amazônia (LABCAM) a partir do cálculo da variação altimétrica no território de cada bacia nos sentidos Norte-Sul, Leste-Oeste, Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste. As bacias foram agrupadas nesta representação, por meio de faixas de declividade correspondentes aos valores baixíssimos, médios e adequados, considerando suas condições de funcionalidade.

Mapa 7 - Faixas de declividade média das bacias da RMB



Fonte: LABCAM (2015), COSANPA (2008)

4.2. Definição de parâmetros de análise

As principais variáveis empregadas na análise das bacias foram: declividade do sítio, percentual de permeabilidade, capilaridade do sistema viário e densidade populacional. A definição de parâmetros para a análise destas variáveis tomou como base as contribuições de autores vinculados à tradição de abordagens ambientalmente "compreensivas" do ambiente urbano, tais como McHarg (1971), Araújo et al., (2011), bem como de autores dedicados ao estudo da viabilidade e custos de implantação de redes de infraestrutura urbana, tais como Mascaró (1997; 2003) e Mascaró e Yoshinaga (2005), sendo necessário, em alguns casos, a adaptação destes valores de referência de acordo com as particularidades locais.

4.2.1. Permeabilidade

A permeabilidade de uma bacia hidrográfica é um importante condicionante para o adequado funcionamento do ciclo hidrológico, estando diretamente vinculado aos efeitos da urbanização, que acarreta a drástica redução de áreas permeáveis, ocasionando a diminuição do volume infiltrado e o aumento do escoamento superficial (ARAÚJO et. al., 2011). Segundo Karmann (2000), a permeabilidade pode ser definida como a capacidade dos materiais em "permitir o fluxo da água através dos poros" o que dependerá de suas dimensões e da conexão entre os mesmos.

A localização das áreas permeáveis em relação ao conjunto da bacia hidrográfica e ao relevo influencia em seus efeitos sobre a dinâmica hidrológica. Conforme Schutzer (2012) a permeabilidade impacta mais significativamente o ciclo hidrológico quando situada em regiões de maior altitude, mais distantes, portanto, do nível dos lençóis freáticos. Esse desempenho positivo se refere tanto à taxa de infiltração quanto à filtragem das águas. Segundo o autor, portanto, a existência de áreas permeáveis em regiões de baixas cotas altimétricas, não representa grande impacto. Da mesma forma, sítios que apresentam alta declividade não possibilitam o aproveitamento total das áreas permeáveis para fins de infiltração das águas.

Por outro lado, pode-se dizer que a região amazônica, com relevo virtualmente plano, altos índices pluviométricos e hidrografia que inclui cursos

d´água de grande porte, possui uma dinâmica particular de escoamento, que favorece a ocorrência de alagamentos e a saturação das áreas mais baixas, sendo, portanto, de fundamental importância a priorização de áreas permeáveis nessas áreas.

Schueler (1987) sinaliza que a criação de apenas 10% de superfícies impermeáveis nas bacias hidrográficas é suficiente para que estas comecem a apresentar sinais de degradação ambiental. Araújo et. al., (2011) indicam como desejável a manutenção mínima de 50% de áreas permeáveis na superfície da bacia, sendo, porém tolerável a preservação de 20% a 25% de permeabilidade em caso de bacias situadas em aglomerados urbanos de médio e grande porte, sendo, portanto, admissível este parâmetro para o contexto da RMB, conforme expresso na tabela 1:

Áreas perneáveis (%)	Classificação
0 a 25%	Crítica
25 a 50%	Tolerável
50 a 75%	Bom
75 a 100%	Ótimo

Tabela 3- Faixas de permeabilidade por bacia

Fonte: Araújo et. al., (2011)

4.2.2. Declividade

A declividade do sítio é um dos fatores determinantes na dinâmica hidrológica das bacias, uma vez que está diretamente ligada à velocidade do escoamento superficial, influenciando, portanto, no tempo de concentração das águas, ou seja, no intervalo de tempo necessário para que a contribuição pluviométrica de toda a bacia hidrográfica, alcance sua seção de saída, no curso d'água principal (KARMANN, 2000).

Este fator torna desejável, em determinados casos, a adoção de medidas estruturais de drenagem urbana, para a aceleração do escoamento das águas, desde que estas estejam inseridas no planejamento da bacia hidrográfica como

sistema, prevendo soluções para o armazenamento temporário do volume excedente da cheia, tais como as bacias de contenção ou detenção.

Em relação à declividade, Mascaró (1997) define como áreas impróprias à ocupação aquelas com declividade inferior a 2%, devido à propensão a problemas de drenagem. As áreas com declividade situada entre 2% a 7% são consideradas planas e, segundo o autor, se adequam a qualquer tipo de uso, havendo ainda as áreas mais indicadas para o bom funcionamento e redução de custos com implantação e manutenção da rede de drenagem, uma vez que estes custos seriam inversamente proporcionais à declividade dos terrenos. Outro critério apontado pelo autor como orientação para a disposição do parcelamento consiste na disposição das vias no sentido perpendicular às curvas de nível, a fim de favorecer o escoamento das águas.

McHarg (1971), por outro lado, realiza uma classificação de faixas de declividade, sendo considerada baixa quando inferior a 5%, moderada entre 5 e 15% e elevada quando situada entre 15 a 25%. Considerando, porém o relevo amazônico caracterizado por suaves declividades, configurando um sítio virtualmente plano, a exemplo do verificado na área de estudo, onde todas as bacias apresentaram declividades inferiores a 3% tais parâmetros tornam-se de difícil aplicação, de modo que serão estabelecidos valores de declividade média ajustados às condições locais, conforme demonstrado abaixo na tabela 4:

Faixas de declividade	Classificação
0 a 1,99%	Baixa
2 a 2,5%	Funcional
2,5% e acima	Adequada

Tabela 4- Caracterização das faixas de declividade, entre bandas de valor baixo e médio

Fonte: McHarg (2000); Mascaró (2003)

4.2.3. Capilaridade

A capilaridade do sistema viário é um critério importante para caracterizar as condições de acessibilidade dos assentamentos urbanos e de adensamento da

ocupação (MASCARÓ, 2003). Valores elevados de capilaridade são indicativos de grande extensão de sistema viário e, portanto, de superfícies impermeáveis, representando impacto negativo ao balanço hídrico das bacias. Além do componente ambiental, a capilaridade pode ser um indicador de acessibilidade espacial do traçado urbano (PONTE et. al., 2016).

Estudos recentes realizados no Laboratório Cidades na Amazônia (LABCAM), se dedicaram à investigação das relações proporcionais nos arranjos de quadras e vias e possibilitaram a proposição de parâmetros de capilaridade aplicáveis à RMB, os quais são empregados nesta pesquisa e estão expressos na tabela abaixo:

Tabela 5 - Faixas de valores de capilaridade

Capilaridade (km/ha)	Classificação
0 a 0,14	Baixo adensamento
0,15 a 0,25	Adequado
Acima de 0,25	Alto adensamento

Fonte: LABCAM (2015)

4.2.4. Densidade Populacional

A definição de valores ideais de densidade populacional é uma tarefa complexa, para a qual ainda não há consenso e que deve considerar as particularidades locais em termos de origens sociais e étnicas, além das condições econômicas da população (ACIOLY; DAVIDSON, 1998). Além disso, os níveis de densidade, defendem os autores, devem ser viáveis economicamente, propiciar o desenvolvimento humano e estar ajustados aos valores culturais.

Acioly e Davidson (1988) defendem ainda que as soluções de desenho urbano devem maximizar o aproveitamento do solo e das redes de infraestrutura, tendo em vista serem recursos essenciais da cidade. Nestes termos, visando condições de retorno dos investimentos em infraestrutura, Mascaró (1987), recomenda uma densidade de 600 hab/ha, não sendo possível, entretanto, a aplicação indiscriminada destes valores nos diferentes contextos urbanos, uma vez que elevadas densidades populacionais poderiam sobrecarregar as redes de

infraestrutura.

A este respeito, pode-se dizer que as bacias hidrográficas situadas em áreas de baixada na RMB, embora não atinjam estes valores de densidade, apresentam níveis de adensamento populacional e construtivo elevados diante da precariedade infraestrutural e das características morfológicas e climáticas da região, e que sua elevação pode agravar este cenário, inclusive no que se refere às condições de salubridade locais (CARDOSO, 2007).

Santos (2015), ao estudar um conjunto de oito bacias pertencentes à área de expansão urbana do entorno da Rod. Augusto Montenegro, estabelece um parâmetro de densidade populacional adaptado ao contexto local, a partir dp qual são consideradas densidades baixas valores de até 60 hab/ha; densidades médias para valores entre 61 hab/ha e 139 hab/ha, e densidades altas a partir de 140 hab/ha.

Para este estudo, serão adotados os seguintes valores de densidade populacional, expressos na tabela 6:

Tabela 6 - Faixas de densidade populacional

Densidade populacional (hab/ha)	Classificação
Até 45 hab/ha	baixa
Entre 45 e 120 hab/ha	moderada
Acima de 120 hab/ha	alta

Fonte: Acioly e Davidson (1988); Mascaró (2008), Santos (2017)

4.3. Análise das bacias

Em virtude da localização das bacias hidrográficas em relação ao conjunto metropolitano, é possível notar sua inserção em dinâmicas de ocupação semelhantes e a existência de padrões relacionados às variáveis utilizadas, em função dos quais foi possível o seu agrupamento, conforme listado abaixo:

1) Tamandaré, Magalhães Barata e Reduto
2) Estrada Nova, Tucunduba
3) Una

4) Val-de-Cans, Mata-Fome, Cajé e Paracuri

5) Outeiro, Ananin e Maguarizinho

6) Arari, Maguari-Açu, Macajatuba e Murutucum

7) Pau grande, Oriboquinha, Taiacuí e Aurá

8) Itaiteua, Água Boa, Outeiro Oeste, Outeiro Norte

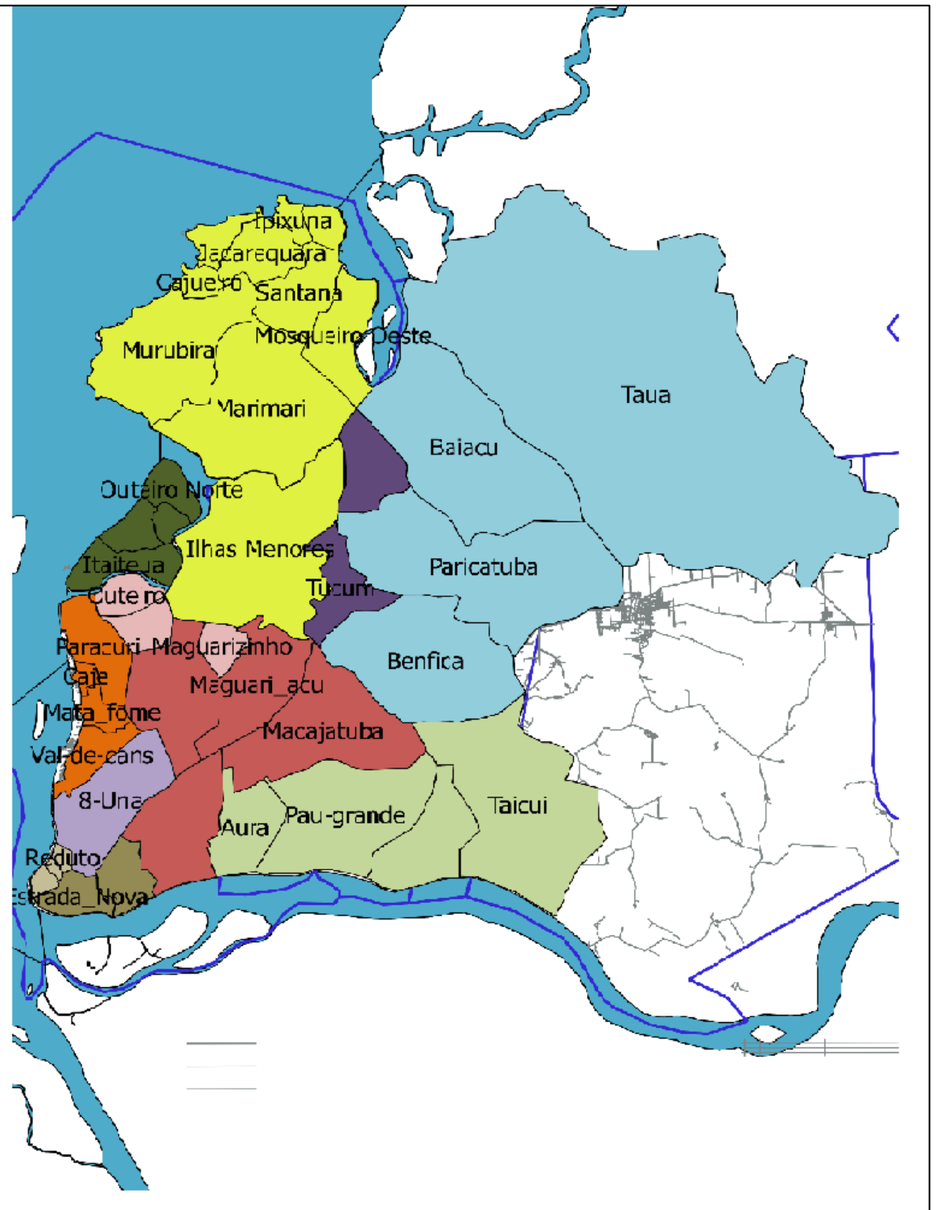
9) Cajueiro, Carananduba, Murubira, Santana, Jacarequara, Ipixuna, ,Irapará, Marimari, Mosqueiro Oeste e Ilhas Menores

10) Tucum e das Marinhas

11) Benfica, Paricatuba, Baiacu e Tauá

Figura 12 - Agrupamento das bacias para a análise

Localização	Nome	Decliv. Média (%	Capilar. (Km/Ha	Permeab. (%)	Dens. Pop. (Hab/H	Características gerais
Área central	Tamandaré	1,32	0,063	3,40	130,9	Área de ocupação consolidada e predominantemente formal, com maior disponibilidade de infraestrutura
Área central	Magalhães Barata	1,76	0,166	5,79	154,49	
Área central	Reduto	1,10	0,154	2,08	78,25	
Baixada Rio Guamá	Estrada Nova	0,70	0,160	3,27	296,38	Área de ocupação predominantemente informal, com grande concentração de assentamentos precários , situada na porção Sul de Belém
Baixada Rio Guamá	Tucunduba	0,66	0,136	22,59	269,33	
Baixada Baia do Guajará	Una	1,80	0,140	18,66	140,1	Área de ocupação predominantemente informal, com grande concentração de assentamentos precários, estendendo-se desde a área central à área de expansão urbana de Belém
Expansão Augusto Montenegro	Val-de-Cans	0,62	0,101	42,80	68,78	Área de ocupação predominantemente informal, com grande concentração de assentamentos precários , situada na área de expansão urbana, na porção Norte de Belém
Expansão Augusto Montenegro	Mata-Fome	2,90	0,100	24,69	62,11	
Expansão Augusto Montenegro	Cajé	0,61	0,070	38,29	148,58	
Expansão Augusto Montenegro	Paracuri	2,30	0,090	24,33	73,88	
Expansão Rio Maguari	Outeiro	0,65	0,040	47,54	43,37	Predominância de um padrão rural de ocupação, com avanço de assentamentos precários, situadas na área de expansão urbana, na porção Norte de Belém
Expansão Rio Maguari	Ananin	0,45	0,040	66,71	28,04	
Expansão Rio Maguari	Maguarizinho	0,41	0,040	68,58	61,07	
Expansão BR-316	Arari	0,16	0,110	31,02	69,55	Área com ampla variedade de tipologias de ocupação formaol e informal, com grande concentração de assentamentos precários , situada na área de expansão em direção aos municípios contíguos a Belém
Expansão BR-316	Maguari-Açu	0,32	0,090	36,46	64,22	
Expansão BR-316	Macajatuba	0,39	0,060	42,13	35,58	
Expansão BR-316	Murutucum	0,50	0,040	51,74	27,56	
Expansão Marituba	Pau-Grande	0,24	0,009	95,34	0,9	Predominância de um padrão rural de ocupação, com avanço de assentamentos precários, situadas na área de expansão urbana, em direção aos municípios contíguos a Belém
Expansão Marituba	Oriboquinha	0,66	0,001	99,68	0,28	
Expansão Marituba	Taicuí	0,27	0,008	94,49	1,89	
Expansão Marituba	Aurá	0,33	0,010	76,31	13,41	
Outeiro	Itaiteua	0,45	0,050	69,08	13,56	Predominância de um padrão rural de ocupação, com avanço de assentamentos precários, situadas no Distrito Administrativo de Outeiro, em Belém
Outeiro	Água Boa	1,00	0,060	56,03	5,75	
Outeiro	Outeiro Oeste	0,43	0,013	87,25	1,12	
Outeiro	Outeiro Norte	0,45	0,002	85,77	0,46	
Mosqueiro	Cajueiro	0,69	0,070	58,13	4,89	Predominância de um padrão rural de ocupação, com avanço de assentamentos precários, situadas no Distrito Administrativo de Mosqueiro, em Belém
Mosqueiro	Carananduba	0,56	0,040	65,62	42,67	
Mosqueiro	Murubira	0,38	0,023	77,51	2,14	
Mosqueiro	Santana	0,44	0,000	98,30	0,01	
Mosqueiro	Jacarequara	0,76	0,022	92,10	3,34	
Mosqueiro	Ipixuna	0,63	0,020	85,39	3,62	
Mosqueiro	Irapará	0,80	0,030	74,63	3,15	
Mosqueiro	Marimari	0,30	0,002	92,86	0,17	
Mosqueiro	Mosqueiro Oeste	0,53	0,000	92,78	0,01	
Mosqueiro	Ilhas Menores	-	-	-	-	
Expansão Benevides	Tucum	0,32	0,013	79,49	3,59	Predominância de um padrão rural de ocupação, com avanço de assentamentos precários, situadas na área de acesso ao Distrito de Mosqueiro
Expansão Benevides	Das Marinhas	0,66	0,008	86,27	1,71	
Bacias Rurais	Benfica	0,36	0,010	94,39	3,5	Predominância de um padrão rural de ocupação, situadas nos municípios de Benevides e Santa Bárbara
Bacias Rurais	Paricatuba	0,43	0,005	99,73	1,08	
Bacias Rurais	Baiacu	0,26	0,004	96,58	0,42	
Bacias Rurais	Tauá	0,07	0,002	96,45	0,61	



Elaboração da autora (2018)

4.3.1. Bacias Hidrográficas da Tamandaré, Magalhães Barata e Reduto

Situadas na porção urbana mais consolidada de Belém, as bacias da Tamandaré, Magalhães Barata e Reduto foram agrupadas em função da similaridade de seu padrão de ocupação, que produziu características semelhantes em termos de supressão de cobertura vegetal e criação de superfícies impermeáveis, e consequentemente de suas dinâmicas hidrológicas, além de apresentarem perfil socioeconômico aproximado.

A bacia da Tamandaré está situada na área do núcleo inicial de ocupação de Belém e compreende os bairros da Cidade Velha, Campina e parte de Batista Campos, que, possuem população de classe média, não havendo registros de aglomerados subnormais em seu território. Apesar disso, a bacia possui assentamentos precários de menor porte, não computados, portanto, pela metodologia do IBGE, situados às proximidades da orla, na área de desembocadura do curso d'água principal da bacia, atualmente canalizado, na confluência entre o rio Guamá e a Baía do Guajará.

Essa região da bacia encontra-se na divisa com o bairro do Jurunas, de ocupação mais adensada e precária, sendo possível observar nessas áreas a presença de vielas entrecortando as quadras e produzindo um padrão mais intenso de ocupação do solo, evidenciado pela distribuição populacional por setor censitário. Os dados do Censo Demográfico do IBGE (2010) atestam maior densidade populacional nos setores censitários correspondentes a essa região da bacia, em contraposição à menor densidade registrada nos setores do restante do território, resultando no valor de 130,9 hab/ha para o conjunto de sua extensão.

Dada a localização da bacia na região do Centro Histórico de Belém, seu arruamento é composto por vias estreitas, segundo o padrão herdado do período colonial, estando o traçado das vias parcialmente associado à orientação do relevo, em especial na porção situada ao Norte da bacia, onde as quadras se aproximam do formato quadrangular, com baixa capilaridade, em torno de 0,063 km/ha. No século XIX, a bacia foi alvo da primeira grande intervenção de drenagem efetuada em Belém; o ensecamento do alagadiço do Piri, o que possibilitou a interligação da aglomeração urbana inicial ao restante do território.

Conforme pode ser constatado na ilustração da figura 13, mais da metade

do território da bacia constitui-se de áreas alagáveis, sendo este cenário agravado por sua baixa declividade, de apenas 1,32%. Constata-se ainda o baixo percentual de áreas permeáveis na bacia, somando apenas 3,4% de sua extensão, concentradas principalmente nas cotas de média altitude, das quais boa parte corresponde a praças e a alguns quintais remanescentes nas áreas de ocupação mais antiga, em sua maioria, já desprovidos de cobertura vegetal. Ademais, a alta densidade construtiva dos lotes quase totalmente ocupados, somada à carência de recuos nas edificações, bem como a reduzida caixa de via, dificulta a existência de áreas livres vegetadas e a arborização das vias.

O conjunto de fatores apontados mostra-se desfavorável ao adequado desempenho das funções urbanístico-ambientais da bacia, de modo que a predisposição natural a alagamentos e as dificuldades de escoamento tendem a ser ampliadas em função da forma de ocupação empreendida no território.

A bacia hidrográfica Magalhães Barata, foi ocupada historicamente por atividades industriais, atualmente em declínio, além de abrigar o porto de Belém. Seu território corresponde ao bairro do Reduto e parte do bairro de Nazaré, estando situada na fronteira com a bacia do Reduto, na qual está inserido o bairro do Umarizal, que possui dinâmica bastante diversa do primeiro, sendo um dos espaços de atuação mais incisiva do mercado imobiliário local. A bacia apresenta densidade populacional de 154,49hab/ha, valor elevado em comparação às bacias do entorno, o que pode ser atribuído à verticalização.

A malha urbana da bacia obedece a um padrão predominantemente ortogonal, com quadras de formato aproximadamente retangular, exceto ao adentrar o bairro de Nazaré, no qual se verifica a transição das quadras ao formato quadrado e de maior dimensão, com lotes de grande profundidade, e, em alguns casos, com a inserção de vias de penetração aos miolos de quadra. A capilaridade do sistema viário na bacia alcança o valor médio de 0,166 km/ha,

A mancha de alagamento verificada na bacia se estende ao longo da área de mais imediata influência do curso d’água principal, alcançando cerca de 50% do seu território. Sua declividade é bastante suave, alcançando apenas 1,79%.

As áreas permeáveis da bacia correspondem a 5,79% de sua extensão e se restringem, em sua maioria, a praças, quintais ou terrenos baldios, além dos corredores de arborização urbana presentes em algumas vias do bairro de Nazaré,

e estão situadas predominantemente nas áreas de crista.

A exemplo das demais bacias situadas na região consolidada de Belém, o alto grau de impermeabilização das superfícies, associado à localização das poucas áreas permeáveis e vegetadas, contribui para um desempenho deficitário no que se refere à capacidade de ajustamento do balanço hídrico.

A bacia hidrográfica do Reduto possui como curso d'água principal o atual canal da Av. Visconde de Souza Franco, a principal via do bairro do Umarizal, que atualmente é o espaço mais valorizado pelo mercado imobiliário na cidade. Essa característica torna o território da bacia altamente impermeabilizado, e lhe confere um padrão de ocupação intensivo e verticalizado, o que aumenta a saturação das redes de infraestrutura, sendo comum a ocorrência de alagamentos na região.

Embora seja alvo de intensa valorização imobiliária, a bacia possui densidade populacional de 78,25hab/ha, bastante inferior, por exemplo, à verificada na bacia Magalhães Barata, que lhe é adjacente e cuja dinâmica atual tende ao esvaziamento dos diversos usos. Tal fato pode estar relacionado à concentração de usos relacionados aos setores de comércio e serviços no bairro do Umarizal, o que contribui para a descaracterização das condições de adensamento populacional.

As ações de macrodrenagem efetuadas na década de 1970 ensejaram profundas transformações nas formas de ocupação e perfil populacional da bacia, que originalmente era composto de população de baixa renda, dadas as condições do sítio físico, propenso a alagamentos. Apesar do processo de gentrificação ocorrido em seu território, a bacia apresenta ainda pequenos assentamentos precários inseridos em vielas e nas áreas próximas à orla, não contabilizados pela metodologia do IBGE, que condiciona a classificação de tais assentamentos como aglomerados subnormais à existência de um quantitativo mínimo de 51 domicílios em condições de precariedade.

O parcelamento da bacia é condicionado pelo curso d'água principal e pela configuração do sítio físico, que neste ponto sofre uma rotação, acompanhando a disposição das margens da baía do Guajará. As quadras tendem ao formato quadrangular e, em sua maioria, possuem vias de penetração, com capilaridade média, de 0,164 km/ha, seguindo um padrão considerado adequado para o contexto da RMB.

Apesar das intervenções de macrodrenagem efetuadas na bacia, cerca de 50% do seu território é suscetível a alagamentos, em função das baixas cotas altimétricas, o que é agravado pela baixa declividade do sítio, de apenas 1,1%. As poucas áreas permeáveis existentes na bacia somam 2,06% de sua superfície e concentram-se prioritariamente em sua região de crista, correspondendo a áreas internas aos lotes, à arborização de alguns corredores viários e a pequenas praças.

Pode-se dizer, por fim, que o conjunto das bacias da Tamandaré, Magalhães Barata e Reduto apresentam um padrão deficitário de escoamento das águas em função da acentuada impermeabilização do solo, associada às baixas declividades de sítio. Somado a estes fatores, têm-se o fato de que as citadas bacias recebem influência de uma porção urbana mais elevada, correspondente ao divisor de águas entre as bacias da Tamandaré e de Magalhães Barata, ao qual Penteado (1968) denomina de “segundo nível” de Belém, situado entre as cotas de 10m a 15m, coincidindo com o eixo da Av. Presidente Vargas.

Por outro lado, o divisor de águas entre as bacias Magalhães Barata e do Reduto, auxiliado pelo parcelamento ortogonal orientado no sentido perpendicular às curvas de nível, direciona o escoamento das águas para ambas as bacias, favorecendo a ocorrência de picos de cheia nas áreas a jusante.

Figura 13 - Bacias da Tamandaré, Magalhães Barata e Reduto

Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

4.3.2. Bacias hidrográficas da Estrada Nova e do Tucunduba

As bacias da Estrada Nova e do Tucunduba foram agrupadas nesta análise pelo fato de constituírem áreas de ocupação antiga, iniciada entre as décadas de 1930 e 1980, situadas próximo à região central de Belém e compostas em grande parte por áreas de baixada, como estratégia locacional da população de baixa renda, a qual, em que pese as condições precárias de moradia, teria acesso facilitado ao emprego e serviços urbanos, com menor custo de transportes (LEÃO, 2013).

A bacia hidrográfica da Estrada Nova possui a maior densidade populacional dentre as bacias da RMB (296,38 hab/ha), compreendendo alguns dos bairros mais populosos de Belém, como Condor, Jurunas, Cremação e parte do Guamá, que correspondem à grande extensão de aglomerados subnormais que alcança cerca de 50% do território da bacia, especialmente em sua porção Sul, em direção à qual se nota o avanço das condições de precariedade. A porção Norte da bacia engloba parte dos bairros de Batista Campos, Nazaré e São Brás, de perfil socioeconômico bastante diverso do restante de seu território.

É notável a diferenciação do padrão de parcelamento ao longo da extensão da bacia, visto que a malha predominantemente ortogonal assume características mais orgânicas em função da proximidade das áreas alagáveis. A capilaridade do sistema viário na bacia é de 0,160 km/ha, enquadrando-se, portanto, no que seria considerado adequado segundo parâmetros locais, sendo um valor incomum para áreas que concentram aglomerados subnormais (PONTE et. al., 2017).

Na ilustração da figura 14 é possível notar a grande extensão da mancha de alagamento que recobre quase a totalidade da bacia, com impacto mais significativo em sua porção Sul, que possui cotas altimétricas mais baixas e menor disponibilidade de áreas permeáveis. A bacia possui declividade abaixo do desejável, com apenas 0,70%, a exemplo do padrão predominante na RMB.

Como resultado da ocupação altamente adensada, a bacia sofreu considerável impermeabilização de suas superfícies, possuindo atualmente a menor taxa de permeabilidade verificada entre as bacias da RMB, com apenas 3,27%, estando a maior parte destas áreas já desprovida de cobertura vegetal. É possível notar a concentração das áreas permeáveis e vegetadas da bacia nas áreas de topografia mais elevada, que coincidem com sua porção Norte.

Em termos da funcionalidade do escoamento das águas, pode-se dizer que a ínfima quantidade de áreas permeáveis no território da bacia, bem como sua localização predominante nas áreas de crista, associada ainda à baixa declividade do sítio, reforça a tendência a alagamentos, de modo que se torna justificável nesse caso a adoção de soluções de aceleração do escoamento das águas, combinadas com o direcionamento das águas a estruturas de amortecimento do volume das cheias.

A bacia hidrográfica do Tucunduba é uma das mais precárias da RMB, na qual se verifica vasta extensão de aglomerados subnormais, majoritariamente inseridos em áreas alagáveis, que se estendem por mais de 50% do território da bacia. Dentre os sete bairros que a compõem, alguns apresentam alto grau de precariedade como Canudos, Terra Firme, Guamá e parte do bairro do Marco, conforme atesta a alta densidade populacional da bacia, equivalente a 269,33 hab/ha.

O parcelamento urbano da bacia encontra-se dividido entre o padrão ortogonal herdado do Plano Nina Ribeiro, verificado na porção correspondente ao bairro do Marco, em contraposição à configuração orgânica que este assume na medida em que se aproxima da porção Sul da bacia, decorrente da aproximação com os cursos d'água tributários ao Tucunduba, que entrecortam o território da bacia, e das áreas alagáveis situadas em sua zona de influência. O parcelamento urbano na bacia possui capilaridade de 0,136 km/ha, sendo um valor inferior ao recomendável, conforme os parâmetros empregados nesta pesquisa, o que representa um valor abaixo do comumente verificado nas áreas que abrigam grande extensão de aglomerados subnormais. Em certa medida, esta característica pode ser atribuída à significativa porção do território da bacia composta por áreas verdes institucionais.

Como pode ser observado na figura 14, a mancha de alagamento alcança quase a totalidade da bacia, em especial as áreas de sua porção Sul, mais diretamente influenciadas pela presença dos cursos d'água. A vasta extensão da área alagável está diretamente relacionada à baixíssima declividade da bacia (0,66%), prejudica o escoamento das águas. O percentual de permeabilidade de 22,5%, embora esteja abaixo do recomendável por autores como Schueler,(1987) e Araújo et. al. (2011), corresponde a um valor superior à maior parte das bacias situadas próximas à zona central de Belém, estando tais áreas, em geral concentradas nas

regiões mais elevadas da bacia, em desconformidade com o que seria preferível do ponto de vista da capacidade de infiltração das águas, uma vez que a concentração da permeabilidade nas áreas de vale da bacia é proporcionalmente mais eficiente que sua localização na crista.

Ademais, é importante citar que as áreas permeáveis da bacia se encontram restritas a terrenos de uso institucional, enquanto que os assentamentos que ocupam a maior parte do território apresentam alto grau de impermeabilização, em função da alta densidade da ocupação. As restrições espaciais decorrentes do adensamento construtivo se tornam um fator limitante para a implantação de medidas de recuperação ambiental da bacia, a exemplo das soluções de infraestrutura verde.

Apesar da adensada ocupação e do nível de degradação urbanístico-ambiental verificado na bacia, é possível o planejamento de ações direcionadas à sua requalificação, a exemplo da tentativa (inconclusa) de intervenção de macrodrenagem iniciada em 1999, que inicialmente se propunha a incorporar diretrizes ambientalmente compreensivas, que, no entanto, foram abandonadas em decorrência de mudanças de concepção conforme a alteração da gestão municipal.

Ademais, pode-se constatar que as duas bacias recebem o volume do escoamento superficial vindo da porção de terras anteriormente citada, denominada por Penteado (1968) como “segundo nível” de Belém, a qual se estende desde a Av. Presidente Vargas, até as avenidas Nazaré e Magalhães Barata, alcançando, por fim, a Av. Almirante Barroso, e se constitui como divisor de águas entre as bacias. Esta porção de terras e suas áreas adjacentes possuem padrão de parcelamento predominantemente ortogonal, o que contribui para a redução do tempo de escoamento, ampliando os efeitos de elevação do pico de cheia a jusante, agravado ainda pelos sucessivos aterramentos realizados nas áreas de baixada ao longo dos anos, a fim de viabilizar sua ocupação, que resultaram em redução da capacidade de infiltração das águas nessas regiões.

Figura 14 - Bacias da Estrada Nova e Tucunduba

Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

4.3.3. Bacia Hidrográfica do Una

A bacia do igarapé do Una é a mais extensa de Belém, sendo também a mais populosa da RMB, com mais de 500 mil habitantes, o que, entretanto, não se reflete claramente no valor de densidade populacional da bacia, que alcança o valor de 119 hab/ha, classificado como moderado segundo os parâmetros adotados nesta pesquisa. Este valor de densidade, pouco elevado em comparação com o verificado em outras bacias da porção consolidada de Belém, pode ser atribuído às grandes dimensões da bacia e a presença de vastas áreas verdes de uso institucional.

A bacia recebeu entre as décadas de 1980 e 2000 um grande projeto de macrodrenagem, que embora tenha resultado em melhorias no sistema viário e de drenagem, não impediu que ainda hoje a bacia mantivesse características graves de precariedade, com grande extensão de aglomerados subnormais.

O formato alongado da bacia se estende em direção à porção Norte da cidade com progressiva elevação de suas cotas em direção à área de expansão urbana de Belém e parte do município de Ananindeua, região onde estão situadas grandes áreas verdes institucionais que podem auxiliar na diminuição dos impactos do escoamento superficial a jusante.

O parcelamento da bacia é bastante heterogêneo, inclusive em decorrência de sua grande extensão. Uma significativa parte de seu território corresponde aos bairros do Marco e Pedreira, que tiveram seu arruamento parcialmente orientado pelo Plano Nina Ribeiro, apresentando padrão ortogonal. Esse padrão é, no entanto, descaracterizado ao alcançar as áreas alagáveis, assumindo configuração orgânica, nas áreas de assentamentos precários situadas às proximidades dos igarapés do Una, São Joaquim e Água Cristal. A capilaridade do sistema viário é de 0,140 km/ha, abaixo, portanto, da proporção considerada adequada conforme os parâmetros locais.

Na porção Norte da bacia, correspondente à área vinculada ao eixo de expansão da Rod. Augusto Montenegro, é possível notar a desarticulação entre as diferentes tipologias de parcelamento existentes, sendo todas altamente dependentes do eixo viário principal para a conexão com as demais áreas da cidade, inclusive com as de seu entorno imediato. Dentre as tipologias presentes

na região, pode-se citar os conjuntos habitacionais e condomínios horizontais de alto padrão, com tendência a um parcelamento mais ortogonal, e as áreas de ocupação irregular, que tendem à organicidade.

Conforme ilustrado na figura 15, as grandes extensões de áreas alagáveis existentes ao longo da bacia têm esta característica reforçada em função da baixa declividade do sítio, de apenas 1,8% e coincidem com as áreas de ocupação mais adensada, correspondentes aos aglomerados subnormais.

As áreas permeáveis da bacia correspondem a cerca de 19% de sua área total, percentual que, embora esteja abaixo do desejável, representa um valor expressivo quando comparado às demais bacias das regiões de ocupação consolidada de Belém. Essas áreas, em sua maioria, estão concentradas na porção Norte da bacia, que possui cotas altimétricas mais elevadas, em especial a partir da Segunda Légua Patrimonial, estando situadas em áreas pertencentes a terrenos de acesso restrito, como o parque ecológico de Belém e áreas de domínio militar.

A cobertura vegetal das citadas áreas permeáveis encontra-se significativamente preservada, o que contribui para o desempenho ambiental da bacia, uma vez que a disposição da matéria orgânica produzida pela vegetação sobre a superfície amplia a capacidade de infiltração das águas, comparativamente às áreas permeáveis com solo exposto (ARAÚJO, et. al., 2011).

Relativamente ao conjunto das bacias estudadas nesta seção, pode-se concluir que o padrão de ocupação estabelecido, com alta impermeabilização do solo e escassez de áreas permeáveis e vegetadas, decorrente do elevado adensamento populacional e construtivo, associado às baixas declividades do sítio, produz condições desfavoráveis à manutenção do equilíbrio hidrológico das bacias.

É possível observar ainda a correspondência entre a localização das áreas alagáveis, a concentração de aglomerados subnormais e a tendência a um padrão de parcelamento menos regular, que diminui a velocidade de escoamento das águas em função das mudanças de direção no arranjo de vias (MASCARÓ, 2003).

Figura 15- Bacia Hidrográfica do Una

Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

.4.3.4. Bacias Hidrográficas de Val-de-Cans, Cajé, Mata-Fome e Paracuri

Estas bacias apresentam como similaridades o fato de preservarem percentuais aceitáveis de áreas permeáveis – todos superiores a 24% - apresentarem percentuais de declividade mais elevados em comparação com o padrão predominante na RMB, possuírem baixo adensamento populacional, embora haja vasta extensão de aglomerados subnormais em seu território, além do fato de compreenderem regiões periféricas da cidade, situadas na área de influência da Rod. Arthur Bernardes, que conduz ao Distrito de Icoaraci, na área de expansão urbana da capital.

A bacia hidrográfica de Val-de-Cans é composta por áreas pertencentes a diversos bairros, sendo sua maior extensão localizada no bairro de mesmo nome, onde está situado o Aeroporto Internacional de Belém. A presença deste equipamento e das restrições por ele impostas à ocupação das áreas adjacentes, explica a baixa densidade populacional da bacia (68,78%), também influenciada pela presença de grandes extensões de terras destinadas ao uso industrial e portuário, ao longo da Rod. Arthur Bernardes, que margeia a Baía do Guajará. Dentre as áreas destinadas ao uso habitacional existem consideráveis porções classificadas como aglomerados subnormais, em especial nos bairros de Val-de-Cans e Benguí.

O parcelamento urbano da bacia é visivelmente desarticulado em função da barreira morfológica correspondente ao aeroporto, e compreende diferentes tipologias, desde a morfologia de padrão irregular dos assentamentos precários, à malha ortogonal de condomínios horizontais de alto padrão e conjuntos habitacionais. A capilaridade é de 0,101 km/ha.

A bacia hidrográfica de Val-de-Cans apresenta um percentual de permeabilidade de cerca de 40%, o que representa um percentual muito superior ao encontrado nas demais bacias do município de Belém. Para a melhoria do desempenho ambiental da bacia, seria desejável, a adequada distribuição destas áreas permeáveis ao longo de todo o seu território, entretanto, verifica-se a concentração da permeabilidade no interior do território do aeroporto, ou nos seus arredores, em regiões de cotas altimétricas de média altitude. A baixa declividade do sítio físico da bacia, de apenas 0,62% dificulta o escoamento das águas.

Recentemente algumas destas áreas permeáveis foram suprimidas em virtude da implantação de um grande empreendimento imobiliário ainda a ser concluído, composto de um conjunto de condomínios residenciais de um grande *shopping center*. Esse empreendimento e outros condomínios de alto padrão situados na mesma bacia hidrográfica usufruem dos benefícios da localização junto à Av. Independência, importante eixo viário para acesso ao centro de Belém bem como dos municípios de Ananindeua e Marituba, além da vantagem de estar situado às proximidades do Parque Ecológico Gunnar Virgren.

A bacia do Mata-fome compreende parcialmente os bairros de São Clemente, Pratinha, Parque Verde e Tapanã, mesclando diversos usos, desde as atividades industriais e portuárias situadas nos arredores da Rod. Arthur Bernardes, que liga a área central de Belém ao Distrito de Icoaraci, passando pelo uso habitacional, que combina assentamentos precários, situados nas proximidades do igarapé Mata-fome e condomínios de classe média e populares, situados nas áreas de influência das rodovias Augusto Montenegro e do Tapanã. Possivelmente o fato de possuir grandes áreas não destinadas ao uso habitacional, repercuta na baixa densidade verificada na bacia, com 62hab/ha.

Seu parcelamento urbano é predominantemente composto de quadras de tamanho reduzido e formato retangular, sendo que grande parte de seu território é classificado como aglomerado subnormal, dos quais, boa parte situa-se em áreas alagáveis sob influência do curso d'água principal da bacia, o igarapé do Mata-Fome. A capilaridade na bacia é de 0,100 km/ha.

A bacia do Mata-Fome possui o maior índice de declividade dentre as bacias da RMB, com 2,9%, o que, segundo Mascaró (2005), seria classificado como um sítio plano e adequado a quaisquer usos.

O percentual de permeabilidade da bacia alcança 25%, sendo composto por áreas pertencentes ao território do aeroporto de Belém, e a terrenos lindeiros à Rod. Augusto Montenegro, remanescentes dos antigos usos agrícolas da região, que atualmente constituem reserva de terras do mercado imobiliário. Tais áreas estão predominantemente concentradas nas áreas de crista da bacia.

Na bacia hidrográfica do Cajé percebe-se um padrão de parcelamento diferenciado em relação às bacias do entorno, com malha reticulada e grandes quadras de formato retangular, com proporção aproximada de 1:4, em geral com

pequenas vias de penetração, que não chegam a entrecortá-las, e em boa parte resguardam seu miolo ainda impermeável, em alguns casos apresentando vegetação arbórea. Embora o padrão de parcelamento regular da bacia sugira tratar-se de áreas de ocupação formal, a totalidade do seu território é classificada como aglomerado subnormal. A capilaridade é 0,070 de km/ha.

As áreas alagáveis da bacia concentram-se predominantemente nas regiões próximas à Rod. Arthur Bernardes, onde estão situados usos industriais e portuários, atingindo parcialmente as porções centrais da bacia e não alcançando as áreas próximas à Rod. Augusto Montenegro.

Sua permeabilidade média chega a 38%, um percentual elevado em comparação com as demais bacias de Belém, embora ainda esteja abaixo do nível desejável. É possível notar que grande parte das áreas permeáveis não possuem cobertura vegetal, o que altera seu potencial de desempenho frente ao equilíbrio hidrológico da bacia, já prejudicado pela baixa declividade do sítio (0,61%). Há que se destacar, no entanto, o fator positivo da distribuição equilibrada destas áreas ao longo de toda a bacia.

A bacia hidrográfica do Paracuri está situada na área de expansão urbana de Belém, tendo parte de seu território pertencente ao Distrito de icoaraci. A bacia possui grande parte de sua extensão composta de aglomerados subnormais, os quais se estendem ao longo de seu curso d'água principal e das grandes áreas verdes situadas ao seu redor. Apesar da concentração de assentamentos precários, a densidade populacional da bacia é média (73,88 hab/ha), sendo compensada por sua grande extensão e pela ampla disponibilidade de áreas verdes.

As áreas permeáveis preservam ainda boa parte de sua cobertura vegetal e alcançam cerca de 24% da área total da bacia, estando situadas em sua maioria nas áreas mais baixas, próximas ao leito do igarapé do Paracuri, coincidindo aproximadamente com a localização da mancha de alagamento que recobre grande extensão da bacia. Como anteriormente descrito, há grande concentração de aglomerados subnormais nas áreas adjacentes ao curso d'água, o que indica a tendência de supressão futura de tais áreas em função do avanço da ocupação.

A declividade da bacia é de 2,30%, um percentual baixo em termos gerais, porém superior à tendência verificada na maior parte das bacias da RMB, estando próximo ao considerado adequado para um desempenho funcional da drenagem.

Este fator, somado ao significativo percentual de áreas permeáveis e vegetadas verificado na bacia, bem como sua localização nas regiões de vale, sinaliza o potencial de requalificação urbana e ambiental de seu território, a partir de diretrizes de ocupação alinhadas a premissas mais compreensivas para o tratamento técnico da paisagem.

O parcelamento urbano da bacia é composto de porções regulares, correspondentes a conjuntos habitacionais situados em sua porção Sul e à malha regular, com quadras de formato quadrangular do núcleo histórico do Distrito de Icoaraci, situado ao Norte da bacia, e de aglomerados subnormais, com padrão de parcelamento mais orgânico, situados em sua porção central. Em função da heterogeneidade dos parcelamentos encontrados, pode-se dizer que a capilaridade de 0,090 km/ha não caracteriza fielmente o alcance do sistema viário. Este valor, que pode ser classificado como baixo, segundo os parâmetros estabelecidos para esta pesquisa deve ainda ser relativizado em função da grande extensão da bacia.

Nas áreas centrais da bacia, próximas ao igarapé do Paracuri e do Rio Livramento, que percorre longitudinalmente sua extensão, a ocupação consiste de assentamentos precários nas áreas de várzea, por vezes, na forma de palafitas. Esta forma de ocupação, adaptada às áreas alagáveis, possibilita o estabelecimento da construção, sem a necessidade de impermeabilização do solo, o que, em condições de baixo adensamento e provisão de infraestrutura de saneamento básico – um contexto muito diverso do encontrado nos assentamentos precários da bacia – representaria uma solução construtiva desejável sob o ponto de vista do desempenho ambiental da bacia.

Em relação ao conjunto das bacias pode-se concluir que, apesar das condições desfavoráveis em termos da concentração de assentamentos precários, seu desempenho é facilitado pela concentração predominante de áreas permeáveis nos fundos de vale e pelas declividades mais acentuadas em comparação à tendência verificada na maior parte das bacias da RMB.

Pode-se notar ainda a influência do escoamento superficial vindo das porções com cotas mais elevadas, correspondentes ao eixo da Rod. Augusto Montenegro, que consiste em seu divisor de águas. O parcelamento dessa área é definido por longos acessos viários que partem desde a Rodovia, e que, devido à sua disposição perpendicular às curvas de nível, tendem a acelerar o escoamento

das águas conforme adentram o território das bacias. A porção histórica do Distrito de Icoaraci também exerce influência sobre as bacias, na medida em que seu escoamento tende a direcionar-se às áreas mais baixas, junto ao leito do igarapé do Paracuri.

Figura 16 - Bacias de Val-de-Cans, Cajé, Mata-fome e Paracuri

Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

4.3.4. Bacias Hidrográficas do Ananin, Outeiro e Maguarizinho

Estas bacias foram analisadas em conjunto devido às condições similares produzidas por sua localização geográfica entre o rio Maguari e porções urbanas consolidadas que exercem influência em termos do avanço da ocupação sobre suas áreas verdes ainda preservadas. Ademais, estas bacias apresentam em comum o fato de abrigarem uma dinâmica de atividades diversas, contemplando desde grandes extensões de aglomerados subnormais, áreas desprovidas de infraestrutura urbana e que ainda resguardam características rurais, além da presença de atividades industriais e portuárias, em função da proximidade com o rio.

A bacia hidrográfica do Outeiro está situada na porção Norte do Distrito de Icoaraci e tem sua área de uso residencial concentrada na porção Oeste e composta por uma região com parcelamento mais regular, correspondente a um conjunto habitacional situado próximo à Rod. Augusto Montenegro e uma faixa de aglomerados subnormais. Existem ainda grandes glebas não-residenciais na sua porção Norte e significativa quantidade de áreas permeáveis, que alcançam de 47% de sua área total.

Especialmente na porção Norte e em alguns pontos a Nordeste da bacia, localizados junto à orla do rio Maguari, existem grandes lotes com solo exposto, destinados a atividades portuárias, de empresas transportadoras e estaleiros. Além destas atividades, existem algumas indústrias situadas na porção central da bacia. As demais áreas permeáveis ainda preservam sua cobertura vegetal e estão situadas predominantemente em regiões de vale, às proximidades do igarapé do Outeiro, o que é um aspecto positivo do ponto de vista do desempenho ambiental da ocupação.

Estas áreas permeáveis, entretanto, podem ser ameaçadas em virtude do avanço da ocupação, a exemplo de um condomínio vertical de segmento popular recentemente construído, que levou à supressão de uma faixa considerável de cobertura vegetal, na Estrada da Maracacuera, divisa entre as bacias do Outeiro e do Ananin e tradicionalmente utilizada apenas como via de acesso e escoamento de mercadorias pelos portos estabelecidos às margens do rio maguari. Outro importante vetor de crescimento está situado em torno da Estrada do Outeiro, via

que conduz à ponte de acesso à ilha de Caratateua, representando ameaça à manutenção das áreas permeáveis existentes nessa região.

As áreas alagáveis se estendem por quase toda a extensão da bacia, atingindo principalmente sua porção central, Norte e Leste e correspondendo à região de maior concentração de áreas verdes. A capilaridade é 0,040 de km/ha.

A bacia hidrográfica do Ananin possui densidade de apenas 28 hab/ha, o que é explicável por sua grande extensão e quantidade de áreas verdes. Os bairros de Águas Negras e do Tenoné encontram-se parcialmente inseridos em seu território, havendo neste último alguns conjuntos habitacionais populares implantados por iniciativa governamental, os quais, assim como grande parte da extensão da bacia, são enquadrados como aglomerados subnormais. A capilaridade é 0,040 de km/ha.

A porção de áreas alagáveis percorre parte considerável do território da bacia, estendendo-se desde sua porção central, ao longo do igarapé Ananin e avançando até às margens do rio Maguari. A declividade da bacia, de apenas 0,45%, é um fator desfavorável ao escoamento das águas, sendo, entretanto, compensada pela preservação de áreas permeáveis em quase toda a sua superfície.

A bacia possui cerca de 66,71% de permeabilidade, sendo que a maior parte destas áreas mantém sua cobertura vegetal preservada, estando situadas na região próxima ao rio Maguari, na porção mais distante do principal eixo viário local, a Rod. Augusto Montenegro, havendo predominância das áreas permeáveis nas regiões de crista da bacia. A tendência de expansão urbana ao longo da Rod. Augusto Montenegro, intensificada nos últimos anos, representa o risco de supressão de suas áreas verdes, o que demanda ações de planejamento do uso e ocupação do solo que priorizem sua preservação.

A bacia do Maguarizinho distancia-se da bacia do Ananin pela faixa de terras correspondente à porção Norte da bacia do Ariri e, assim como as demais, possui ligação com o rio Maguari, tendo seu território entrecortado pelo igarapé Icuí-Guajará. A bacia compreende parte dos bairros do Icuí-Guajará, do Icuí-Laranjeira e do conjunto Cidade Nova, que, em grande parte, são classificados como aglomerados subnormais, nem sempre coincidentes, entretanto, com as áreas alagáveis, que não chegam a comprometer parcela significativa do território da bacia, estando restritas às proximidades do curso d’água principal.

A declividade de sítio na bacia é baixa, com apenas0,41% na bacia do Maguarizinho, o que proporciona condições desfavoráveis ao escoamento das águas, sendo, entretanto, compensado pelo elevado percentual de áreas permeáveis e predominantemente vegetadas, que recobrem 68% de sua extensão, estando situadas, em sua maioria, na região ao Norte da bacia, em suas áreas de vale, favorecendo a infiltração das águas.

A baixa densidade populacional registrada na bacia, de apenas 61,07hab/ha, está provavelmente relacionada à existência de usos residenciais apenas em sua porção Sul, sendo o restante da bacia composto de áreas verdes e atividades portuárias e recreativas, como sítios e marinas. O parcelamento urbano da bacia é composto majoritariamente por loteamentos irregulares, que apresentam, entretanto, parcelamento ortogonal, com predominância de quadras retangulares, além de alguns condomínios horizontais populares e áreas de assentamentos precários com parcelamento orgânico. A baixa capilaridade de sistema viário verificada na bacia - 0,040 de km/ha - é condizente com a ocupação restrita de seu território e com a presença de quadras alongadas, que tendem a reduzir a extensão do sistema viário necessário para o acesso às parcelas.

Pode-se concluir, a partir da análise conjunta das bacias, que o desempenho de suas funções ambientais tende a ser prejudicado pelo avanço da ocupação já consolidada nas bacias adjacentes, em especial a bacia do Ariri, que atualmente experimenta um intenso processo de expansão urbana, desde a ocupação por via formal, representada por condomínios de alto padrão, quanto a informal, através de assentamentos precários divididos entre os municípios de Belém e Ananindeua.

A existência de cotas altimétricas mais elevadas nesta bacia pode transferir impactos às bacias a jusante, tanto em função do aumento do volume e velocidade do escoamento superficial, quanto em função do agravo da poluição das águas por detritos e despejo de esgotos sem tratamento, acentuado pelo adensamento da ocupação e pela deficiência de infraestrutura de saneamento básico.

Figura 17 - Bacias do Ananin, Outeiro e Maguarizinho

Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

4.3.5. Bacias Hidrográficas do Ariri, Maguari-Açu, Macajatuba e Murutucum

As bacias em questão foram agrupadas em função de experimentarem simultaneamente dinâmicas consideravelmente distintas, estando sob a influência da Rod. BR-316, o que propicia o desenvolvimento de uma grande variedade de usos e significativo adensamento populacional, e, em contrapartida, possuindo grande extensão de áreas permeáveis preservadas.

A bacia do rio Ariri tem seu território dividido entre os municípios de Belém e Ananindeua, compreendendo grandes áreas de aglomerados subnormais, especialmente em sua porção central, mas também conjuntos habitacionais de padrão popular e com traçado reticulado, contando com densidade populacional de 69,55hab/ha. É importante notar que a bacia é cortada por dois importantes eixos viários: A Av. Independência e a Rod. Mário Covas, que interligam os dois municípios, além da Rod. Augusto Montenegro, que conforma seu limite em relação às bacias contíguas. A região de entorno dessas vias tem recebido muitos empreendimentos imobiliários, que por vezes se utilizam do rio Ariri como um elemento natural atrativo para sua promoção midiática.

A bacia abriga alguns dos bairros de ocupação mais densa e precária do município de Ananindeua, a exemplo do Curuçambá, Paar, Jiboia Branca e parte dos bairros do Coqueiro, Icuí-Guajará e Icuí-Laranjeira. A ocupação adensada destas áreas pode resultar em impactos negativos sobre as regiões adjacentes, em especial sobre as bacias do Ananin e do Maguarizinho, que se encontram a jusante.

As áreas alagáveis da bacia estão inseridas em sua maioria na porção Oeste do território, pertencente ao município de Belém. As áreas permeáveis, correspondentes a cerca de 31% de seu território, estão concentradas na região de entorno do rio Ariri, predominantemente nas áreas com cotas médias e baixas, o que induz a condições de maior eficiência do desempenho destas áreas, comparativamente à sua concentração nas regiões mais elevadas da bacia, associado ao fato positivo de que estas áreas dispõem ainda de cobertura vegetal. A baixíssima declividade do sítio (0,16%) é um fator que compromete significativamente a capacidade de escoamento das águas, sendo um indicativo à adoção de soluções estruturais de drenagem.

A capilaridade do sistema viário na bacia é de 0,11 de km/ha, valor que pode

ser considerado médio, conforme os parâmetros locais, e pode ser relacionado à composição mista da bacia, entre extensas áraes verdes, regiões de maior adensamento populacional como os assentamentos precários e grandes conjuntos habitacionais, como o Cidade Nova, além das porções situadas às proximidades da Rod. Br-316km, com ocupação menos adensada e predominância de grandes lotes para usos não-habitacionais.

A bacia do Murutucum possui a maior parte de seu território inserida no município de Belém, havendo, porém, uma pequena porção pertencente ao município de Ananindeua. A densidade populacional da bacia é de 27,56hab/ha, havendo aglomerados subnormais na sua porção Norte e ao extremo Oeste.

Esta bacia abriga os mananciais de abastecimento de Belém, os lagos Bolonha e Água Preta, sendo essa uma das razões pelas quais possui uma boa reserva de áreas verdes no seu entorno, além daquelas correspondentes às áreas institucionais situadas ao longo da Av. Perimetral, e que se estendem até as margens do Rio Guamá, alcançando 51,7% de permeabilidade, com cobertura vegetal preservada. Dentre as áreas vegetadas, a maior parte está situada entre as cotas baixas a médias, o que se constitui em um fator favorável ao desempenho da infiltração das águas, embora a baixa declividade (0,5%) dificulte a função do escoamento.

Um fator importante a ser considerado é que a expansão urbana, em especial os assentamentos precários constituídos ao longo das importantes vias que com as quais a bacia se limita - Av. Almirante Barroso e a Rod. BR-316 - representa risco ambiental à qualidade das águas dos mananciais, bem como o prolongamento da Av. João Paulo II, que passou a atravessar o território da bacia. As áreas alagáveis se estendem por quase toda a sua extensão, com maior concentração na região próxima às margens do rio Guamá. A bacia apresenta baixa capilaridade, em torno de 0,040 de km/ha, devido à grande extensão de áreas institucionais que limitam seu crescimento urbano.

A bacia do Macajatuba divide-se entre os municípios de Ananindeua e Marituba, sendo cortada pela Rod. BR-316, a partir da qual partem grandes eixos que adentram seu território, composto por grandes extensões de aglomerados subnormais, situados desde as áreas de influência da rodovia, até as regiões mais internas e desarticuladas do eixo viário principal. A bacia compreende a área central

e mais urbanizada do município de Marituba, incluindo áreas predominantemente comerciais, com densidade populacional de 35,58hab/ha.

As faixas de área permeável totalizam 42% de sua área total, estando situadas predominantemente em sua região de crista e preservando ainda a cobertura vegetal. As áreas alagáveis se restringem às zonas de imediata influência do curso d'água principal, não impactando significativamente o território da bacia, que possui declividade de apenas 0,39%.

O parcelamento da bacia possui padrão esparso, composto de assentamentos precários isolados entre si e estruturados a partir de vias derivadas do eixo da Rod. BR-316, o que influencia a baixa capilaridade de seu sistema viário, de apenas 0,060 de km/ha.

A bacia do Maguari-Açu situa-se no município de Ananindeua e possui a maior parte de seu território composta de aglomerados subnormais, com densidade populacional de 64,22hab/ha e concentração da ocupação nas áreas ao Sul do território, onde estão situados os bairros da Cidade Nova e Icuí, além e áreas situadas ao longo da Rod. BR-316. Na porção Norte da bacia, às proximidades do rio Maguari, encontra-se o bairro do Distrito Industrial de Ananindeua, que além das atividades industriais, concentra vastos assentamentos precário e alcança também parte da bacia do Macajatuba.

Observa-se a prevalência de áreas permeáveis e vegetadas em sua porção Norte, compreendendo 36% de sua área total e concentrando-se na área próxima às margens do rio Maguari, coincidindo, portanto, com as regiões de cotas mais baixas, o que representa um fator favorável à infiltração das águas. Em contrapartida, o escoamento das águas, no entanto, é dificultado pela baixa declividade média do sítio, que alcança apenas 0,32%.

Pode-se relacionar a baixa capilaridade na bacia – 0,090 de km/ha – à ocupação esparsa verificada nas áreas de ocupação situadas junto à BR-316, que ainda preservam significativas áreas verdes em lotes de grandes dimensões, atualmente destinados a usos institucionais ou reserva fundiária, bem como aquelas pertencentes a um grande condomínio fechado de alto padrão.

As bacias estudadas nesta seção sofrem com o avanço da expansão urbana sobre suas áreas permeáveis, o que constitui um fato preocupante, uma vez que esta ocupação se dá de forma precária, avançando sobre os municípios menos

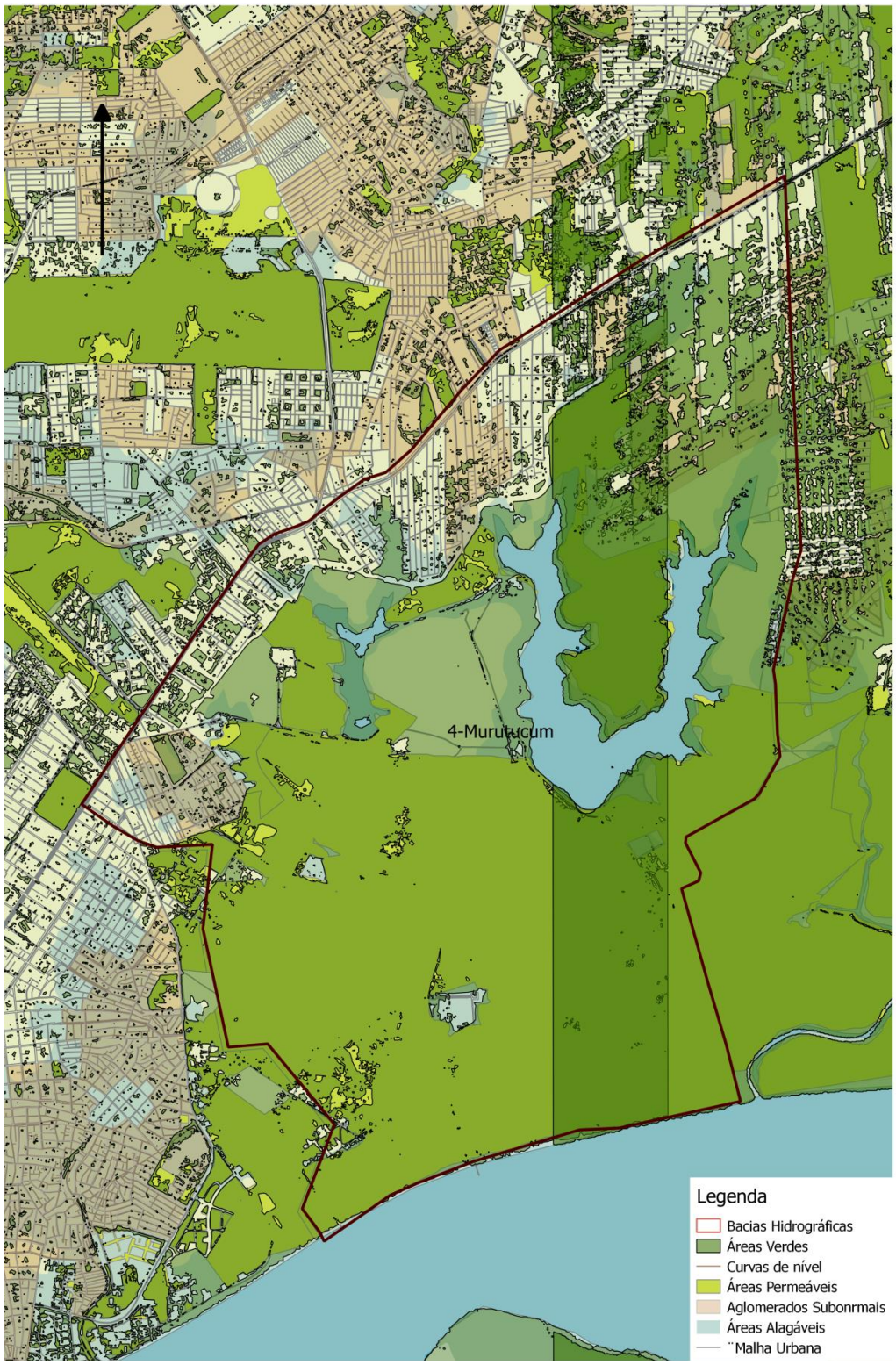
urbanizados da RMB, que possuem infraestrutura de saneamento ainda mais deficitária em comparação aos municípios do núcleo metropolitano.

Considerando o fato de que as regiões próximas à Rod. BR-316 possuem cotas altimétricas mais elevadas, o avanço e adensamento da ocupação nessas áreas pode resultar em impacto sobre as áreas a jusante, situadas em ambas as margens da rodovia.

Figura 18 - Bacias do Ariri, Maguari-Açu e Macajatuba

Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

Figura 19 - Bacia do Murutucum



Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

4.3.6. Bacias Hidrográficas do Pau Grande, Oriboquinha, Taiacuí e Aurá

O agrupamento destas bacias justifica-se pelas condições de ocupação semelhantes, com características tipicamente rurais, marcadas pelo baixo adensamento e pela preservação da quase totalidade de sua cobertura vegetal.

A bacia do Aurá, que tem seu território dividido entre os municípios de Belém e Ananindeua, abrigou por muitos anos um lixão a céu aberto, atualmente desativado, que representava um grande risco ambiental à qualidade do solo e das águas, associado, ainda às condições de extrema precariedade às quais estavam expostas as pessoas que subsistiam por meio da coleta de materiais recicláveis no local.

A baixa densidade populacional da bacia (13,41hab/ha) é justificável pela grande extensão de áreas permeáveis, que recobre 76%, de seu território, as quais possuem sua cobertura vegetal preservada e estão distribuídas equilibradamente ao longo da extensão da bacia. A área ocupada corresponde à porção Norte da bacia, sendo composta de um conjunto habitacional e de assentamentos classificados como aglomerados subnormais.

A reduzida declividade do sítio, que alcança apenas 0,33% é um fator que compromete a capacidade de escoamento das águas na bacia. Seu sistema viário apresenta baixíssima capilaridade, de apenas 0,010 de km/ha, característica de áreas rurais, o que se explica pela preservação da vegetação nativa na maior parte da bacia.

A bacia do igarapé do Pau Grande divide-se entre os municípios de Ananindeua e Marituba, e possui áreas de aglomerado subnormal situadas em sua porção norte, o que ainda não se verifica nas bacias de seu entorno imediato. Estimativas de projeção populacional (GPHS-UFPA; COSANPA, 2009) indicam a bacia do Pau Grande como aquela com tendência de crescimento mais expressivo dentre as bacias da RMB, o que corrobora o cenário apontado por Vieira (2017), caracterizado pela transformação da dinâmica predominantemente rural para condições de progressivo aumento populacional e avanço da criminalidade.

Em que pesem as tendências de avanço da urbanização, ainda prevalece no território da bacia uma dinâmica de ocupação rural, evidenciada pela preservação de 95% de suas áreas permeáveis. A baixíssima declividade de sítio, de apenas

0,33% reforça a tendência à retenção das águas, favorecendo sua infiltração, em detrimento do processo de escoamento superficial.

Recentemente, em função da desativação do lixão situado na bacia hidrográfica do Aurá, por determinação da PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n. 12.305/2010), foi instalado um aterro sanitário, no município de Marituba, inserido no território da bacia do Pau Grande. Entretanto, as instalações apresentaram diversas falhas apontadas por investigações do Ministério Público Estadual e a Polícia Civil, como o despejo de chorume diretamente no solo e sua consequente contaminação, que se estendeu ao igarapé do Pau Grande, além da poluição atmosférica. Os impactos ambientais decorrentes do aterro sanitário geraram questionamentos das autoridades e da população local, levando à exigência de adequação das atividades às diretrizes da legislação ambiental vigente.

A bacia do Pau Grande se caracteriza por uma ocupação de baixa densidade, exceto em áreas onde já se verifica a formação de assentamentos precários, especialmente nas áreas lindeiras à Rod. PA-483, que atravessa seu território e dá acesso aos municípios da região do Baixo Tocantins. A capilaridade na bacia é característica de áreas de ocupação rural, com apenas 0,009 de km/ha.

A bacia do rio Oriboquinha tem seu território entre os municípios de Marituba e Benevides e alcança as margens do rio Guamá. A bacia possui 99% de área permeável e baixíssima declividade de sítio, com apenas 0,66%. A densidade populacional é de 0,28 hab/ha, sendo sua malha urbana restrita a um ramal que chega desde a Rod. BR-316, o que se adequa ao valor da capilaridade tipicamente rural, registrado na bacia, de apenas 0,001 de km/ha.

A bacia do Taiacuí possui 95% de permeabilidade e apenas 0,27% de declividade, com densidade populacional de 1,89 hab/ha, estando suas áreas urbanizadas restritas à porção de entorno da Rod. BR-316, situadas ao Norte de seu território, correspondente à sede do município de Benevides, onde existem pequenas áreas classificadas como aglomerados subnormais. A baixíssima capilaridade registrada na bacia, de apenas 0,008 de km/ha, caracteriza seu padrão rural de ocupação.

Como conclusão da análise das bacias em questão, foi possível constatar que, o padrão de ocupação ambientalmente danoso, empregado nos municípios de

Belém e Ananindeua, tem se reproduzido nos demais municípios da RMB, de modo que, mesmo as bacias em estudo nesta seção, que não estão diretamente ligadas à Rod. BR-316, onde concentram-se os núcleos urbanos dos municípios de Ananindeua, Marituba e Benevides, começam a apresentar efeitos decorrentes da expansão urbana. Na ausência das devidas ações de planejamento do uso e ocupação do solo, este padrão de urbanização tende a ser reproduzido e interiorizado no território das bacias, representando risco à manutenção da cobertura vegetal ainda preservada e ao desempenho das funções ambientais destas bacias.

Figura 20 - Bacias do Pau Grande, Oriboquinha, Taiacuí e Aurá

Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

4.3.7. Bacias Hidrográficas da Ilha de Caratateua: Itaiteua, Água Boa, Outeiro Oeste e Outeiro Norte

As bacias estudadas nesta seção foram agrupadas em pelo fato de estarem inseridas na ilha de Caratateua, no Distrito do Outeiro em Belém, que apresenta formas de ocupação diversas, desde as porções de assentamentos precários, às porções que ainda resguardam a maior parte de sua cobertura vegetal, até a região situada junto à orla da Baía do Guajará, onde prevalecem atividades comerciais ligadas ao turismo.

A Ilha de Caratateua possui quatro bacias: Itaiteua, Água Boa, Outeiro Oeste e Outeiro Norte, possuindo respectivamente permeabilidade de 69,08%, 56,03%, 87,25% e 85,77%. Dentre estas, a bacia mais urbanizada é Itaiteua, com densidade populacional de 13,56 hab/ha, seguida da bacia de Água Boa, com 5,75 hab/ha, havendo aglomerados subnormais em ambas as bacias. As bacias de Outeiro Oeste e Outeiro Norte possuem, respectivamente, densidades de 1,12 hab/ha e 0,46hab/ha, não havendo nestas, registros de aglomerados subnormais.

A maior parte das áreas permeáveis está situada nas bacias Itaiteua, Outeiro Norte e Outeiro Oeste, sendo que as últimas ainda possuem características predominantemente rurais e possuem as faixas de permeabilidade dispostas de forma equivalente em toda a sua extensão. Nas bacias de Itaiteua e Água Boa, de ocupação mais avançada, nota-se que as áreas permeáveis se encontram predominantemente dispostas ao longo das cotas de média altitude.

As quatro bacias destacadas possuem baixos índices de declividade média, sendo em todos os casos, inferiores a 1%, o que caracteriza condições deficitárias de escoamento das águas. Todas as bacias em questão apresentam índices baixíssimos de capilaridade, inferiores a 0,2 km/ha, sendo o valor mais elevado correspondente à bacia da Água Boa, situada na região da orla, com apenas 0,013 km/ha.

A ilha de Caratateua foi alvo da implantação de um empreendimento residencial de alto padrão, que se utiliza das possibilidades de usufruto dos rios para atividades de lazer, como ferramenta de marketing. Tal empreendimento encontra-se situado entre as bacias de Itaiteua e Outeiro Oeste. O citado empreendimento pode atuar

como polo de crescimento na região, estimulando a instalação de empreendimentos de comércio e serviços e o adensamento da ocupação.

Figura 21 - Bacias da Ilha de Caratateua

Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

4.3.8. Bacias Hidrográficas da Ilha de Mosqueiro e das Ilhas Menores

A bacia das ilhas menores é composta pelo conjunto de ilhas situadas nos limites entre Belém e Ananindeua, e devido à indisponibilidade de dados, foi analisada em conjunto com as bacias da ilha de Mosqueiro, em função das características

semelhantes, em especial com aquelas situadas nas porções Sul e Oeste da ilha de Mosqueiro, que possuem dinâmica predominantemente rural.

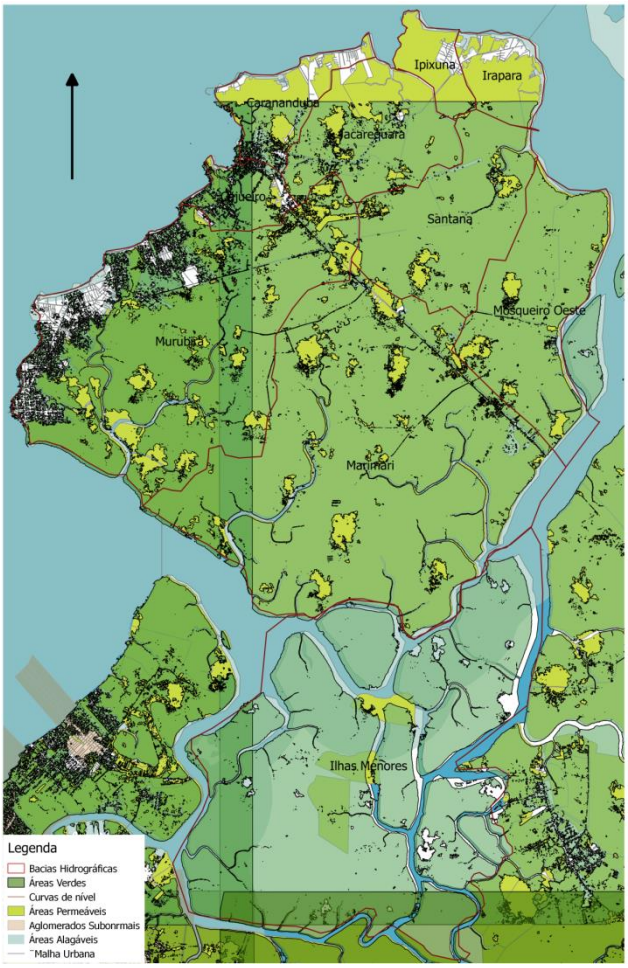
A ilha de Mosqueiro é composta por nove bacias hidrográficas, as quais possuem altos índices de permeabilidade: Marimari (92,86%), Murubira (77,51%), Cajueiro (58,13%), Carananduba (65,62%), Jacarequara (92,10%), Santana (98,30%), Ipixuna (85,39%), Irapara (74,63%) e Mosqueiro Oeste (92,78%), apresentando ainda características predominantemente rurais, com exceção das bacias do Murubira, Cajueiro, Jacarequara e Carananduba, situadas junto à orla da baía do Guajará, na porção norte da ilha, onde se concentram as praias e atividades turísticas e comerciais.

Todas as bacias apresentam índices de capilaridade típicos de áreas rurais, sendo o maior valor encontrado na bacia do Carananduba, que apresenta 0,04 km/ha, em função de possuir um pequeno núcleo urbano consolidado. Assim como as demais, a bacia do Carananduba, apresenta áreas de assentamentos precários, que, entretanto, não são classificadas como aglomerados subnormais, como pode-se verificar na figura 21, que demonstra a inexistência de assentamentos desta categoria na ilha de Mosqueiro.

Nas bacias mais urbanizadas, as áreas permeáveis concentram-se nas cotas médias e altas, enquanto que nas demais, a permeabilidade se distribui extensivamente por toda a bacia. Em todas as bacias componentes da ilha, verifica-se a existência de baixas declividades, sendo todas inferiores a 1%, evidenciando a tendência a dificuldades de escoamento das águas, em função das características quase planas do relevo.

Esta bacia é composta por um conjunto de ilhas pertencentes ao município de Belém, situadas entre sua porção continental e os distritos de Mosqueiro e Outeiro. Atualmente as ilhas preservam quase a totalidade de suas áreas permeáveis e vegetadas e possuem características rurais, estando, entretanto, conforme Ponte e Vieira (2017), ameaçadas em função de alterações do Plano Diretor Urbano de 2008, que instituíram algumas porções das ilhas como área urbana, abrindo precedentes para o seu adensamento e exploração imobiliária, o que representa ameaça de degradação ambiental em seu território.

Figura 22 - Bacias da Ilha de Mosqueiro e bacia das ilhas menores



Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), IDESP (2014), CPRM (2015)

4.3.9. Bacias Hidrográficas do Tucum e das Marinhas

O agrupamento destas bacias deveu-se ao fato de ambas estarem inseridas em uma porção intermediária entre bacias mais vinculadas à área de influência da Rod. BR-316 e as bacias componentes da ilha de Mosqueiro e das ilhas menores, apresentando dinâmicas diferenciadas em relação às bacias do entorno, devido ao maior avanço da urbanização em seu território.

A bacia hidrográfica do Tucum está situada no município de Benevides e possui alto índice de áreas permeáveis, alcançando 79% de seu território, embora seja um percentual menor que o verificado nas bacias do entorno, que apresentam mais de 90% de permeabilidade. A densidade populacional da bacia está em torno de 3,59

hab/ha, sendo esta correspondente à área urbanizada do bairro de Murinim, cuja capilaridade alcança 0,013 de km/ha, sinalizando uma ocupação de baixa densidade, embora seja um valor superior aos observados nas bacias adjacentes, caracterizando maior avanço da urbanização nesta bacia.

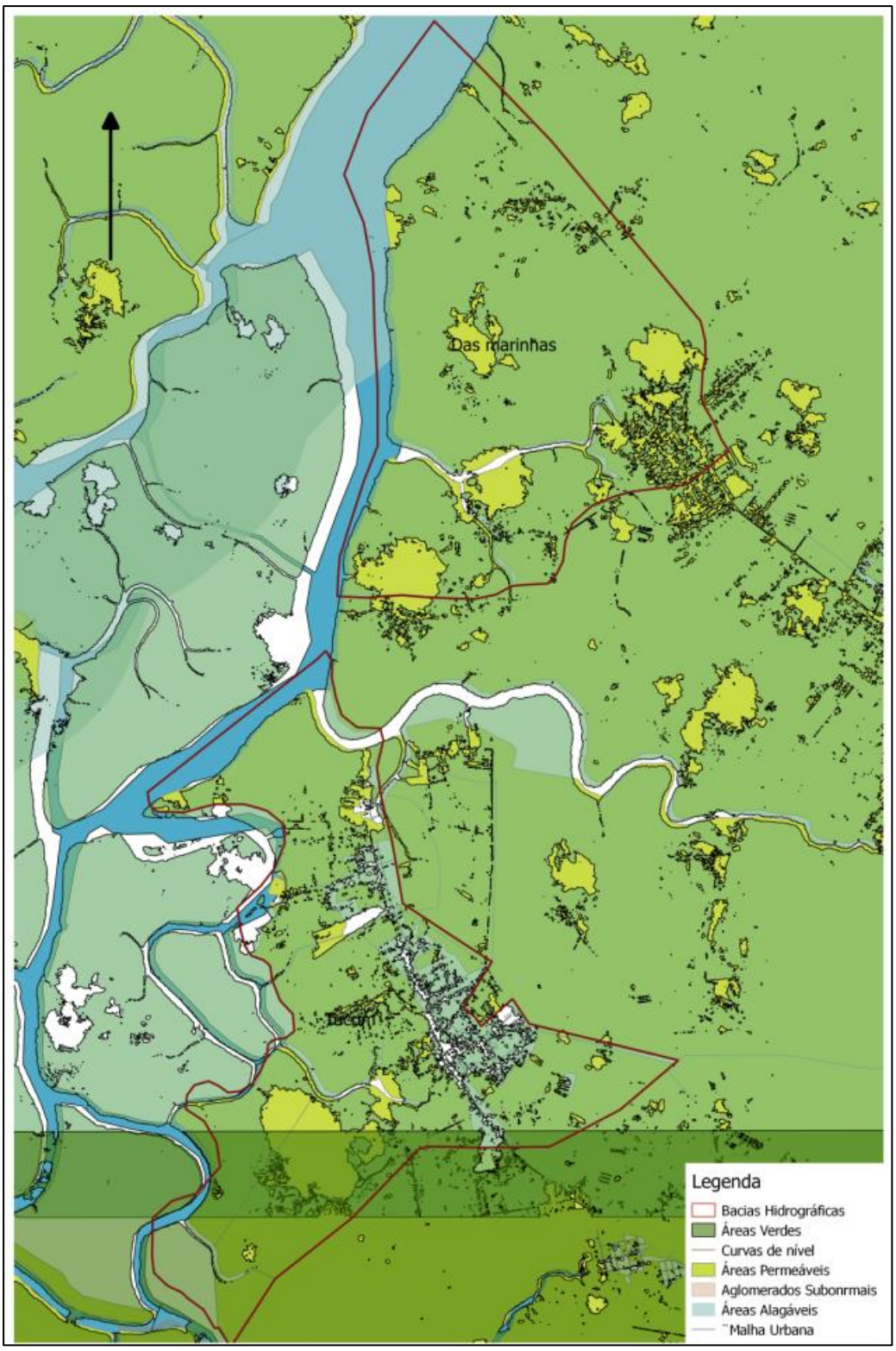
O avanço da ocupação na bacia está relacionado ao estabelecimento de indústrias madeireiras e atividades portuárias nas áreas próximas ao furo das Marinhas, além dos assentamentos precários que compõem o bairro do Murinim e um condomínio horizontal popular recentemente implantado.

A bacia hidrográfica do furo das Marinhas abriga o núcleo urbano do município de Santa Bárbara do Pará e está situada junto à Rod. PA-391, que dá acesso à ilha de Mosqueiro e se constitui como um eixo de crescimento urbano, a partir do qual foram estruturados ramais adentrando o território, como meio de acesso a grandes lotes para atividades rurais ou recreativas, havendo ainda a formação de pequenos povoados. A densidade populacional na bacia é de 1,71 hab/ha, não havendo registros de aglomerados subnormais em seu território, embora haja assentamentos precários. A restrita ocupação urbana da bacia resulta em um baixíssimo índice de capilaridade, de apenas 0,008 de km/ha.

Outro ponto de avanço da ocupação no território da bacia foi estabelecido a partir do núcleo da sede municipal de Santa Bárbara do Pará, em direção às margens do furo das marinhas, onde se instalaram portos e uma madeireira. Esses empreendimentos conduziram à remoção da cobertura vegetal dessas áreas, criando porções de solo exposto e contribuindo para a diminuição do índice geral de áreas verdes da bacia, que embora bastante extensas (86,27%), representam percentual inferior ao registrado nas bacias do entorno.

Pode-se observar que a ocupação urbana das bacias em questão oferece potenciais riscos ao seu equilíbrio hidrológico, em especial devido às atividades econômicas instaladas, que demandam supressão vegetal.

Figura 23 - Bacias do Tucum e das Marinhas



Fonte: IBGE (2010), IDESP (2014), LABCAM (2015), CPRM (2015)

4.3.10. Bacias Hidrográficas Benfica, Paricatuba, Baiacu e Tauá

As bacias estudadas nesta seção foram agrupadas pelo fato de estarem situadas nos municípios menos urbanizados da RMB, com dinâmica de ocupação predominantemente rural.

A bacia hidrográfica do rio Benfica possui densidade populacional de 3,5 hab/ha, havendo 95% de áreas permeáveis, sendo as áreas urbanizadas correspondentes à região central do município de Benevides, situados no entorno da Rod. BR-316. A maior parte de seu território pertence ao município de Benevides, havendo, porém, áreas correspondentes ao município de Marituba

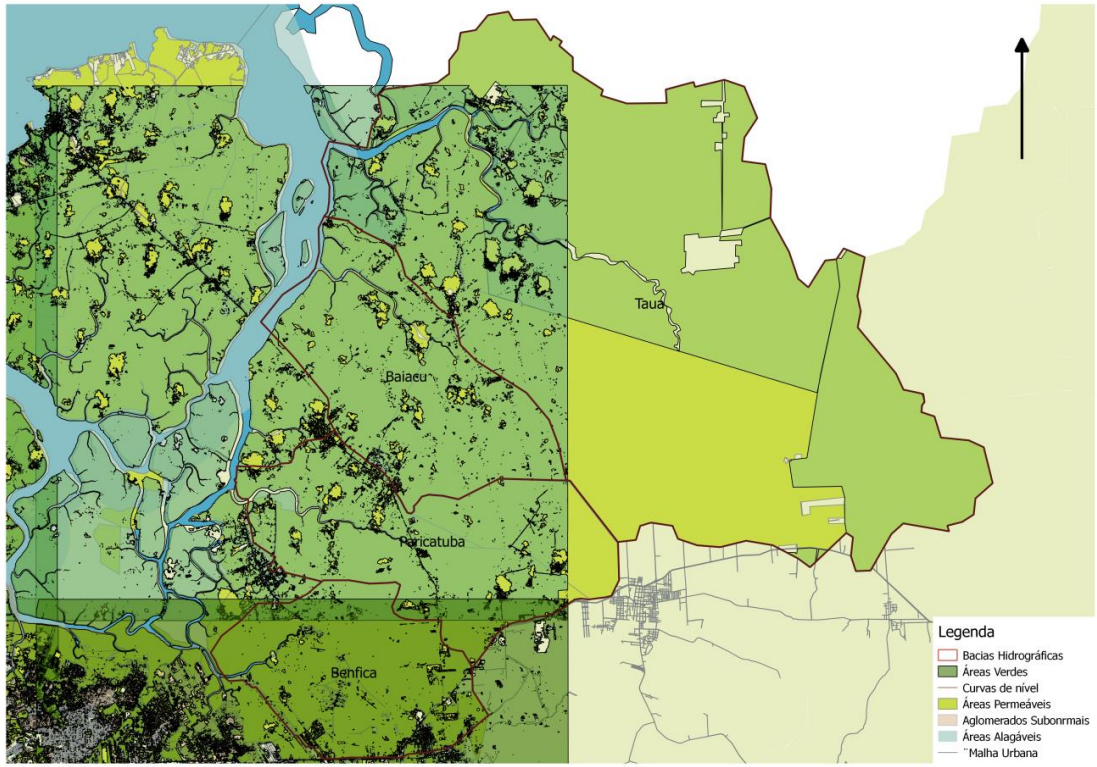
A bacia do Paricatuba tem seu território dividido entre os municípios de Benevides, Santa Bárbara e Santa Izabel do Pará, e possui quase 100% de permeabilidade, predominando características rurais em seu território, com densidade populacional de apenas 1,08 hab/ha. Assim como nas demais bacias, não há registros de aglomerados subnormais em seu território.

Situada no município de Santa Bárbara do Pará, a bacia hidrográfica do Baiacu possui quase a totalidade de suas áreas permeáveis ainda preservadas, alcançando 96,58% de seu território, e conta com densidade populacional de 0,42 hab/ha.

A bacia do Tauá tem seu território dividido entre os municípios de Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, com permeabilidade de 96,45% e densidade populacional de 0,61 hab/ha. Seu relevo mostra-se virtualmente plano, com baixíssima declividade, de 0,07%, elevando a propensão a alagamentos. Tal tendência, entretanto, é compensada pela dinâmica de ocupação da bacia, que tende a características rurais, possibilitando a manutenção das áreas verdes.

Todas as bacias apresentam valores de capilaridade inferiores a 0,01 de km/ha, tendo sido este o valor mais expressivo encontrado neste conjunto de bacias, registrado na bacia do rio Benfica.

Figura 24 - Bacias do Benfica, Paricatuba, Baiacu e Tauá



Fonte: IBGE (2010), LABCAM (2015), CPRM (2015), IDESP (2014), COSANPA (2008)

Os dados apresentados demonstram as particularidades do sítio físico local, caracterizado pela predominância de baixas cotas altimétricas e baixos índices de declividade verificados em todas as bacias da área de estudo. A sobreposição, leitura e decomposição das camadas de informação evidencia a vinculação destas variáveis ao arranjo espacial das diferentes tipologias de parcelamento urbano encontradas nas bacias.

O conjunto de gráficos apresentados na figura 22 demonstra os valores representativos de cada variável empregada nesta análise, por bacia:

Figura 25 - Gráficos com os valores de permeabilidade, declividade, capilaridade e densidade populacional por bacia

Fonte: LABCAM (2015), IBGE (2010)

Em termos da disponibilidade de áreas permeáveis e vegetadas, observa-se ampla variação entre as bacias, cujos valores são gradualmente alterados em função de sua localização em relação ao núcleo metropolitano. Desse modo, percebe-se a drástica diferença entre os percentuais mínimos de permeabilidade, registrados nas regiões mais adensadas e situadas na área consolidada do município de Belém, com variadas formas de ocupação e perfis socioeconômicos, e as bacias pertencentes aos municípios mais afastados de Belém, que preservam quase totalmente suas áreas permeáveis e cobertura vegetal.

No que se refere à declividade, é notável em todas as bacias a predominância de um relevo quase plano, apresentando condições desfavoráveis ao escoamento das águas e favorecendo, portanto, a ocorrência de alagamentos. Dentre as 41 bacias da área de estudo, 39 apresentam declividade inferior a 2%, sendo, desse modo, classificadas como funcionalmente inadequadas à ocupação (MASCARÓ, 1997). As únicas bacias que apresentam percentual superior a este parâmetro são a do Paracuri (2,3%) e a do Mata Fome (2,9%).

Pode-se notar, porém, que as bacias que apresentam percentuais de declividade mais baixos estão localizadas em áreas predominantemente rurais, e com elevados percentuais de permeabilidade e cobertura vegetal, o que representa um fator compensatório para o equilíbrio hidrológico das bacias, uma vez que as águas tendem a permanecer concentradas até que sejam gradualmente infiltradas no solo, não transferindo os impactos do escoamento superficial às áreas a jusante.

Quanto à densidade populacional, pode-se observar que as bacias situadas nos municípios menos urbanizados, bem como aquelas pertencentes às ilhas de Mosqueiro e Outeiro (à exceção da bacia de Itaiteua, em Outeiro) apresentam baixos níveis de ocupação, todos inferiores a 10hab/ha, o que se justifica pela prevalência de dinâmicas de ocupação rural do território nestas áreas. As bacias pertencentes aos municípios de Belém e Ananindeua apresentam maior densidade populacional, com destaque para as bacias Tamandaré, Una, Cajé, Magalhães Barata, Tucunduba e Estrada Nova, que apresentam densidades superiores a 100hab/ha, vivenciando, porém, dinâmicas de ocupação diferenciadas entre si.

5. ANÁLISE DAS BACIAS DO TUCUNDUBA E DO PARACURI

A análise realizada neste capítulo parte das formulações do capítulo anterior, considerando as variáveis até então empregadas, e as complementa ao nível da morfologia do parcelamento urbano das bacias do Paracuri e do Tucunduba e o desempenho ambiental, especificamente no que se refere à drenagem.

A seleção das bacias tomou como critério a precariedade urbanístico-ambiental registrada em seu território, aqui entendida como a coexistência de condições ambientalmente desfavoráveis – como a acentuada impermeabilização do solo, baixas declividades e propensão a alagamentos – e a concentração de assentamentos precários (ALVES, 2017). Buscou-se a seleção de bacias inseridas em diferentes situações, uma localizada em áreas de baixada na porção urbana mais consolidada de Belém, e outra em sua área de expansão. As duas bacias são representativas de diferentes estratégias de enfrentamento de suas problemáticas ambientais, tendo como referência sua morfologia.

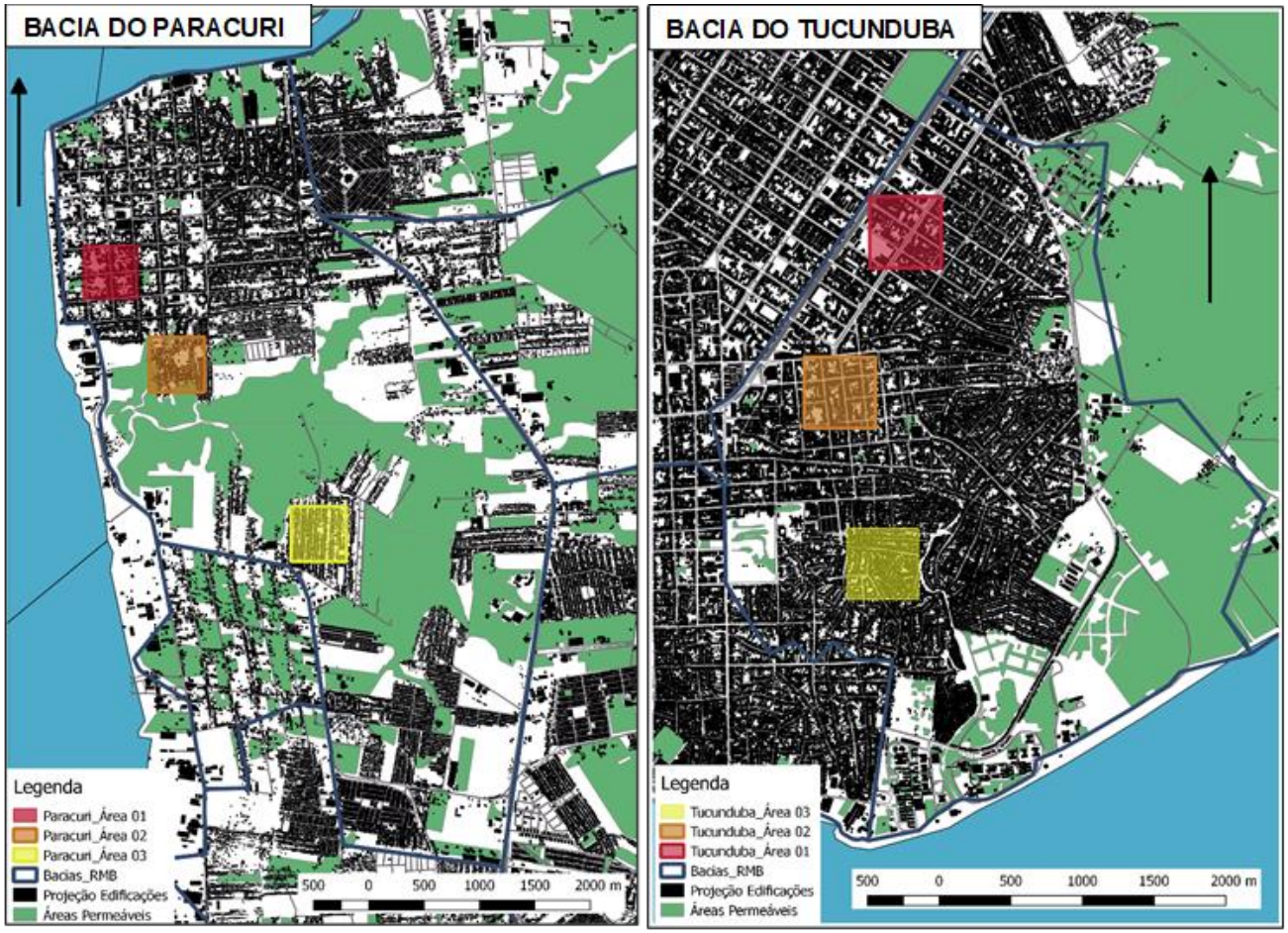
A bacia do Tucunduba foi escolhida pelo fato de reunir condições desfavoráveis ao desempenho de suas funções ambientais, especialmente no que se refere ao equilíbrio hidrológico, apresentando baixas declividades, baixíssima permeabilidade e grandes extensões de áreas alagáveis, às quais se sobrepõem grandes aglomerados subnormais e elevada densidade populacional. Ademais, tal como sugerido nos critérios de seleção propostos, esta bacia situa-se nas áreas de baixada de ocupação mais antiga, na porção Sul de Belém, guardando relações com o centro da cidade, em termos de disponibilidade de emprego e serviços.

De modo semelhante, a bacia do Paracuri foi selecionada por abrigar condições de precariedade caracterizadas por baixa declividade de sítio e extensas áreas alagáveis, resguardando, porém, possibilidades de requalificação urbana e ambiental devido à relativa preservação de suas áreas verdes, em percentuais considerados toleráveis, e sua localização em porções estratégicas do território. Apesar das possibilidades que se apresentam, a bacia situa-se na área de expansão urbana de Belém, no Distrito de Icoaraci, o que fortalece uma tendência ao avanço da ocupação sobre suas áreas permeáveis.

A análise apresentada neste capítulo tomou como referência três porções do território de cada bacia, com dimensões de 500x500 metros (Figura 27). Cada porção possui padrão morfológico aproximadamente homogêneo, de modo a possibilitar uma associação dos resultados obtidos com as demais porções do território, que tenderão a apresentar desempenho semelhante. Foram realizadas análises ao nível das proporções de quadras e lotes, e do sistema viário, considerando as dimensões das caixas de via, além de alguns dos condicionantes físico-ambientais anteriormente apresentados – declividade e permeabilidade. Desta forma foi possível obter dados quantitativos que revelam a reprodução de padrões de parcelamento influenciados pela fisiografia local.

O embasamento teórico para as análises partiu de parâmetros estabelecidos por autores considerados no capítulo anterior, tais como McHarg (1979) e Araújo et. al (2011), no que se refere a taxas de declividade e de permeabilidade aceitáveis. A análise morfológica empregou conceitos e parâmetros extraídos de Mascaró (1997; 2005; 2008), Panerai (2006) e Lamas (2004), referentes ao desempenho funcional do parcelamento frente ao regime hidrológico e às possibilidades de aproveitamento do solo.

Figura 26- Áreas selecionadas para análise nas bacias do Paracuri e do Tucunduba



Fonte: COHAB (2013), LABCAM (2015)

5.1. Declividade

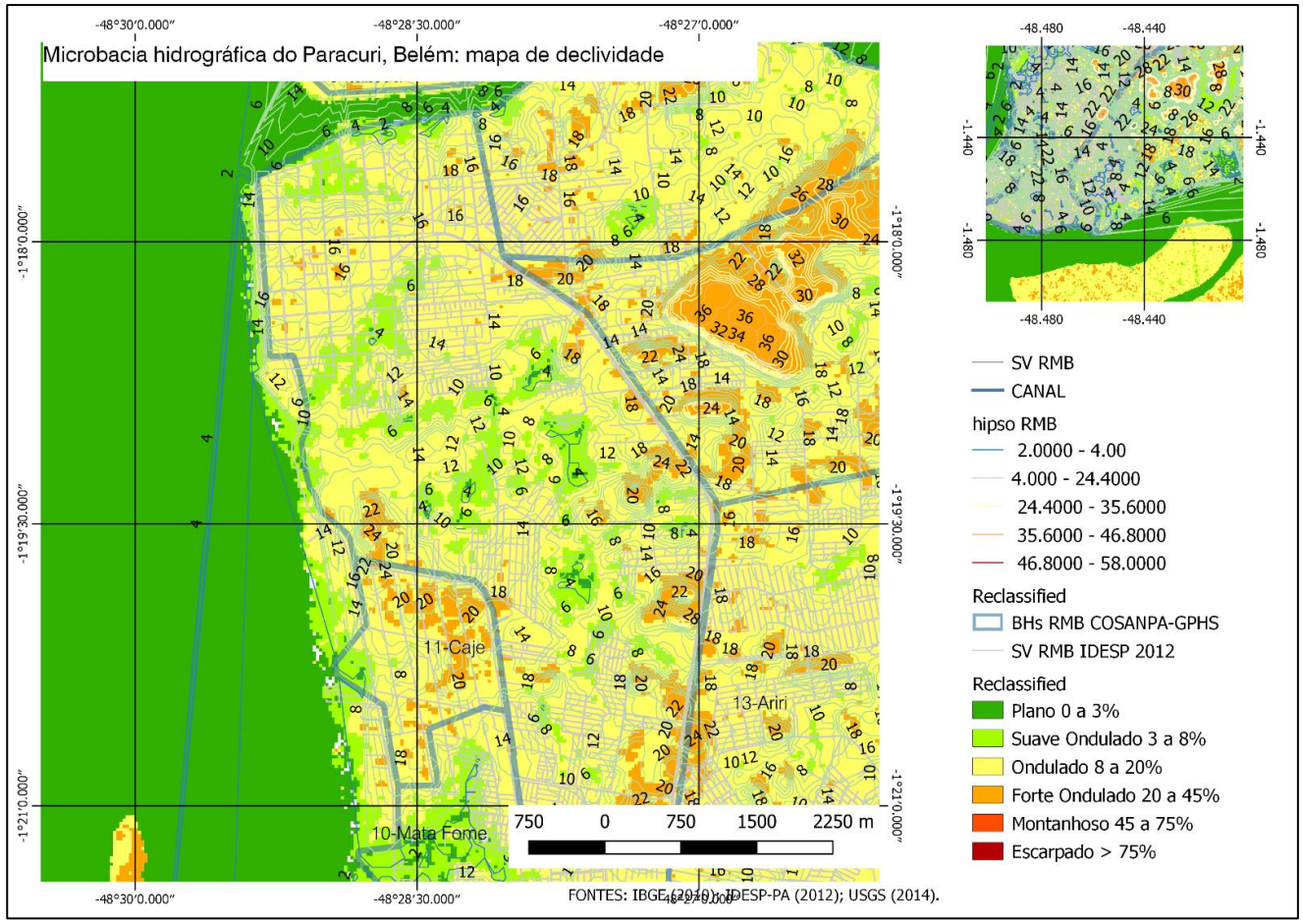
Como já discutido no capítulo anterior, a declividade do sítio consiste em um fator relevante para o equilíbrio hidrológico de uma bacia, visto que condiciona a velocidade do escoamento superficial e, consequentemente, interfere nos processos de infiltração e percolação das águas. Nesta seção pretende-se realizar um refinamento das considerações do capítulo anterior sobre a declividade, com base nas classes propostas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), entre relevos plano (0 a 3%), suave ondulado (3 a 8%), ondulado (8 a 20%), forte ondulado (20 a 45%), montanhoso (45 a 75%) e escarpado (>75%).

Observando esta classificação da declividade desde a escala *macro,* envolvendo a totalidade do território das bacias selecionadas, observa-se que a distribuição do relevo segue uma tendência de menores declividades em áreas próximas aos cursos d'água, enquanto que as declividades mais acentuadas tendem a concentrar-se nas porções próximas aos divisores de águas.

As duas bacias selecionadas exemplificam a tendência do relevo amazônico a declividades mais baixas. especialmente no município de Belém, onde, conforme estudo de Avelar (2018), não foram encontradas áreas pertencentes às faixas mais acentuadas de declividade estabelecidas pela EMBRAPA (2013), as quais foram identificadas somente nos demais municípios metropolitanos.

A Figura 27 demonstra a espacialização do relevo na bacia do Paracuri:

Figura 27- Mapas de taxas de declividade da bacia do Paracuri.



Fonte: LABCAM (2015), EMBRAPA (2006)

A bacia apresenta diferentes padrões de parcelamento, desde a malha regular e ortogonal do arruamento histórico do distrito de Icoaraci e dos conjuntos habitacionais, passando pela tipologia encontrada nos loteamentos irregulares, que tende a formas mais regulares, não sendo, porém, estritamente ortogonal; os assentamentos precários, que apresentam malha mais orgânica e adaptada aos contornos da topografia local, até condomínios fechados de alto padrão, com parcelamento regular e ortogonal, porém desconectados dos assentamentos do entorno.

Estas diferentes tipologias de parcelamento estão dispostas em núcleos desarticulados entre si, e altamente dependentes dos eixos viários principais, conforme atestado por estudo de Cardoso (2007), que apontou deficiências quanto à acessibilidade espacial entre os assentamentos da bacia do Paracuri. A desarticulação entre os assentamentos impõe percursos mais longos aos pedestres e demanda a criação de acessos individuais às vias principais, constituindo um padrão pouco eficiente de aproveitamento do solo. Desse modo, configura-se um padrão de ocupação disperso, que demanda maior supressão vegetal e produção de superfícies impermeáveis, impactando negativamente o ciclo hidrológico.

As regiões de menor declividade, portanto, mais propensas a alagamentos encontram-se dispostas às proximidades dos rios Paracuri e Livramento. Estas condições físico-ambientais se refletem nas características do parcelamento, que normalmente estará associado aos contornos da topografia local, não obedecendo a padrões geométricos claramente definidos. Conforme a tendência historicamente adotada em Belém, que visa à ocupação prioritária das regiões com topografia mais elevada (CARDOSO, 2007), as áreas de várzea da bacia do Paracuri constituíram-se como alternativa de moradia à população mais pobre, que se estabeleceu em vastos aglomerados subnormais, que gradualmente avançam sobre as áreas verdes remanescentes.

As áreas de várzea, portanto, naturalmente suscetíveis a alagamentos devido às baixas cotas altimétricas, e, neste caso específico, reforçado pelas baixas

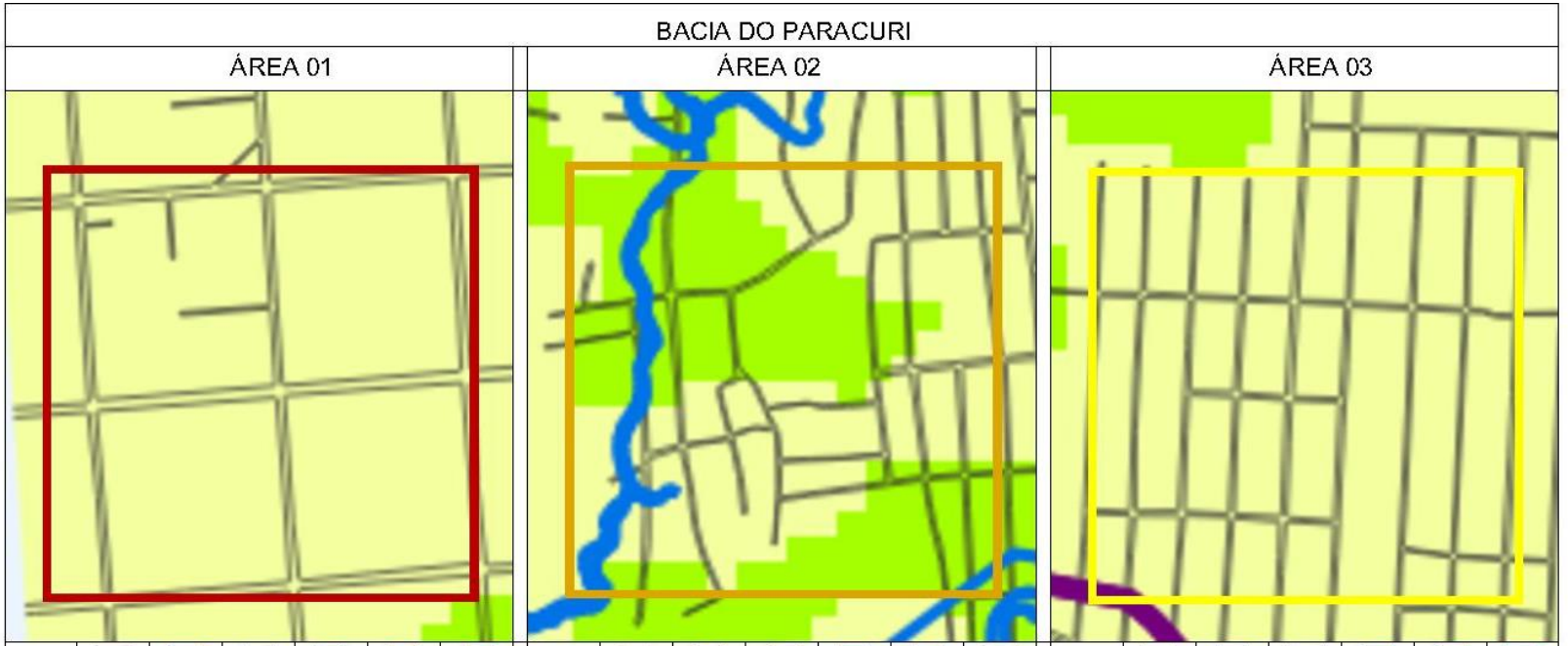
declividades, têm sua extensão significativamente ampliada em função da ocupação (SPIRN, 1995). As condições de extrema precariedade infraestrutural, sob as quais esta ocupação é produzida, potencializam os efeitos ambientais negativos sobre a bacia, tais como as alterações na qualidade das águas e na distribuição proporcional em cada etapa do ciclo hidrológico.

Nesse contexto, e considerando a perspectiva do desempenho ambiental da bacia, seria desejável o estabelecimento de diretrizes de ordenamento territorial, que visem a uma lógica de ocupação mais racional, capaz de estabelecer maior contiguidade entre os assentamentos e possibilitar uma ocupação mais intensiva em áreas mais. favoráveis à urbanização, ao mesmo tempo em que possibilitem a preservação das áreas de maior fragilidade ambiental, neste caso, as áreas de várzea dos rios Paracuri e Livramento, que se encontram atualmente sujeitas à expansão de um vetor de ocupação precária.

Quanto às declividades, ocorre a nítida predominância de declividades mais acentuadas, na faixa de relevo ondulado (8 a 20%), havendo pequenas porções próximas ao leito dos rios classificadas como suave ondulado (3 a 8%), além da região sudeste da bacia que apresenta variação topográfica mais significativa, resultando na ocorrência de relevo forte ondulado (20 a 45%).

A Figura 28 ilustra as faixas de declividade presentes nos três recortes selecionados na bacia do Paracuri.

Figura 28 - Faixas de declividade nas áreas selecionadas na bacia do Paracuri



Classes	Plano 0 a 3%	Suave Ond. 3 a 8%	Ondulado 8 a 20%	Forte Ond. 20 a 45%	Montan. 45 a 75%	Escarpado > 75%
Área	-	-	250.000m²	-	-	-
Porcentual	-	-	100%	-	-	-

Classes	Plano 0 a 3%	Suave Ond. 3 a 8%	Ondulado 8 a 20%	Forte Ond. 20 a 45%	Montan. 45 a 75%	Escarpado > 75%
Área	-	116.635m²	133.365m²	-	-	-
Porcentual	-	46.6%	53.4%	-	-	-

Classes	Plano 0 a 3%	Suave Ond. 3 a 8%	Ondulado 8 a 20%	Forte Ond. 20 a 45%	Montan. 45 a 75%	Escarpado > 75%
Área	-	-	250.000m²	-	-	-
Porcentual	-	-	100%	-	-	-

Fonte: LABCAM (2015), EMBRAPA (2013)

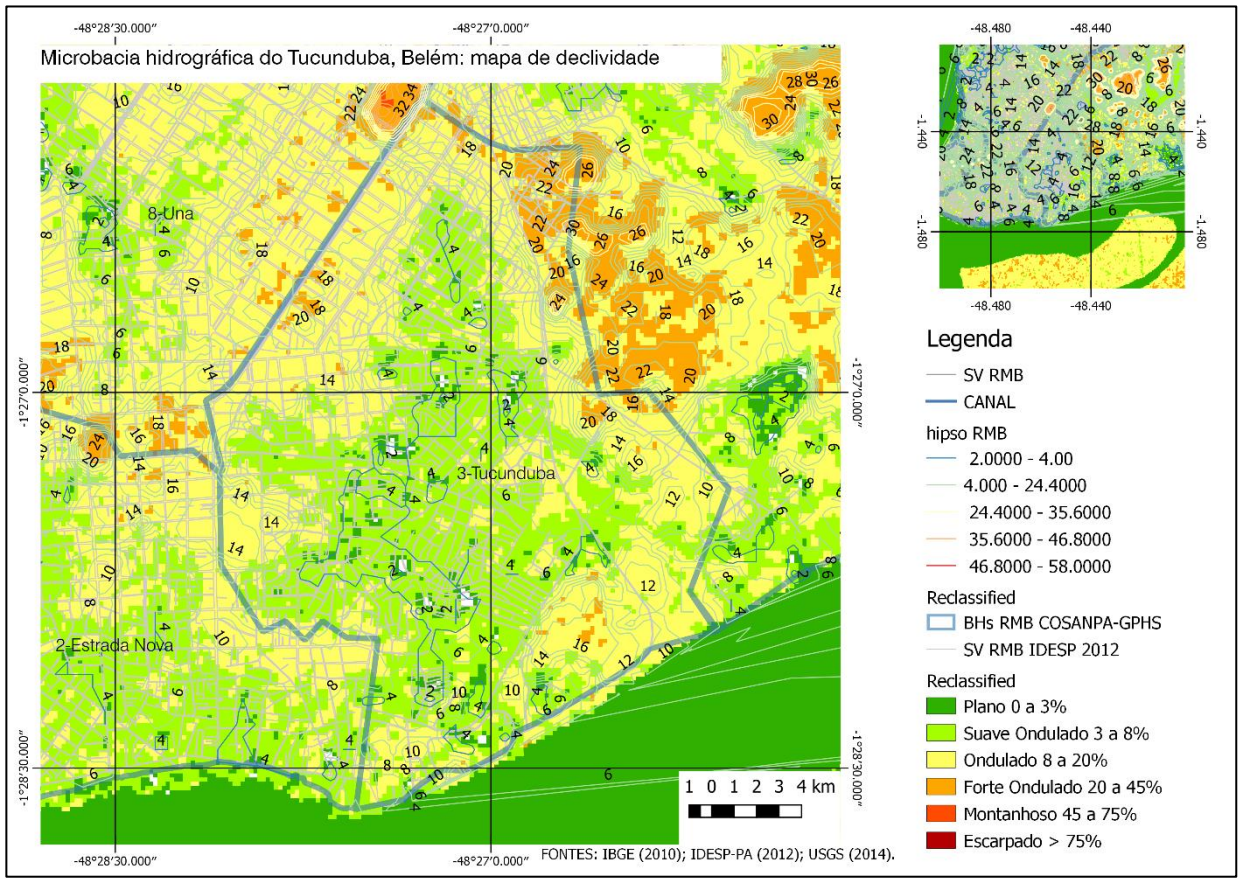
Dentre as áreas selecionadas na bacia do Paracuri, a primeira destaca-se por estar totalmente inserida, bem como sua região adjacente, na classe de relevo ondulado, de 8 a 20% de declividade. Esse fator garante maior funcionalidade ao sistema de drenagem, transferindo mais rapidamente o volume do escoamento superficial para as áreas a jusante, que acabam sendo penalizadas com a ampliação dos eventos de alagamentos em frequência e intensidade (Araújo, et. al., 2011).

Na Área 01 o padrão de declividade existente, situado em faixa intermediária, favorece condições mais adequadas à ocupação, tanto em relação à funcionalidade do escoamento das águas, quanto aos processos erosivos. Diante destas condições, pode-se dizer que a faixa de relevo encontrada nesta região da bacia impõe menores restrições aos possíveis padrões de parcelamento, de modo que o arruamento regular e ortogonal existente nesta área e em seu entorno, dispôs-se adequadamente, somente perdendo regularidade conforme sua aproximação em relação às áreas alagáveis.

Na Área 02 observa-se a variação de declividade entre as tipologias suave ondulado (3 a 8%) e ondulado (8 a 20%), sendo as áreas de relevo menos acentuado aquelas mais próximas ao rio Livramento, com parcelamento mais orgânico, enquanto que à direita, nas porções onde predomina a faixa de maior declividade, a malha urbana apresenta maior regularidade, evidenciando novamente a relação entre a forma do parcelamento e a declividade e estabilidade do solo.

A Área 03 tem toda a sua extensão inserida na zona de relevo ondulado (8 a 20%), com parcelamento mais regular, aproximando-se das porções classificadas na faixa de relevo forte ondulado (20 a 45%), situadas no limite Sul da bacia, confrontante com a bacia do Cajé. O parcelamento da bacia dispõe-se perpendicularmente ao sentido do relevo, que, associado à sua declividade de sítio mais acentuada, favorece o direcionamento das águas a jusante, tendencialmente mais planas. A Figura 29 apresenta a distribuição das faixas de declividade ao longo da bacia do Tucunduba:

Figura 29 - Faixas de declividade na bacia do Tucunduba



Fonte: LABCAM (2015), EMBRAPA (2013)

A bacia do Tucunduba apresenta uma variedade de padrões de parcelamento, que guarda relações com a morfologia do sítio físico. As áreas situadas ao Norte e Oeste da bacia tendem a um padrão mais regular e ortogonal de parcelamento, herdado do plano de arruamento proposto pelo engenheiro Nina Ribeiro. Este padrão é gradativamente alterado em direção às áreas centrais da bacia, que assumem configuração mais orgânica, devido à sua correspondência com as áreas de várzea do igarapé Tucunduba.

Na bacia do Tucunduba, a maior parte da superfície está dividida entre as classes de relevo ondulado (8 a 20%) e de suave a ondulado (3 a 8%), estando esta última concentrada na porção central da bacia. Existem ainda algumas porções próximas ao leito do igarapé Tucunduba, classificadas como relevo plano (de 0 a 3%). Na porção Nordeste da bacia verifica-se a ocorrência de relevo classificado como forte ondulado (20 a 45%).

Deste modo, as porções mais elevadas do território coincidem com aquelas de maior declividade, situadas a leste da bacia. Essa região, por ser de domínio institucional, possui grande extensão de cobertura vegetal predominantemente arbórea e construções esparsas, em contraposição ao restante da bacia, onde as baixas declividades, somadas ao elevado grau de impermeabilização do solo e deficiências infra estruturais expõem a população residente a um cenário de precariedade e vulnerabilidade ambiental. É importante notar que a cobertura vegetal reforça a estabilidade do solo devido à contenção de suas partículas, de modo que, na ausência da vegetação, áreas com declividades mais acentuadas tendem a favorecer os processos erosivos (ARAÚJO et. al., 2011).

Figura 30- Faixas de declividade na bacia do Tucunduba

Classes	Plano 0 a 3%	Suave Ond. 3 a 8%	Ondulado 8 a 20%	Forte Ond. 20 a 45%	Montan. 45 a 75%	Escarpado > 75%
Área	-	21.889m²	228.110m²	-	-	-
Percentual	-	8.8%	91.2%	-	-	-

Classes	Plano 0 a 3%	Suave Ond. 3 a 8%	Ondulado 8 a 20%	Forte Ond. 20 a 45%	Montan. 45 a 75%	Escarpado > 75%
Área	-	9.352m²	240.648m²	-	-	-
Percentual	-	3.7%	96.3%	-	-	-

Classes	Plano 0 a 3%	Suave Ond. 3 a 8%	Ondulado 8 a 20%	Forte Ond. 20 a 45%	Montan. 45 a 75%	Escarpado > 75%
Área	17.193m²	226.756m²	6.049m²	-	-	-
Percentual	6.9%	90.7%	2.4%	-	-	-

Fonte: LABCAM (2015), EMBRAPA (2013)

A Área 01, que está situada em cotas mais elevadas, apresenta a maior parte de sua extensão classificada como relevo ondulado (8 a 20%), onde predomina um parcelamento mais regular. A porção do território que se direciona às cotas mais baixas assume declividades da classe suave ondulado (3 a 8%), iniciando a transição para o relevo predominante na porção central da bacia. Tais características se repetem na Área 02, que possui predomínio de áreas com relevo ondulado, situadas na região onde existe parcelamento mais regular, com ocorrência de menores declividades na direção Sul.

Percebe-se, portanto, a correspondência das regiões com maior declividade, presentes nas áreas 01 e 02, e, logo com um regime mais funcional de escoamento das águas, e a presença de arruamento mais regular, devido às condições de maior estabilidade do sítio físico, que o tornam propício à implantação de diferentes padrões de parcelamento. Diante deste fator, a opção preferencial consiste em soluções ortogonais, com padrões de quadras variando entre formatos quadrado e retangular.

Estas condições de regularidade apontam para uma tendência a menores custos na implantação de infraestrutura, uma vez que as redes obedecerão a um padrão mais compacto, acompanhando a disposição do arruamento, havendo predominância de encontros de vias em ângulo reto, que representam menor superfície a ser pavimentada. Tendência contrária verifica-se na Área 03, onde o padrão mais irregular do parcelamento e as condições do sítio físico, caracterizado por baixas declividades e suscetibilidade a alagamentos tende a ampliar os custos com as redes de infraestrutura.

Pode-se dizer que a declividade do sítio e as condições de permeabilidade do solo são fatores intimamente vinculados aos processos de escoamento superficial e infiltração, e, portanto, influenciam diretamente no funcionamento do ciclo hidrológico (SCHUTZER, 2012). Do mesmo modo, procedimentos como a remoção de cobertura vegetal e impermeabilização do solo, especialmente em função da pavimentação das vias, contribuem para a ampliação dos efeitos do escoamento superficial, em volume e velocidade e comprometem os processos de infiltração, produzindo cenários ainda mais críticos quando coincidentes com condições naturais que se direcionam a esta

tendência, como a ocorrência de declividades mais acentuadas e solos naturalmente pouco permeáveis.

Neste sentido, pode-se observar que a bacia do Paracuri, apresenta variação nos padrões de ocupação, havendo em alguns casos correspondência de declividades mais elevadas (faixa de 8 a 20%), com maior impermeabilização do solo pela pavimentação viária, especialmente nas regiões de ocupação mais consolidada, como as áreas 01 e 03. Na primeira área, com maior grão de quadra, a quantidade de superfície pavimentada está mais relacionada às dimensões das caixas de via do que à sua extensão, enquanto na terceira área, o padrão de quadras mais compactas torna mais relevante a extensão das vias, frente à sua largura, mais reduzida.

Em ambas persiste ainda relativa preservação de permeabilidade e cobertura vegetal nos miolos de quadra, havendo na primeira o predomínio de uma tipologia construtiva com menor adensamento, que possibilita a manutenção de recuos entre as edificações. Quanto à terceira área, tratando-se de um loteamento irregular, o parcelamento é aproximadamente ortogonal, com quadras de formato retangular e maior contiguidade entre as edificações.

Na Área 02, a menor declividade de sítio, associada ao padrão de ocupação mais irregular e ao fato de tratar-se de área de várzea, contribui para o desempenho desfavorável do ciclo hidrológico. Esta tendência, entretanto, é contraposta pela preservação de áreas verdes às proximidades do leito do rio e pela forma de ocupação ainda não consolidada, relativamente pouco adensada, bem como pela ocorrência da tipologia construtiva das palafitas, que demanda menor impermeabilização do solo em comparação com as técnicas construtivas tradicionais. Nesta região, a impermeabilização do solo decorrente da pavimentação do sistema viário tem menor impacto sobre o regime hidrológico da bacia, uma vez que este representa menor percentual de superfície em comparação às áreas parceláveis.

Na bacia do Tucunduba ocorre situação semelhante, uma vez que as áreas 01 e 02 que apresentam declividades mais acentuadas, correspondentes às áreas com parcelamento mais regular e com escassez de áreas permeáveis e vegetadas, em função do nível mais avançado de consolidação da ocupação. Observa-se ainda a

correspondência de maior superfície destinada ao sistema viário nas áreas de ocupação formal, quando comparadas àquelas informalmente produzidas, em função de suas amplas caixas de via.

Na Área 03, ao contrário, é notável a correspondência das já citadas condições naturais desfavoráveis ao adequado funcionamento do ciclo hidrológico e um padrão de ocupação que reforça esta tendência, caracterizado por elevado adensamento construtivo, supressão de cobertura vegetal e impermeabilização de superfícies, sendo, neste caso, menos significativa a parcela correspondente à superfície viária.

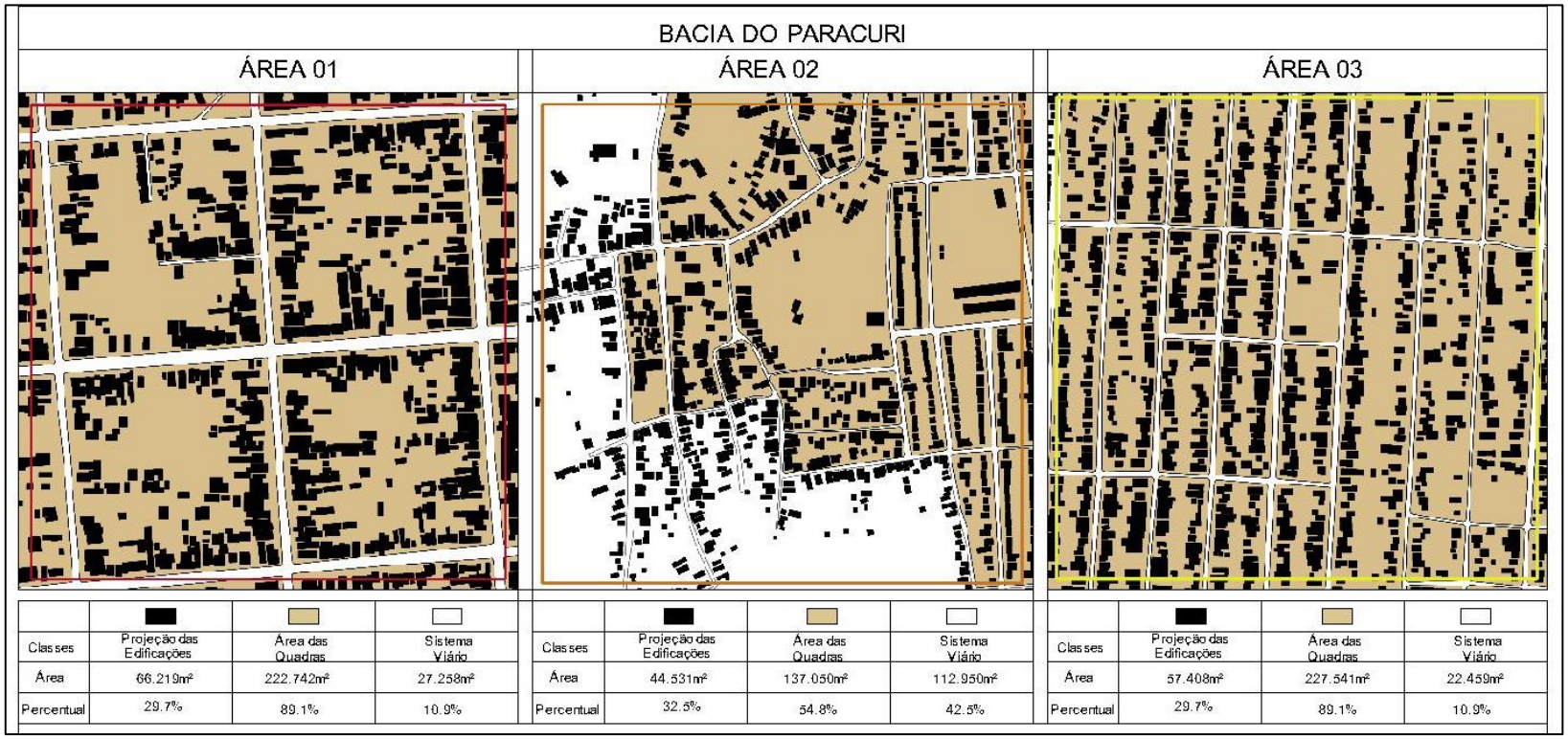
5.3. Taxa de ocupação

A taxa de ocupação é um importante fator influenciador do grau de impermeabilização do solo e do adensamento construtivo. Os valores utilizados nesta seção foram obtidos a partir da divisão das áreas de projeção das edificações nas áreas selecionadas (COHAB, 2013), dividida pela área das quadras em cada parcela, obtida por meio da base de arruamento da RMB, produzida pelo IDESP (2014).

Com base em tais dados foi possível a visualização da distribuição proporcional do território dentre áreas edificadas, permeáveis e destinadas ao sistema viário, por meio de mapas de cheios e vazios, que possibilitaram a comparação entre os níveis de impermeabilização do solo, produzidos segundo o padrão de ocupação praticados nas diferentes porções das bacias. Visualmente pode-se observar a maior intensidade do adensamento construtivo e a quase inexistência de áreas permeáveis em todas as áreas da bacia do Tucunduba, relativamente às áreas da bacia do Paracuri, o que é mais um fator indicativo do maior nível de precariedade na primeira bacia.

A Figura 31 demonstra as representações de cheios e vazios nas áreas selecionadas na bacia do Paracuri.

Figura 31 - Taxa de ocupação de quadras na bacia do Paracuri



Classes	Projeção das Edificações	Área das Quadras	Sistema Viário
Área	66.219m²	222.742m²	27.258m²
Percentual	29.7%	89.1%	10.9%

Classes	Projeção das Edificações	Área das Quadras	Sistema Viário
Área	44.531m²	137.050m²	112.950m²
Percentual	32.5%	54.8%	42.5%

Classes	Projeção das Edificações	Área das Quadras	Sistema Viário
Área	57.408m²	227.541m²	22.459m²
Percentual	29.7%	89.1%	10.9%

Fonte: COHAB(2013)

Na bacia do Paracuri, a área de projeção das edificações na Área 01 corresponde a 29.7% da superfície das quadras. Nas poucas vias de penetração existem pequenas construções, dispostas de forma mais contígua e adaptadas ao formato dos lotes nestas áreas, que, em grande parte, possuem proporção de 1:1 e dimensões bastante reduzidas.

Na Área 02, em função da não-consolidação do tecido urbano, verificam-se construções esparsas, que não obedecem a um alinhamento claramente definido e, em geral, possuem pequenas dimensões, especialmente nas regiões mais precárias, coincidentes com as áreas alagáveis. O adensamento construtivo nesta área, portanto, mantém-se em níveis reduzidos, inferiores ao registrado nas demais parcelas da bacia. Note-se, ademais, que nestas áreas é frequentemente empregada a tipologia construtiva da palafita, como estratégia de adequação ao sítio físico local, produzindo efeitos menos impactantes de impermeabilização do solo.

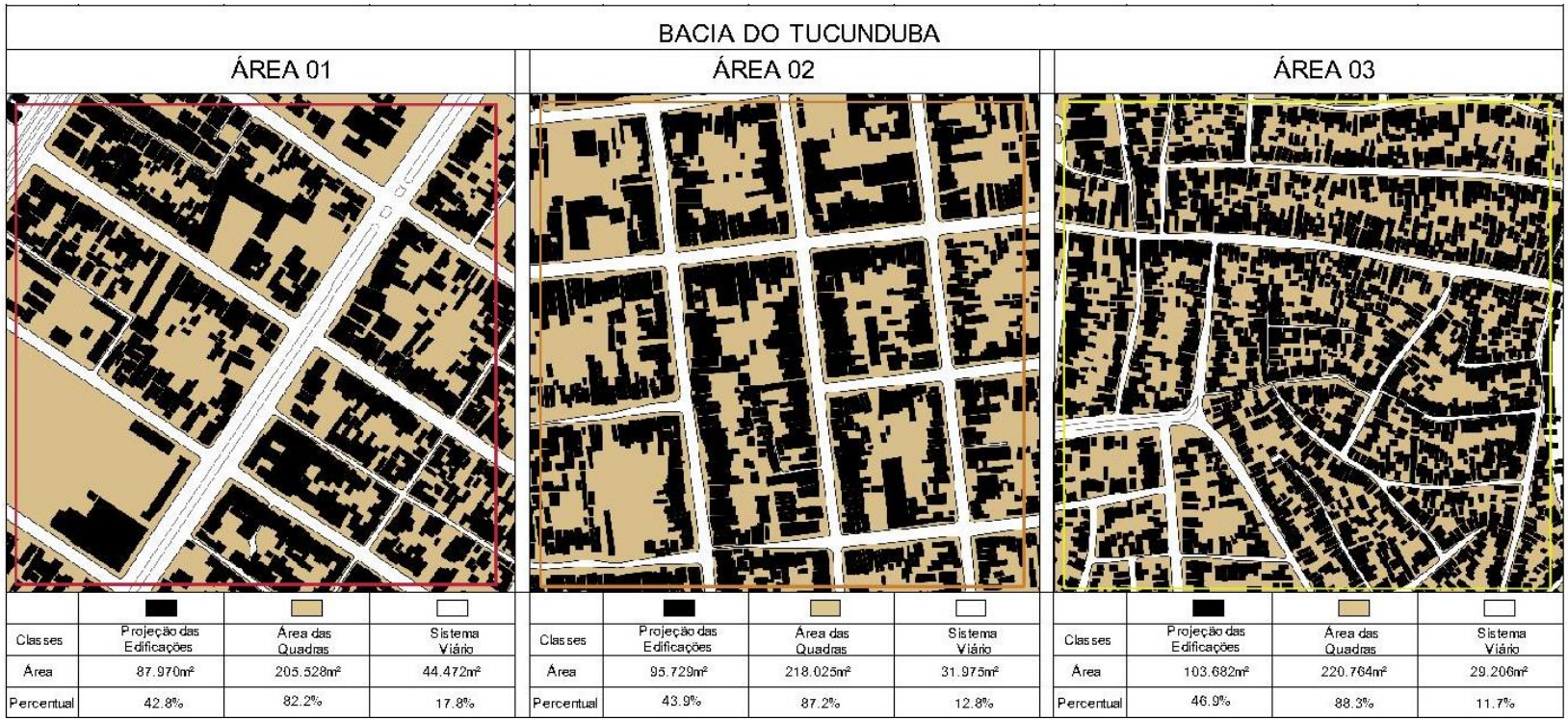
Na Área 03 verifica-se um nível intermediário de adensamento construtivo em relação às demais parcelas, possivelmente por tratar-se de um loteamento irregular, uma tipologia que oscila entre características próprias dos padrões formal e informal de ocupação. Entretanto, em que pese estas características formais intermediárias em relação ao parcelamento, a Área 02 é inteiramente classificada como aglomerado subnormal, possivelmente em função do padrão construtivo das habitações e da precariedade infraestrutural.

A disposição das edificações, especialmente nas áreas 01 e 03, de ocupação mais consolidada, produz a configuração denominada por Panerai (2006) de quadras convexas, cujo perímetro é delimitado pela massa edificada, disposta em um padrão de maior contiguidade nas áreas mais consolidadas. Na Área 02 a ocupação obedece a outro padrão, de distribuição mais esparsa, não havendo delimitação total das faces de quadra pelas edificações.

É possível notar ainda, em todas as áreas, a concentração das edificações junto à testada principal dos lotes, restando livres os miolos de quadra. Esse fato pode estar relacionado aos usos não-residenciais adotados em muitos destes lotes, especialmente na Área 01, que priorizam a construção junto às faces de quadra. Por outro lado, na Área 02 este fato pode estar relacionado à não consolidação da

ocupação, que resulta em relações flexíveis de uso e apropriação do espaço público, não havendo clara delimitação entre este e o domínio privado. Na Área 03 estaria influenciado pela estratégia de locação das edificações e tipologia habitacional em geral praticada em loteamentos irregulares e conjuntos habitacionais populares, que, em geral prioriza a parte frontal dos lotes, mantendo pequenos recuos e quintais.

Figura 32 - Taxa de ocupação de quadras na bacia do Tucunduba



Classes	Projeção das Edificações	Área das Quadras	Sistema Viário
Área	87.970m²	205.528m²	44.472m²
Percentual	42.8%	82.2%	17.8%

Classes	Projeção das Edificações	Área das Quadras	Sistema Viário
Área	95.729m²	218.025m²	31.975m²
Percentual	43.9%	87.2%	12.8%

Classes	Projeção das Edificações	Área das Quadras	Sistema Viário
Área	103.682m²	220.764m²	29.206m²
Percentual	46.9%	88.3%	11.7%

Fonte: COHAB (2013)

Na bacia do Tucunduba, a Área 01, em virtude da marcante presença de usos não-residenciais, devido tratar-se de áreas dispostas ao longo de importantes eixos viários da cidade, observa-se um adensamento construtivo mais reduzido em relação às demais áreas da bacia. Embora esta característica seja positiva, isto não se reflete em melhoria das condições de infiltração das águas, uma vez que, tratando-se de área consolidada, esta apresenta expressivo percentual de impermeabilização do solo.

A Área 02, possui adensamento construtivo mais expressivo em relação à Área 01, em correspondência com o padrão de ocupação transitório desta área, que se direciona às parcelas informalmente produzidas na bacia. As áreas permeáveis existentes restringem-se a pequenos quintais e a um grande terreno de uso religioso. Caracterizando o perfil transitório das formas de ocupação desta área em relação às demais, seu território conta com áreas de aglomerado subnormal correspondentes a 17% do total de sua extensão, em contraposição à Área 01, onde não há registro destes assentamentos, e à Área 03, cuja totalidade do território recebe esta classificação.

Na Área 03, onde há maior precariedade, o adensamento construtivo é significativamente maior que o verificado nas demais parcelas, alcançando quase 50% da área total destinada às quadras. As áreas permeáveis existentes se limitam aos raros e mínimos quintais e miolos de quadra livres, além de áreas de solo exposto situadas às margens do igarapé Tucunduba. As edificações apresentam alta contiguidade entre si e são acessadas por pequenos recuos nas edificações que se ligam diretamente às faces de quadra. Esse conjunto de fatores produz condições habitacionais precárias, com indisponibilidade de áreas livres e oportunidade de aproveitamento da iluminação e ventilação natural.

Em todas as áreas selecionadas na bacia do Paracuri, existem ainda porções permeáveis nos miolos de quadras, quintais e demais áreas não edificadas. O mesmo não ocorre na bacia do Tucunduba, onde o adensamento construtivo mostrou-se muito mais elevado, intensificando-se em direção às áreas de maior precariedade, ao centro da bacia. Não foi possível, porém, a contabilização destas áreas, uma vez que as superfícies permeáveis utilizadas neste trabalho consideram apenas as áreas com dimensões mais significativas, sem maior refinamento ao nível dos lotes.

5.2. Análise Morfológica

A presente seção dedica-se à aplicação dos conceitos e parâmetros utilizados para a análise morfológica do parcelamento urbano das bacias do Tucunduba e do Paracuri, visando à compreensão das relações do arranjo dos elementos morfológicos entre si, bem como suas dimensões e proporções, e o desempenho ambiental das bacias hidrográficas. O conceito de morfologia aqui empregado é tomado de Lamas (2004), segundo o qual, esta consiste no estudo da forma exterior dos objetos, relacionando-os com o contexto que os gerou, não se ocupando, porém, dos fenômenos em si, apenas da contribuição destes na produção da forma urbana. Para realizar o estudo das formas, a morfologia decompõe os objetos em seus elementos constitutivos, que no caso do espaço urbano, seriam a rua, o quarteirão e o lote.

A análise proposta nesta seção se dedica ao estudo de quadras e lotes, segundo suas proporções, e do sistema viário, segundo as dimensões das caixas de via, buscando as relações entre os percentuais das superfícies urbanas destinadas à circulação ou à construção, o que se relaciona com as taxas de impermeabilização do solo, e, consequentemente, com o equilíbrio hidrológico das bacias.

5.2.1. Caixas de via

O traçado ou rua é um elemento primário na ocupação do território, atuando na ligação dos diferentes espaços da cidade e promovendo a mobilidade de pessoas e mercadorias. Esse elemento se expressa em diversas escalas, desde as vias de pedestres, passando pelas vias locais, até as vias expressas de grande circulação (LAMAS, 2004).

A implantação do traçado urbano pode se utilizar das condições naturais do sítio físico para a obtenção de um melhor desempenho urbanístico-ambiental, sendo a declividade um dos mais importantes aspectos a serem considerados, resultando em melhor aproveitamento da ventilação natural, escoamento das águas, otimização das redes de infraestrutura, bem como em melhor aproveitamento da terra (MASCARÓ, 2008).

O autor aponta ainda a importância do estabelecimento do traçado de vias

transversalmente ao sentido da declividade, a fim de favorecer o escoamento funcional das águas, sendo necessária, em alguns casos, a utilização de meios artificiais para possibilitar a drenagem nas vias que não puderem seguir este ordenamento e estiverem paralelas às curvas de nível. Considerando, entretanto, as condições fisiográficas da região amazônica, a observância destes princípios não representaria impacto tão significativo, uma vez que à baixíssimas declividades, condicionariam mais fortemente a tendência de retenção das águas

Segundo Acioly e Davidson (1988) os custos das habitações tendem a ser elevados em função do aumento de largura das vias, uma vez que isto implica em acréscimo no percentual do solo urbano destinado ao espaço público, em relação à quantidade de solo parcelável. Os autores destacam ainda que as decisões acerca das dimensões das vias públicas devem estar associadas à densidade populacional, visto que maiores áreas destinadas ao espaço público, possibilitam maior variedade de usos e fluxo de pedestres, o que é desejável para áreas mais adensadas.

Em geral, a pavimentação de vias responde por uma parcela muito significativa dos custos com a urbanização. Entretanto, conforme apontado por Bueno (2000), nas favelas esse custo tende a ser menor, uma vez que o uso mais intensivo do solo prioriza as áreas disponíveis para construção em detrimento do espaço público. Deste modo, embora a capilaridade do sistema viário nas áreas de ocupação irregular tenda a ser maior, em função da necessidade de maiores percursos, condicionados pela morfologia orgânica do parcelamento, este fator é compensado pelas reduzidas caixas de via, que resultam em diminuição das superfícies a serem pavimentadas.

Em Belém pode-se encontrar exemplos de inadequação das dimensões das vias em relação à densidade populacional, a exemplo das áreas de assentamentos precários, com alta densidade populacional, cujas vias em geral são estreitas e irregulares, dificultando os usos públicos. Por outro lado, em alguns conjuntos habitacionais construídos na década de 1970, predomina um sistema viário amplo e mesmo desproporcional em relação às demandas do fluxo de veículos, sendo ainda subutilizado em virtude da baixa densidade populacional, apontadas nos dados do Censo Demográfico do IBGE (2010).

Os traçados urbanos não ortogonais tendem a apresentar custos maiores do que

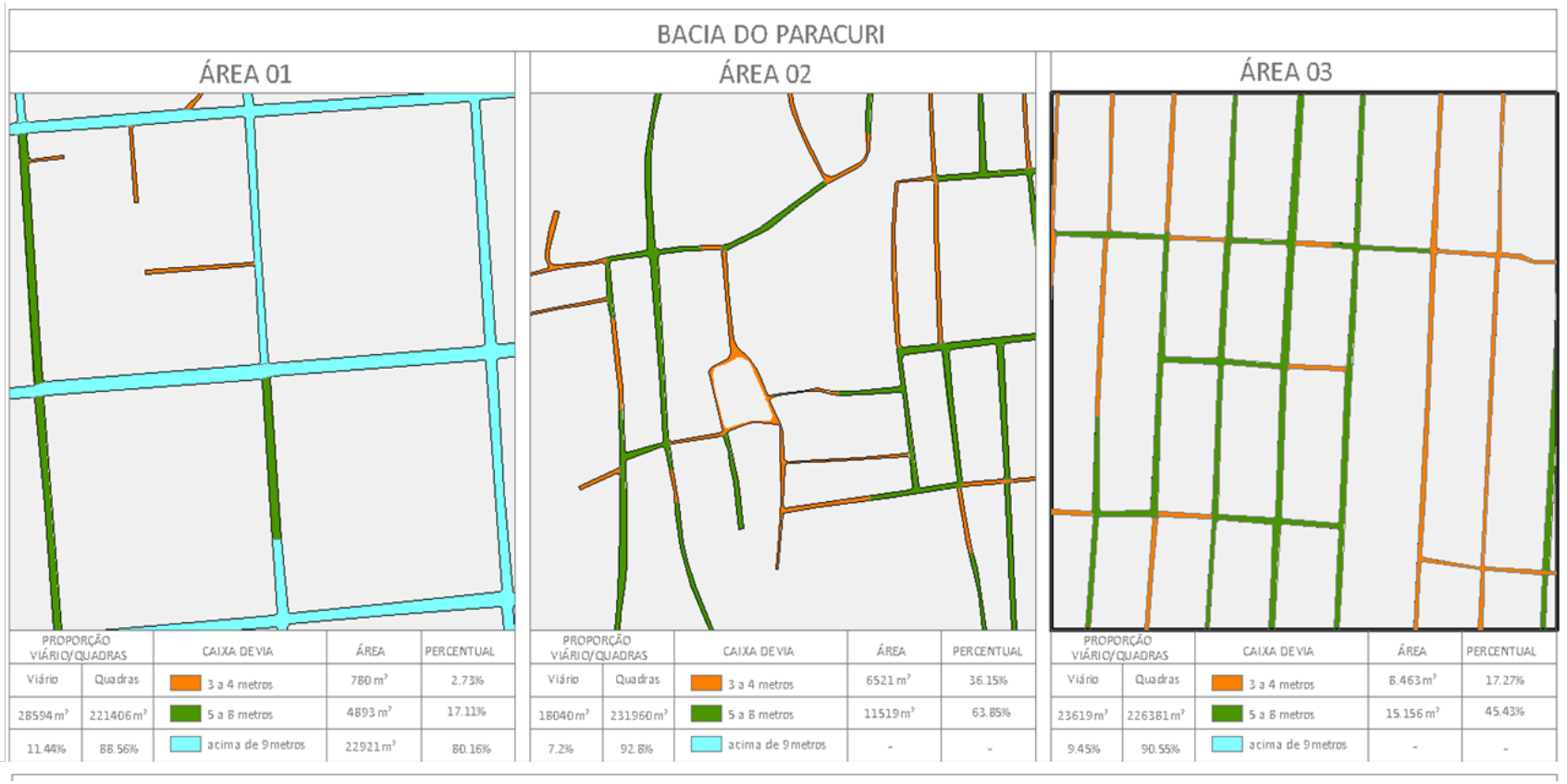
os ortogonais em especial no que se refere aos custos de implantação das redes de infraestrutura urbana nas próprias vias, que devem obedecer às mudanças de alinhamento, havendo, também, o custo derivado do menor percentual de aproveitamento do solo, devido ao formato irregular das parcelas que são geradas a partir deste arruamento (MASCARÓ, 1997). Por outro lado, é importante pontuar que é possível que a adaptação do parcelamento às variações do relevo induza a maior compacidade da ocupação e portanto menor custo de infraestrutura e ocupação mais compreensiva.

Diante destas informações pode-se inferir que o traçado orgânico presente em boa parte dos assentamentos precários da RMB, se mostra menos eficiente, economicamente, em termos de implantação de infraestrutura e de aproveitamento de área útil do solo, em comparação com parcelamentos regulares, ao mesmo tempo em que apresenta caráter menos funcional, no que se refere ao escoamento das águas, já que a distribuição das quadras não obedece a uma configuração associada à topografia local (LEÃO, 2013; BRANDÃO, 2016).

É importante notar, entretanto, que os modos de produção formal e informal dos assentamentos, obedecem a lógicas distintas, de modo que nas áreas informalmente produzidas, tende-se a priorizar as áreas parceláveis em detrimento daquelas destinadas ao sistema viário, enquanto que no parcelamento formal, tende-se a valorizar maior acessibilidade viária (BUENO, 2000).

A Figura 33 ilustra a distribuição predominante das diferentes faixas de largura das caixas de via nas três áreas selecionadas na bacia do Paracuri, expressando a correspondência deste fator com os diferentes padrões de parcelamento encontrados em cada área.

Figura 33 - Dimensões de caixas de via nas áreas selecionadas na bacia do Paracuri



Fonte: IDESP (2014)

Na bacia do Paracuri, a Área 01 apresenta parcelamento regular, com predominância de um viário mais amplo e com poucas vias de penetração. As vias maiores apresentam largura superior a nove metros, estando de acordo com o padrão de ocupação formal empreendido nesta região da bacia. Embora as dimensões mais amplas das vias impliquem em maior superfície impermeável, o padrão ortogonal do parcelamento possibilita um arranjo morfológico mais compacto, além das dimensões do grão de quadra, que sendo maiores resultam em menor capilaridade, e, portanto, menor extensão viária a ser pavimentada, representando menor impacto sobre a infiltração das águas.

Na Área 02 a proximidade em relação aos cursos d'água resulta em condições físico-ambientais que condicionam um padrão de parcelamento mais orgânico. Ademais, o caráter informal da ocupação, sem a devida provisão de infraestrutura resulta em um arruamento estreito e pouco integrado, no qual a maioria das vias possui dimensões inferiores a oito metros, como pode-se observar na figura 29. A extensão da ocupação sobre áreas que ainda preservam cobertura vegetal, produz vias sem saída, que, associadas às dimensões reduzidas do sistema viário e à não integração ao tecido urbano formalmente produzido, prejudica as condições de acessibilidade internamente aos assentamentos e em relação às áreas adjacentes (CARDOSO, 2007).

Dentre as três parcelas selecionadas, pode-se notar que o menor percentual de superfície destinada ao sistema viário encontra-se na Área 02, que possui padrão de ocupação mais informal, o que pode ser explicado pelo fato de esta área ainda não apresentar ocupação consolidada, havendo, portanto, um sistema viário em construção, que gradativamente adquire maior capilaridade avançando em direção às áreas verdes ainda preservadas da bacia. O modo de ocupação precário desta área pode ser evidenciado pela classificação de 85% de sua área enquanto aglomerado subnormal, semelhante às condições encontradas em boa parte das áreas centrais da bacia.

Na Área 03, por tratar-se de um loteamento irregular, apesar da tendência a uma malha urbana reticulada, ocorre a predominância de caixas de via mais estreitas, não superiores a oito metros. Devido às dimensões mais reduzidas de suas vias, esta

parcela apresenta menor percentual de área destinado ao sistema viário, quando comparada à área 01, que, embora apresente capilaridade significativamente menor em termos de extensão linear de vias na mesma unidade de área, possui caixas de via mais amplas.

Na bacia do Tucunduba, a Área 01, situada às proximidades da Avenida Almirante Barroso, a predominância de vias mais amplas, com largura superior a 9 metros, à exceção de vias mais estreitas, resultantes da subdivisão do parcelamento em quadras menores, em geral com dimensões entre 5 a 8 metros, além de vias de até 4 metros de largura, utilizadas para acesso aos miolos de quadra.

Na Área 02 prevalece igualmente um parcelamento com caixas de via superiores a 9 metros, inclusive com maior percentual em relação às demais tipologias, quando comparado à Área 01. Esta porção encontra-se no entorno de uma inflexão do parcelamento orientada pelos eixos das avenidas Magalhães Barata e Almirante Barroso, e apresenta características de transição entre o padrão morfológico ortogonal derivado destas áreas e o padrão mais orgânico predominante nas demais porções da bacia.

Nesta área, a proporção de vias com largura de até 4 metros é inferior à verificada para vias com dimensões entre 5 e 8 metros, possivelmente em função da predominância de usos comercias e de serviços, que priorizam a localização nas vias principais, e, em geral, demandam lotes maiores, não estimulando o fracionamento do solo de modo mais intensivo.

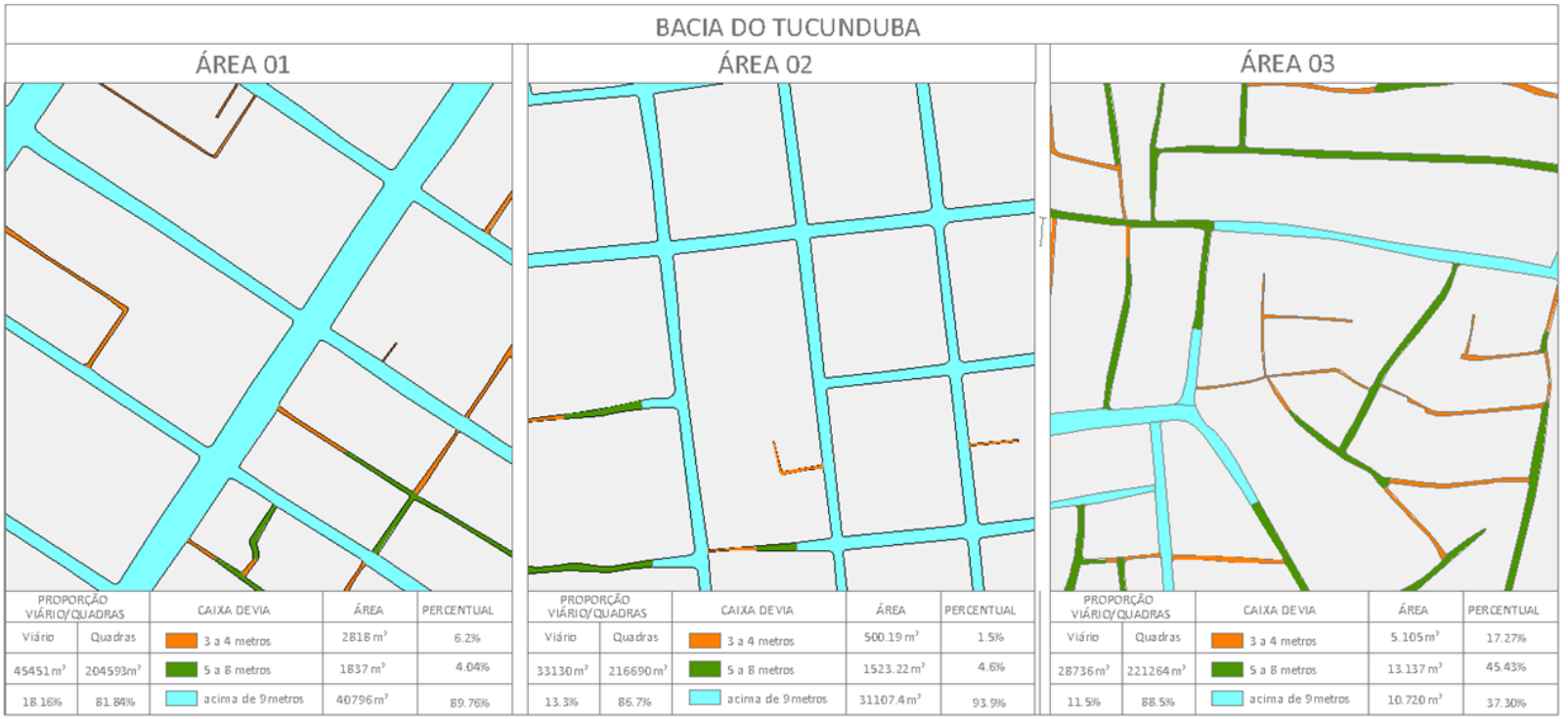
Na Área 03, localizada na porção central da bacia, encontra-se percentual mais elevado de caixas de via entre 5 e 8 metros, seguidas das vias com dimensões superiores a 9 metros, representadas pelos eixos viários principais. Com percentual mais expressivo quando comparado às demais áreas, as vias com até 4 metros de largura representam cerca de 17% da área total do sistema viário da bacia, sendo representadas pelos becos e vielas que promovem o acesso aos miolos de quadra, e que, em muitos casos, apresentam dimensões muito restritas, possibilitando apenas a circulação de pedestres e inviabilizando o aproveitamento da iluminação e ventilação natural.

A variação das caixas de via entre as áreas selecionadas reflete as diferentes

estratégias de aproveitamento do solo, predominantes em cada porção do território. Diante disso, percebe-se que a extensão de áreas destinadas ao sistema viário, que tendencialmente geram superfícies impermeáveis, é maior na Área 03, onde há significativa concentração de assentamentos precários. Este fator pode ser relacionado à capilaridade do sistema viário, que nestas áreas torna-se mais elevada em função das características mais orgânicas do parcelamento e da necessidade de acesso à grande quantidade de lotes, dispostos irregularmente.

Por sua vez, o aumento da capilaridade viária no interior das quadras está vinculado à estratégia de adensamento construtivo e, consequentemente, a produção de superfícies impermeáveis, restringindo ainda mais as possibilidades de infiltração das águas. Contrariamente a este padrão, pode-se observar na Área 01 a priorização de vias mais amplas que favorecem a circulação veicular e a implantação de mobiliário e arborização urbana. Na área 02, verifica-se uma morfologia de transição entre o padrão verificado nas duas demais porções.

Figura 34- Dimensões de caixas de via nas áreas selecionadas nas bacias



PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		CAIXA DE VIA	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Quadras			
45451 m²	204593 m²	3 a 4 metros	2818 m²	6.2%
18.16%	81.84%	5 a 8 metros	1837 m²	4.04%
		acima de 9 metros	40796 m²	89.76%

PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		CAIXA DE VIA	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Quadras			
33130 m²	216690 m²	3 a 4 metros	500.19 m²	1.5%
13.3%	86.7%	5 a 8 metros	1523.22 m²	4.6%
		acima de 9 metros	31107.4 m²	93.9%

PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		CAIXA DE VIA	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Quadras			
28736 m²	221264 m²	3 a 4 metros	5.105 m²	17.27%
11.5%	88.5%	5 a 8 metros	13.137 m²	45.43%
		acima de 9 metros	10.720 m²	37.30%

Fonte: IDESP (2014)

5.2.2. Proporção de Quadras

A quadra, ou quarteirão, segundo Lamas, pode ser definido tanto em função da volumetria construída em seu espaço, quanto do traçado urbano. Nesse sentido, uma das definições propostas pelo autor para o quarteirão, e que aqui será empregada, consiste na sua consideração enquanto o espaço delimitado por três ou mais vias e subdivisível em parcelas menores - os lotes - para construção de edifícios. O autor destaca que o quarteirão pode ser observado segundo duas escalas: a das subunidades que contém, ou seja, os lotes, que abrigam os edifícios, e da estrutura urbana como um todo, na qual ele se constitui na menor unidade morfológica, como elemento físico mínimo, à escala do bairro, agregando os demais elementos da estrutura urbana.

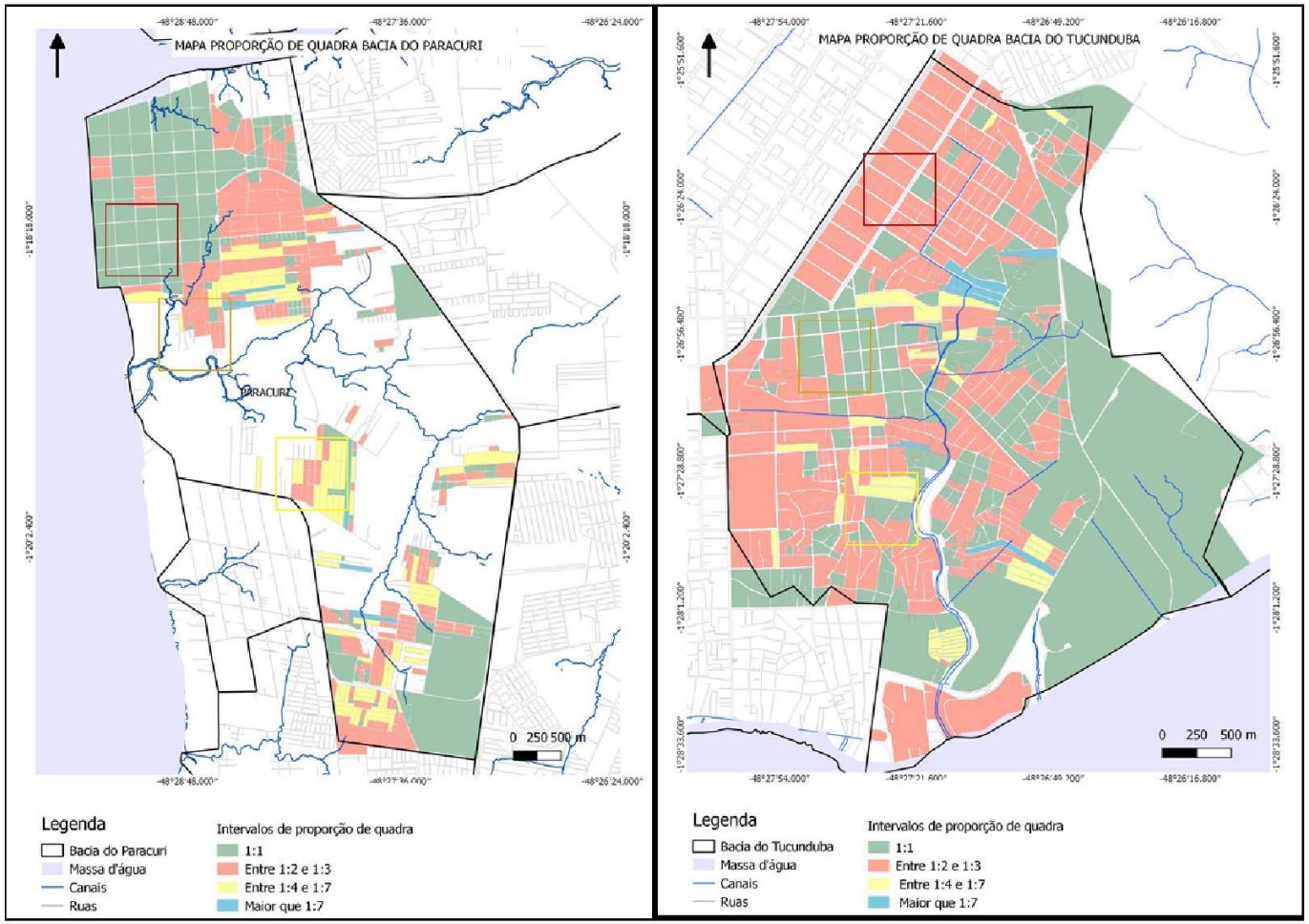
No caso da RMB, considerando a influência da hidrografia e áreas alagáveis na morfologia urbana, as formas dos quarteirões apresentam variações em função destes fatores. Pode-se observar que em Belém, nas áreas de ocupação prioritária historicamente, de topografia mais elevada, o traçado segue um padrão mais regular e ortogonal, derivado do antigo Plano de arruamento proposto pelo engenheiro Nina Ribeiro, anteriormente citado, o qual é abandonado à medida que se aproxima das áreas de baixada, tornando-se mais orgânico e evidenciando uma ocupação territorial influenciada pela fisiografia (LEÃO, 2013).

A esse respeito, Mascaró (1997) demonstra que quadras de formato retangular resultam em menor custo da implantação de infraestrutura em relação àquelas de formato quadrangular, uma vez que o primeiro formato proporciona maior quantidade de lotes por quilômetro de via, consequentemente implicando em mais eficiente rateio dos custos com implantação de infraestrutura. O autor estima que o acréscimo de custos no parcelamento ao se distanciar do padrão de quarteirão quadrado, gira em torno de 20 a 50% em relação à implantação das vias e das redes de infraestrutura em comparação ao modelo ortogonal. Nesse sentido, pode-se notar a partir das ilustrações das figuras 30 e 31, que as áreas de ocupação irregular em Belém tendem a fazer uso de quadras mais alongadas, como estratégia de maior aproveitamento do solo, embora isso imponha maiores deslocamentos e precárias conexões entre os espaços.

Para além do aspecto puramente voltado ao aproveitamento do solo, Jacobs (1961) defende a utilização de quadras mais curtas como forma de melhor articulação espacial e geração de fluxos, uma vez que possibilitam percursos menores e produzem oportunidades de ligação, em contraposição às quadras mais alongadas, que acabam condicionando a concentração de fluxos em alguns espaços, em detrimento do esvaziamento dos demais.

Para a análise da proporção de quadras foi utilizada a base de arruamento do IDESP (2014), a partir da qual foram classificadas as quadras segundo as proporções de 1:1, 1:2 e 1:3, entre 1:4 e 1:7 e maiores que 1:7. A observação foi realizada quanto ao conjunto das bacias, seguida de um refinamento aplicado às três áreas selecionadas para análise em cada bacia.

Figura 35 - Proporção de quadras nas bacias do Paracuri e do Tucunduba



Fonte: IDESP (2014)

O direcionamento da análise ao nível das quadras revela a variação de formas e faixas de proporção entre as áreas selecionadas, conforme ilustrado nas figuras 36 e 37. Nas duas bacias pode-se notar maior uniformidade nas proporções das quadras em uma das áreas selecionadas, havendo outra com padrão morfológico de transição entre as tipologias formal e informal, enquanto que uma terceira destas tende a um arranjo mais heterogêneo, com quadras de formato orgânico e proporção incomum.

Dentre as áreas selecionadas na bacia do Paracuri, a Área 01 apresenta padrão morfológico ortogonal, derivado do arruamento histórico do Distrito de Icoaraci, com grandes quadras de proporção 1:1 e sistema viário mais compacto. Como já visto anteriormente, esta área possui declividades mais acentuadas, o que juntamente com a disposição de suas vias perpendicularmente ao relevo, propicia a aceleração do escoamento superficial em direção às porções a jusante.

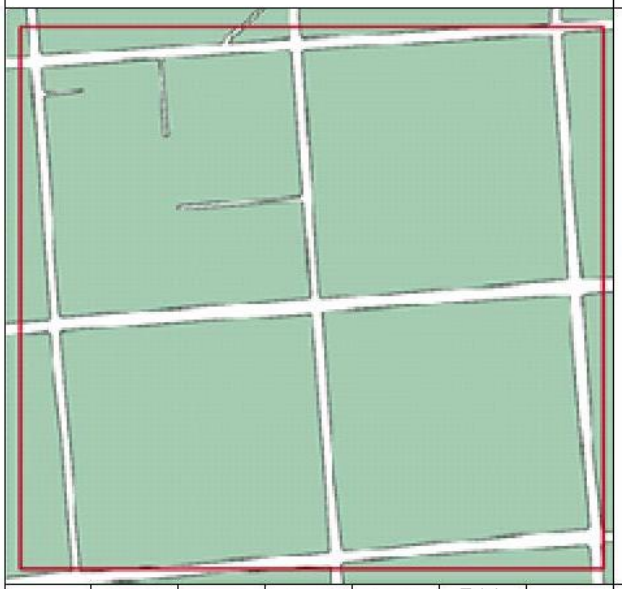
Na Área 02, verifica-se um parcelamento misto, contendo áreas de maior regularidade formal, pertencentes a um loteamento irregular, e porções de conformação mais orgânica, que se estendem pelas áreas de várzea próximas ao encontro dos rios Paracuri e Livramento. Esta parcela apresenta predominância de quadras mais alongadas, com proporções de 1:2 a 1:3, a apresenta baixa capilaridade determinada por pequenas vias de penetração que avançam em direção às áreas verdes ainda existentes, não chegando a completar a delimitação de novas quadras.

Na Área 03 a proporção padrão das quadras oscila entre 1:4 e 1:7, havendo, entretanto, subdivisões que resultaram em quadras menores de padrão entre 1:2 e 1:3

Figura 36 - Proporção de quadras nas áreas selecionadas na bacia do Paracuri

BACIA DO PARACURI

ÁREA 01



					Total Quadras	Total Viário
Classes	1:1	1:2 e 1:3	1:4 a 1:7	> 1:7	-	-
Área	222.742m²	-	-	-	222.742m²	27.258m²
Percentual	100%	-	-	-	89.1%	10.9%

ÁREA 02

					Total Quadras	Viário/Não consolidado
Classes	1:1	1:2 e 1:3	1:4 a 1:7	> 1:7	-	-
Área	16.545m²	113.616m²	6.889m²	-	137.050m²	112.960m²
Percentual	12.1%	82.9%	5.0%	-	54.8%	45.2%

ÁREA 03

					Total Quadras	Total Viário
Classes	1:1	1:2 e 1:3	1:4 a 1:7	> 1:7	-	-
Área	7.322m²	74.407m²	145.811m²	-	227.541m²	27.258m²
Percentual	3.2%	32.7%	64.1%	-	91%	9%

Fonte: IDESP (2014)

Na bacia do Tucunduba, a Área 03 apresenta maior quantidade de quadras com proporções mais excêntricas, superiores a 1:7, que em alguns pontos foram subdivididas, gerando quadras menores, com proporção entre 1:2 e 1:3. O formato mais alongado das quadras tende a ser reproduzido nos lotes com testadas estreitas e grande profundidade, o que favorece o uso intensivo do solo e o adensamento construtivo.

A Área 01 apresenta predomínio das proporções entre 1:2 e 1:3, seguindo o arruamento formal derivado do Plano Nina Ribeiro, o que se reproduz mesmo nas subdivisões de quadras. Salvo raras exceções, o parcelamento segue padrão ortogonal, paralelo ao principal eixo viário local, a Avenida Alm irante Barroso, que se alinha configura como um dos divisores de águas da bacia do Tucunduba. Este padrão morfológico, associado à declividade mais acentuada em relação às demais regiões da bacia, promove a aceleração do escoamento superficial, privilegiando estas áreas, que coincidem com cotas altimétricas mais elevadas, ao mesmo tempo em que penaliza as regiões a jusante.

Na Área 02, como área de transição entre os dois padrões de parcelamento predominantes no território da bacia, verifica-se a existência majoritária de quadras de formato regular, sendo possível, entretanto, observar o início da perda de regularidade formal de algumas quadras mais aproximadas da região central da bacia, e, portanto, das terras alagáveis. Quanto à proporção das quadras, ocorre a predominância da proporção de 1:1, havendo, porém, a ocorrência de quadras de proporção entre 1:2 e 1:3.

A Área 03 apresenta maior variação morfológica das quadras, quanto aos formatos e proporções, que chegam a alcançar padrões superiores a 1:7, evidenciando uma estratégia de uso intensivo do solo, comum em assentamentos precários. A morfologia irregular e sua descontinuidade criam obstáculos ao escoamento superficial (Mascaró, 2003), reforçando a tendência a alagamentos já existente pelo fato de boa parte da região central da bacia ser constituída de áreas de várzea, apresentando, como já visto baixas declividades, além de alto grau de impermeabilização.

Figura 37 - Proporção de quadras nas áreas selecionadas na bacia do Tucunduba

					Total Quadras	Total Viário
Classes	1:1	1:2 e 1:3	1:4 a 1:7	> 1:7	-	-
Área	22.686m²	182.842m²	-	-	205.528m²	44.472m²
Percentual	11%	88.9%	-	-	82.2%	17.8%

					Total Quadras	Viário/Não consolidado
Classes	1:1	1:2 e 1:3	1:4 a 1:7	> 1:7	-	-
Área	177.900m²	40.125m²	-	-	218.025m²	31.975m²
Percentual	81.6%	18.4%	-	-	87.2%	12.8%

					Total Quadras	Total Viário
Classes	1:1	1:2 e 1:3	1:4 a 1:7	> 1:7	-	-
Área	68.265m²	95.106m²	55.459m²	-	220.794m²	29206m²
Percentual	31%	43.9%	25.1%	-	88.3%	11.7%

Fonte: IDESP (2014)

5.2.3. Lotes

Para Lamas (idem), o lote é um elemento morfológico que tradicionalmente possui função dupla: delimitar a fronteira espacial entre o domínio público e o privado, e condicionar a forma do edifício. É importante notar que as formas, dimensões e proporções dos lotes guardam estrita relação com os princípios que orientam a configuração das diferentes tipologias e padrões de assentamentos produzidos nas cidades, formal e informalmente.

Nos assentamentos precários na RMB, a ocupação é norteada pela necessidade do máximo aproveitamento do solo, resultando em lotes com alta densidade construtiva e dimensões reduzidas. Segundo essa lógica, ocorre a priorização de área parcelável, em detrimento do acesso aos lotes, que por vezes é realizado através de becos e vielas, que favorecem a ocupação dos miolos de quadra e o adensamento populacional nestas áreas (CARDOSO, 2007; LEÃO, 2013). Note-se que, essas estratégias implicam na relativização da função do lote enquanto delimitação da fronteira público-privado apontada por Lamas (2004), diante das necessidades de garantia do direito à moradia.

A esse respeito, Acioly e Davidson (1988) destacam a importância das dimensões e forma dos lotes sobre a definição dos níveis de densidade da ocupação, uma vez que parcelas de menores dimensões resultam em densidades mais elevadas. A forma dos lotes, por sua vez, em função da necessidade de maior aproveitamento do solo, tende a padrões retangulares e estreitos, que se adequam igualmente às quadras de formato retangular, mais rentável e conduzem ao uso intensivo do solo por meio da ocupação total do lote.

A análise proposta nesta seção foi realizada a partir da malha de lotes do CTM (Cadastro Técnico Multifinalitário) elaborado pela CODEM (2000), devido às dificuldades para a obtenção da base de dados mais atualizada, referente ao ano de 2010. Com base nestas informações, os lotes foram classificados conforme as seguintes classes de proporções: 1:1 e 1:2, 1:3 e 1:4, 1:5 e 1:6, entre 1:7 a 1:10, acima de 1:11 e os lotes de formatos irregulares, sem proporções definidas.

Em consonância com as análises anteriores, aplicadas ao nível de vias e quadras, a avaliação da proporção dos lotes demonstra a concentração de fatores

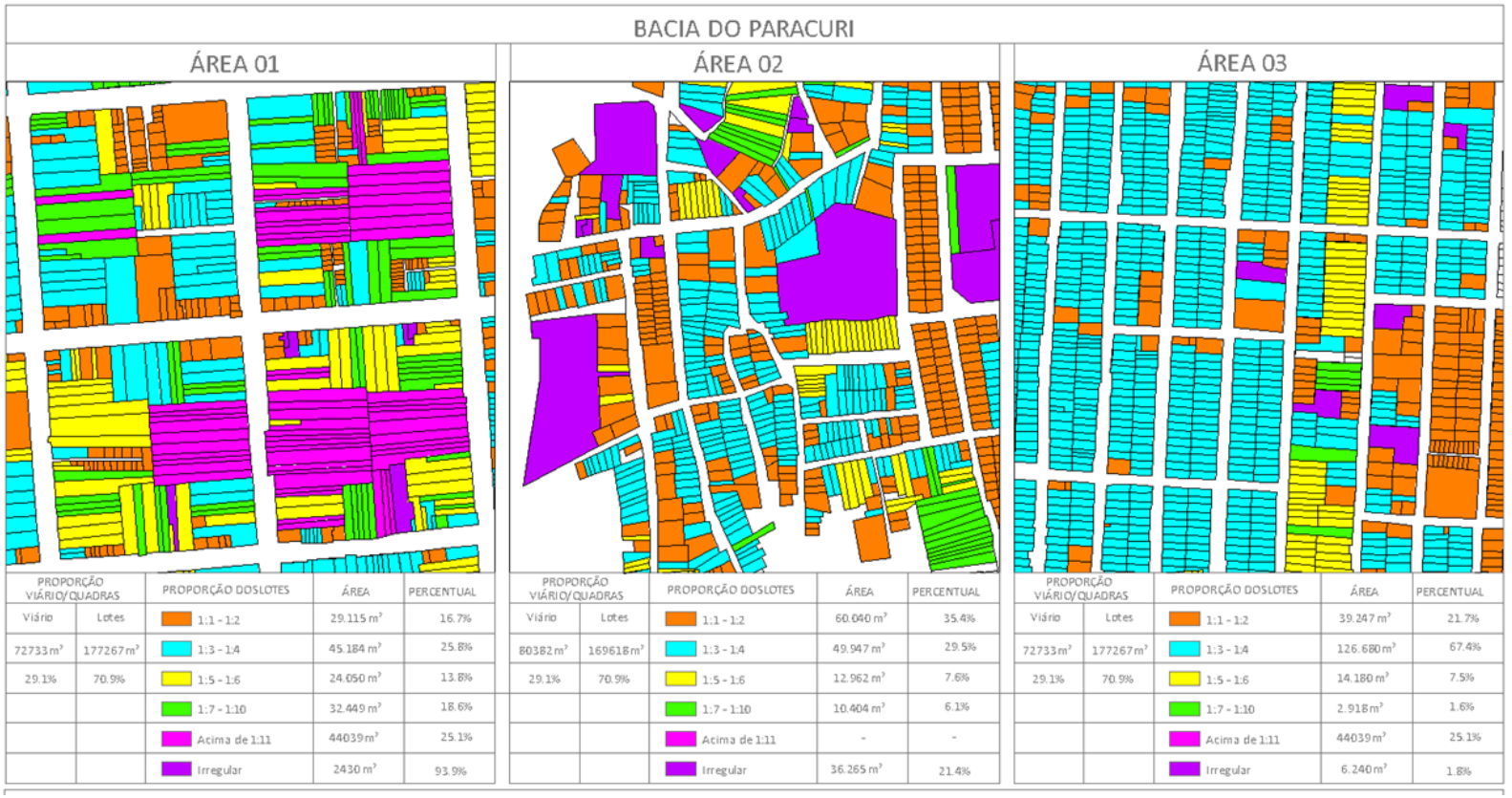
condicionantes de precariedade nas porções centrais da bacia. Nas três áreas registra-se distribuição aproximadamente equilibrada entre as diferentes proporções de lotes, havendo, porém, em cada caso, discreta predominância de determinada tipologia. No que se refere às dimensões das faces e área dos lotes, porém, ocorre maior variação.

Na bacia do Paracuri, a Área 01 apresenta grande variação nas proporções dos lotes, estando a maior parte destes distribuída entre as faixas de 1:3 a 1:4 e acima de 1:11. A maioria dos lotes apresenta grandes dimensões e se estende até os miolos de quadra, exceto aqueles dispostos ao longo das poucas vias de penetração, que possuem dimensões mais reduzidas e de proporção 1:1. O Plano Diretor Urbano de Belém tem como um dos objetivos para a ZAU 3 – Setor I, onde está situada a Área 01, o incentivo ao não desmembramento dos lotes, a fim de preservar o parcelamento original, o que está de acordo com a diretriz encontrada na lei, que trata da consolidação do uso habitacional, sem estímulo ao adensamento.

Na Área 02 o parcelamento irregular condicionado pelo sítio físico alagável reproduziu um padrão morfológico semelhante em nível dos lotes, que possui expressivo quantitativo de parcelas com formato irregular, predominando, entretanto, lotes de proporções entre 1:1 e 1:4. O uso mais intensivo do solo nesta área é expresso pelas dimensões reduzidas de boa parte dos lotes, em especial os situados na porção Oeste desta área demarcada, próximas aos cursos d'água. Observa-se a não existência de um padrão formal entre os lotes, que apresentam formas e proporções muito distintas entre si e produzem significativo adensamento construtivo, através do máximo aproveitamento dos espaços, ainda que por meio de lotes de formato irregular e dimensões mínimas.

Na Área 03 predominam os lotes de proporção entre 1:3 e 1:4, como padrão definido pelo loteamento irregular, entretanto, o desmembramento e remembramento de lotes produziu formatos diferenciados, embora todas as demais faixas de proporção somadas não alcancem o quantitativo dos lotes padrão. A subdivisão dos lotes sinaliza a tendência de adensamento dessas áreas, que teria como resultado o avanço da impermeabilização do solo.

Figura 38 - Proporção de lotes nas bacias selecionadas na bacia do Paracuri



PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		PROPORÇÃO DOSLOTES	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Lotes	1:1 - 1:2	29.115 m²	16.7%
72733 m²	177267 m²	1:3 - 1:4	45.184 m²	25.8%
29.1%	70.9%	1:5 - 1:6	24.050 m²	13.8%
		1:7 - 1:10	32.449 m²	18.6%
		Acima de 1:11	44039 m²	25.1%
		Irregular	2430 m²	93.9%

PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		PROPORÇÃO DOSLOTES	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Lotes	1:1 - 1:2	60.640 m²	35.4%
80382 m²	169618 m²	1:3 - 1:4	49.947 m²	29.5%
29.1%	70.9%	1:5 - 1:6	12.962 m²	7.6%
		1:7 - 1:10	10.404 m²	6.1%
		Acima de 1:11	-	-
		Irregular	36.265 m²	21.4%

PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		PROPORÇÃO DOSLOTES	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Lotes	1:1 - 1:2	39.247 m²	21.7%
72733 m²	177267 m²	1:3 - 1:4	126.680 m²	67.4%
29.1%	70.9%	1:5 - 1:6	14.180 m²	7.5%
		1:7 - 1:10	2.918 m²	1.6%
		Acima de 1:11	44039 m²	25.1%
		Irregular	6.240 m²	1.8%

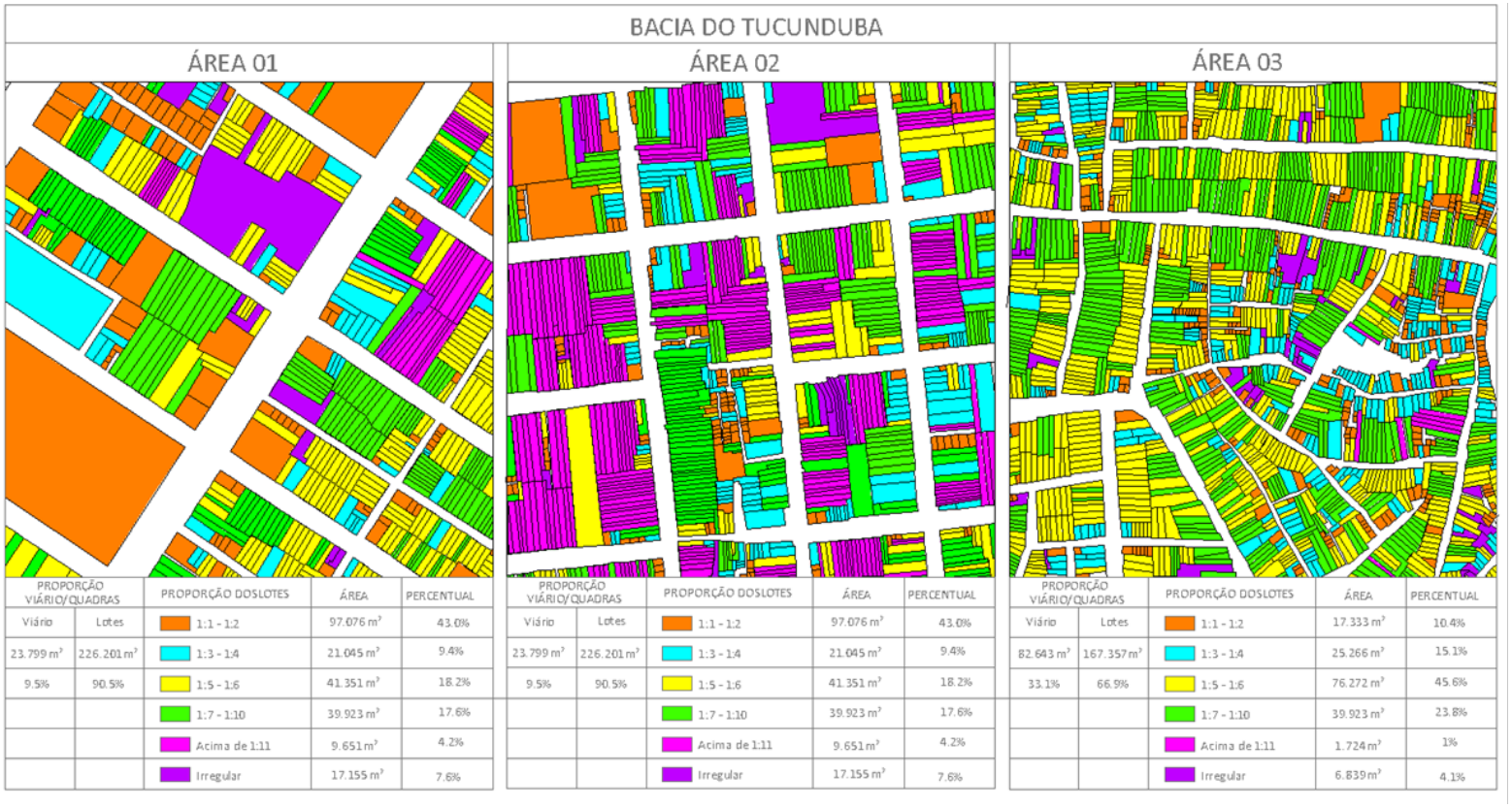
Fonte: CODEM (2000)

Na bacia do Tucunduba, as áreas 01 e 02 apresentam notadamente menor adensamento dos miolos de quadra, quando comparadas à Área 03, o que é evidenciado pela presença de lotes com maior profundidade distribuídos ao longo das vias principais, resultando, portanto, em poucas vias de penetração. Na Área 01, as quadras que preservam o parcelamento originalmente proposto no Plano Nina Ribeiro possuem lotes que avançam até sua porção central e atingem proporção superior a 1:11. Nesta área é mais frequente a presença de lotes de maiores dimensões, destinados, em geral, a usos não residenciais.

Na Área 02 verifica-se maior intensificação de uso, por meio da criação de vias de penetração. Nestas vias é possível perceber a distribuição de lotes com menores dimensões e maior ocorrência de lotes com formato irregular quando defrontada com a Área 01. Ademais, a comparação visual entre as duas unidades de análise revela notadamente a ocorrência de lotes mais estreitos na Área 02, em um padrão que se intensifica em direção às regiões mais precárias da bacia.

Na Área 03 percebe-se a predominância de lotes com proporções referentes às tipologias entre 1:5 e 1:6 e a de 1:7 a 1:10, o que demonstra a adoção de parcelas com testadas estreitas e maior profundidade, que possibilitam uso mais intensivo do solo e diminuição de custos com infraestrutura. O padrão de parcelamento mais orgânico das quadras condiciona o desenvolvimento de estratégias informais de aproveitamento do solo, como a criação de lotes de dimensões mínimas em áreas “sobrantes” junto aos encontros de vias tortuosas, ou mesmo adjacentes aos cursos d’água. Em função disso são também frequentemente criados lotes de formatos irregulares, que geram dificuldades de aproveitamento de sua área útil.

Figura 39 - Proporção de lotes nas bacias selecionadas na bacia do Tucunduba



PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		PROPORÇÃO DOSLOTES	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Lotes	1:1 - 1:2	97.076 m²	43.0%
23.799 m²	226.201 m²	1:3 - 1:4	21.045 m²	9.4%
9.5%	90.5%	1:5 - 1:6	41.351 m²	18.2%
		1:7 - 1:10	39.923 m²	17.6%
		Acima de 1:11	9.651 m²	4.2%
		Irregular	17.155 m²	7.6%

PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		PROPORÇÃO DOSLOTES	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Lotes	1:1 - 1:2	97.076 m²	43.0%
23.799 m²	226.201 m²	1:3 - 1:4	21.045 m²	9.4%
9.5%	90.5%	1:5 - 1:6	41.351 m²	18.2%
		1:7 - 1:10	39.923 m²	17.6%
		Acima de 1:11	9.651 m²	4.2%
		Irregular	17.155 m²	7.6%

PROPORÇÃO VIÁRIO/QUADRAS		PROPORÇÃO DOSLOTES	ÁREA	PERCENTUAL
Viário	Lotes	1:1 - 1:2	17.333 m²	10.4%
82.643 m²	167.357 m²	1:3 - 1:4	25.266 m²	15.1%
33.1%	66.9%	1:5 - 1:6	76.272 m²	45.6%
		1:7 - 1:10	39.923 m²	23.8%
		Acima de 1:11	1.724 m²	1%
		Irregular	6.839 m²	4.1%

Fonte: CODEM (2000)

De modo geral, nas duas bacias, o parcelamento nas áreas de assentamentos precários é feito com base em lotes com testadas estreitas e grande profundidade, aproveitando ao máximo as oportunidades de acesso às faces de quadra, sendo que o levantamento cadastral oficial não reflete a forma construída praticada na área, visto que é comum a ocupação dos lotes de grande profundidade por pequenas unidades habitacionais contíguas, acessadas através de estreitos recuos ao longo do comprimento do lote (BRANDÃO, 2016).

5.3. Adequação da ocupação à legislação urbanística

As análises apresentadas nas seções anteriores se referem à decomposição de diferentes aspectos da ocupação urbana que se influenciam mutuamente e interagem com o sítio físico local, produzindo repercussões sobre as dinâmicas ambientais das bacias, e, em especial sobre seu equilíbrio hidrológico.

A fim de melhor caracterizar o padrão de ocupação de cada bacia, procedeu-se à aplicação dos critérios anteriormente direcionados às parcelas selecionadas – declividade, permeabilidade, taxa de ocupação e os critérios morfológicos - à totalidade de seu território. Para fins de maior detalhamento das análises foram extraídos dados referentes à área construída e ao nível de impermeabilização das bacias (Quadro 4), afim de identificar as relações proporcionais entre estes fatores.

O cálculo das densidades construtivas por bacia foi obtido por meio da aplicação do fator de 1.5, multiplicado pelas áreas de projeção das edificações (COHAB, 2010). Os demais dados foram obtidos por meio do Censo Demográfico do IBGE (2010) e do LABCAM (2015).

Os dados expressos na tabela reforçam as conclusões das análises anteriores a respeito da existência de um padrão de ocupação ambientalmente mais crítico na bacia do Tucunduba, comparativamente à bacia do Paracuri. Os valores mais relevantes que conduzem a este entendimento referem-se à densidade populacional e à disposição entre áreas edificadas e áreas permeáveis ao longo da bacia.

Quadro 4 - Relações entre áreas permeáveis, área construída e população nas bacias do Paracuri e do Tucunduba

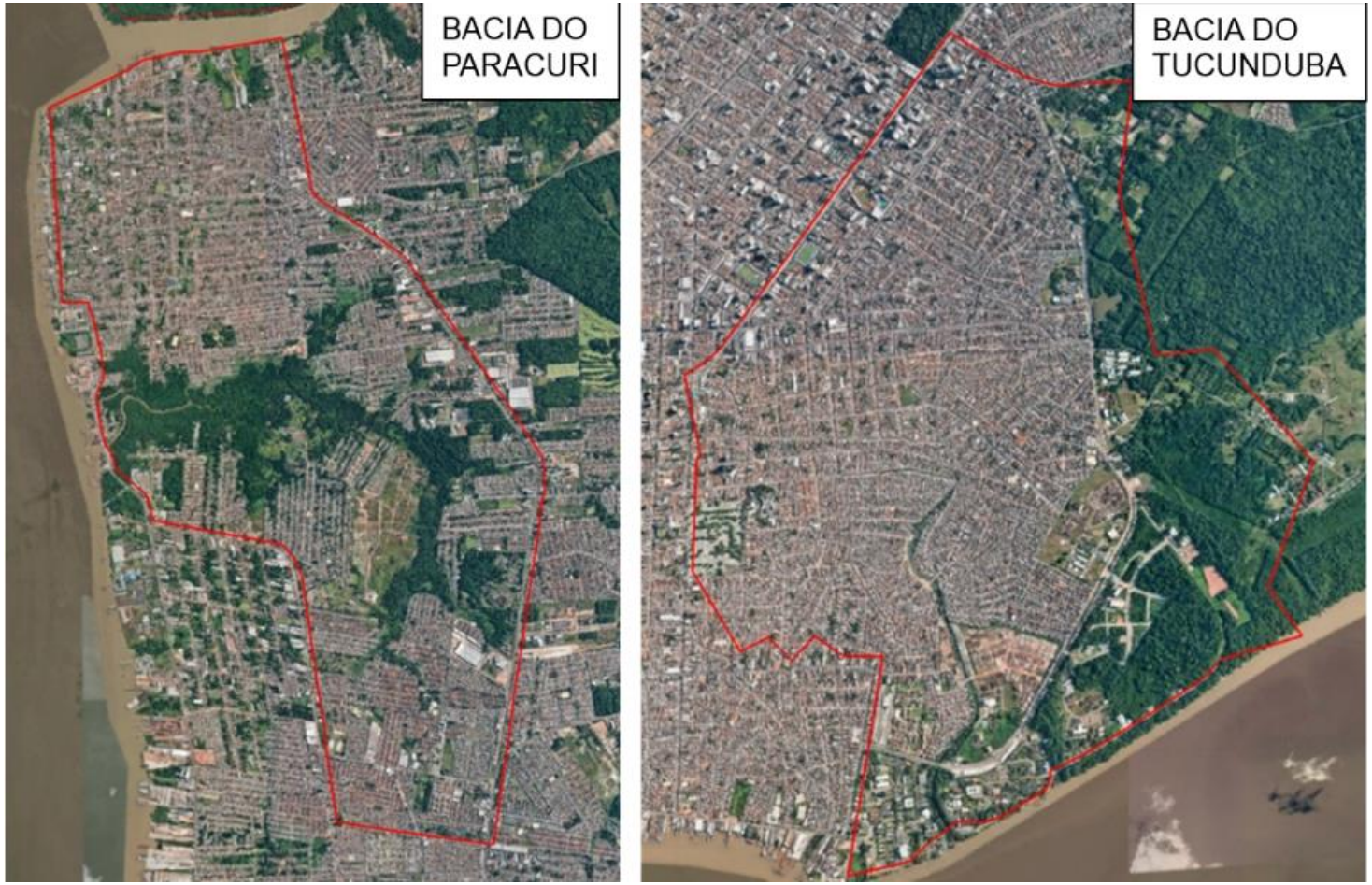
Paracuri		**Tucunduba**	
Área (ha)	1824,00	Área (ha)	1.168,04
Pop (2010)	71.566	Pop (2010)	113.519
Dens. Populac. (hab/ha)	73.88	Dens. Populac. (hab/ha)	269.33
Média moradores/domic.	3.75	Média moradores/domic.	3.94
Área permeável (ha)	443,78	Área permeável (ha)	263,86
Permeabilidade (% Área Perm./ Área BH)	24,33%	Permeabilidade (% Área Perm./ Área BH)	22,59%
Área impermeável (ha)	1380,22	Área impermeável (ha)	904,18
Área Proj. Edif. (ha)	245,19	Área Proj. Edif. (ha)	306,80
Área Edif/Área Perm.	55,3%	Área Edif/Área Perm.	116%
Área Edif/Área Imp.	17,8%	Área Edif/Área Imp.	34%
Área Proj. Edif./Área BH	13%	Área Proj. Edif./Área BH	26%
Área Construída Estim. (ha)	367,797	Área Construída Estim. (ha)	460,19
Dens. Const. (m² edif/hab)	51,39	Dens. Const. (m² edif/hab)	40,5

Fonte: LABCAM (2015), IBGE (2010), COHAB (2010)

Nesse sentido, pode-se notar que a bacia do Tucunduba, mesmo possuindo área menor, abriga população 40% maior que a verificada na bacia do Paracuri, resultando em densidade populacional de 269.33 hab/ha, quase o triplo do valor registrado na segunda bacia. Deve ser considerado ainda, que as condições reais de adensamento na bacia são ainda mais críticas, uma vez que ocupação se concentra em suas porções centrais e sendo o restante do território, equivalente à quase totalidade dos 263.86ha de área permeável, pertencente a áreas de uso institucional.

A área de projeção de edificações também é superior na bacia do Tucunduba, configurando-se de forma progressivamente mais adensada em direção a suas áreas centrais, como evidencia a Figura 40. Nestas áreas ocorre parcelamento mais compacto e maior contiguidade entre as edificações, como pode ser observado na Figura 40, o que agrava a impermeabilização do solo, acentuando a tendência a alagamentos.

Figura 40 - Imagem aérea das bacias do Paracuri e do Tucunduba



Fonte: Google (2018)

Embora as bacias apresentem percentuais semelhantes de permeabilidade, é notável, na bacia do Tucunduba a restrição destas áreas aos terrenos de uso institucional, evidenciando o padrão de uso mais intensivo do solo nas porções restantes de seu território, onde ocorre maior contiguidade entre as edificações e a quase inexistência de áreas verdes internamente aos lotes ou nos espaços públicos.

Na bacia do Paracuri, embora ocorra expressiva concentração de áreas permeáveis na região de várzea dos cursos d'água, existe melhor distribuição das áreas verdes restantes em seu território, em comparação com a bacia do Tucunduba, dispostas ao longo de quintais e miolos de quadra. Além disso, as grandes áreas permeáveis, ao contrário do verificado na bacia do Tucunduba, não estão imunes ao avanço da ocupação, o que, embora represente um fator negativo sob a perspectiva socioambiental, interfere no adensamento das demais áreas, como ilustra a Figura 40.

Na bacia do Paracuri, o percentual de impermeabilização do solo (75.67%) pode ser atribuído mais ao sistema viário e à pavimentação de áreas internas aos lotes do que às edificações, que representam apenas 17.8% das superfícies impermeáveis. Na bacia do Tucunduba, porém, o percentual de áreas edificadas responde por 34% das áreas impermeáveis, e supera em 16% o percentual de áreas permeáveis da bacia, impactando, portanto, mais significativamente no equilíbrio hidrológico da bacia.

Outro dado importante refere-se à densidade construtiva das bacias em área construída por habitante, que resultou em um valor de 51,39m²/hab na bacia do Paracuri e 40,5m²/hab na bacia do Tucunduba. Tais valores são comparáveis à área média de unidades habitacionais populares, sendo, portanto, relativamente elevados e incomuns para áreas de assentamentos precários. A continuidade deste padrão de ocupação poderia conduzir a cenários distintos para cada bacia.

No caso da bacia do Paracuri, os valores de densidade construtiva sinalizam possibilidades de uso mais intensivo do solo, de modo a reduzir a ocupação extensiva e o consequente desmatamento de áreas verdes ainda preservadas. Na bacia do Tucunduba, dada sua elevada densidade populacional, seria necessário o incentivo ao adensamento, porém, direcionado às áreas com melhores condições de infraestrutura e de desempenho ambiental.

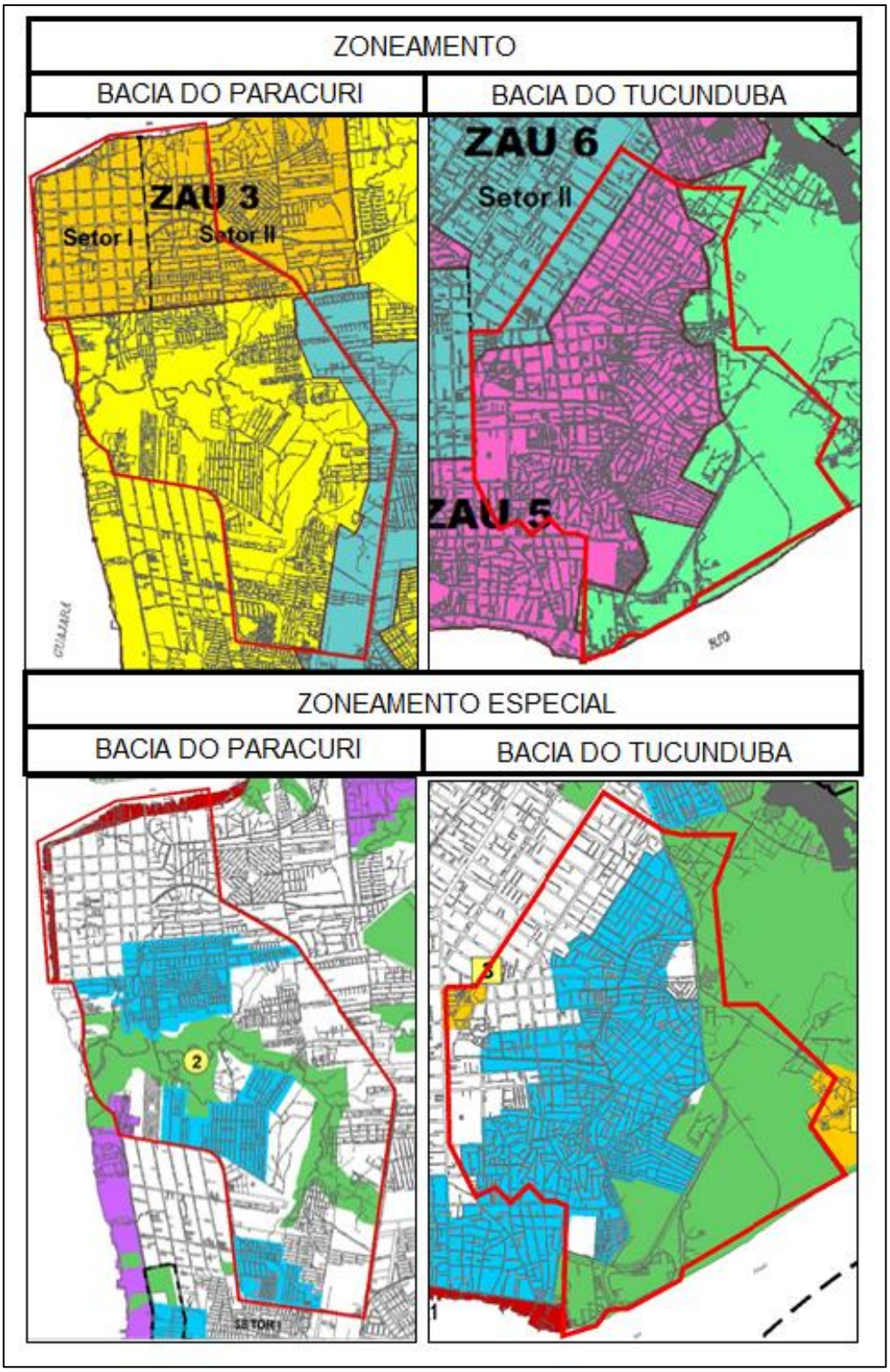
Os valores de densidade construtiva são aparentemente incompatíveis com a média de moradores por domicílio, de 3.75hab/dom. na bacia do Paracuri e de 3.94hab/dom. na bacia do Tucunduba, entretanto, deve-se considerar que estes não correspondem exclusivamente a edificações residenciais, sendo influenciados, no caso da bacia do Paracuri, pelas grandes construções de uso industrial e institucional situadas sobretudo, ao longo dos principais eixos viários, como as rodovias do Tapanã, Arthur Bernardes e Augusto Montenegro, e, no caso da bacia do Tucunduba, pelas edificações de uso institucional, comercial e de serviços, situados ao longo da Av. Perimetral e nas subcentralidades existentes nos bairros do Jurunas e do Guamá.

Neste contexto, faz-se fundamental a previsão de instrumentos de regulação urbanística adequados às necessidades de cada zona compreendida nas bacias do Paracuri e do Tucunduba que possam se contrapor à tendência de continuidade do atual padrão de ocupação. Diante desta necessidade, foram analisados os objetivos e diretrizes propostos pelo Plano Diretor Urbano do município de Belém, conforme o zoneamento incidente sobre as bacias em questão, ilustrado na Figura 41, bem como os parâmetros urbanísticos sugeridos para cada zona, expressos no Quadro 4.

O Plano Diretor Urbano de Belém divide a bacia do Paracuri em três zonas: ZAU 3, (Zona do Ambiente Urbano 3) que corresponde à porção Norte da bacia, pertencente ao Distrito de Icoaraci e está dividida entre os setores I e II; ZAU 4 que corresponde à maior parte da bacia e se estende ao longo da Rod. Arthur Bernardes e de toda a porção central da bacia; e ZAU 6, localizada ao longo da Rod. Augusto Montenegro. A bacia do Tucunduba compreende as seguintes zonas: ZAU 5, que compreende a maior parte da bacia, coincidente com as áreas de ocupação mais precária; ZAU 6 – Setor II, localizada na região mais consolidada e com maior infraestrutura, e ZAN 1, situada na porção leste da bacia, nas áreas institucionais.

Quanto ao zoneamento especial, a bacia do Paracuri possui parcela classificada como ZEPE (Zona Especial de Promoção Econômica), ambas as bacias possuem áreas classificadas como ZEIA (Zona Especial de Interesse Ambiental) e ZEIS (Zona Especial de Interesse Social), havendo, nos dois casos, maior extensão na bacia do Tucunduba, na qual existem ainda áreas pertencentes à ZEIP (Zona Especial de Preservação do Patrimônio Histórico-Cultural).

Figura 41 – Zoneamento



Fonte: Plano Diretor Urbano de Belém (2008)

Quadro 4 - Diretrizes e Parâmetros Urbanísticos para as bacias do Paracuri e do Tucunduba

ZONEAMENTO E DIRETRIZES DE OCUPAÇÃO (PDU-BELÉM)								
DIRETRIZES		BACIA DO PARACURI				BACIA DO TUCUNDUBA		
		ZAU 3 - I	ZAU 3 - II	ZAU 4	ZAU 6 - IV	ZAU 5	ZAU 6 - II	ZAN 1
		- LIMITAR VERTICALIZAÇÃO; - DESESTIMULAR FRACIONAMENTO DE LOTES; - INCENTIVO AOS USOS HABITACIONAL, COMÉRCIO E SERVIÇOS;	- ADENSAMENTO/ INTESIFICAÇÃO DE USO DO LOTE - ESTIMULAR USOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS;	- OCUPAÇÃO DOS VAZIOS URBANOS PARA FINS HABITACIONAIS; - ADENSAMENTO COMPATÍVEL COM INFRAESTRUTURA; - ESTIMULAR USOS	- CONTROLAR ADENSAMENTO; - VERTICALIZAÇÃO DE MÉDIO PORTE; - ESTIMULAR USOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS;	- CONTROLAR ADENSAMENTO; - ESTIMULAR USOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS;	- ESTIMULAR A VERTICALIZAÇÃO PARA USO HABITACIONAL; - CONTROLAR ADENSAMENTO; - VERTICALIZAÇÃO EM GERAL MEDIANTE OU-	- PROMOVER REMANEJAMENTO DA POPULAÇÃO RESIDENTE;
HABITAÇÃO	COEFIC. APROV.	1.4 A 2.5	1.4 A 2.5	1.4 A 2.5	1.4 A 2.5	1.4 A 2.5	1.4 A 3.5	-
	TAXA OCUP. SEÇÃO TRANSV	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	-
	TAXA OCUP.	0.5 - 0.9	0.5 - 0.9	0.5 - 0.9	0.5 - 0.9	0.5 - 0.9	0.5 - 0.9	-
	TAXA PERM.	LIVRE A 0.2	LIVRE A 0.2	LIVRE A 0.2	LIVRE A 0.2	LIVRE A 0.2	LIVRE A 0.2	-
COMÉRCIO E SERVIÇOS	COEFIC. APROV.	1.4 A 3	1.4 A 3	1.4 A 1.8	1.4 A 3	1.4 A 3	1.4 A 3	-
	TAXA OCUP. SEÇÃO TRANSV	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	LIVRE A 0.7	-
	TAXA OCUP.	0.5 - 0.7	0.5 - 0.7	0.5 - 0.7	0.5 - 0.7	0.5 - 0.7	0.5 - 0.7	-
	TAXA PERM.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
INDÚSTRIA	COEFIC. APROV.	1	1	0.5 A 1	1	1	1	-
	TAXA OCUP. SEÇÃO TRANSV	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	-
	TAXA OCUP.	0.5 - 0.7	0.5 - 0.7	0.5 A 0.7	0.5 - 0.7	0.5 - 0.7	0.5 - 0.7	-
	TAXA PERM.	0.2	0.2	0.2 A 0.3	0.2	0.2	0.2	-

Fonte: PDU - Belém (2008)

Em relação ao Quadro 4, pode-se observar que, embora haja diferença entre as diretrizes de ocupação propostas para as diferentes zonas, os modelos urbanísticos admitidos e, portanto, os parâmetros adotados são semelhantes. Entretanto, esta característica tende a ser compensada pelas dimensões dos lotes,

visto que lotes maiores sofrem aplicação de parâmetros mais restritivos, enquanto que para os menores a legislação mostra-se mais permissiva.

No caso da bacia do Paracuri, a ZAU 3 apresenta, nos setores I e II, diretrizes muito distintas entre si. No Setor I, correspondente à porção urbana mais consolidada, é indicada a contenção da verticalização e do desmembramento de lotes, bem como o estímulo ao uso habitacional, porém, sem maior adensamento, ao contrário do que ocorre nas áreas pertencentes ao Setor II, onde o PDU recomenda a intensificação do uso do solo. Os valores dos parâmetros urbanísticos, semelhantes nas duas áreas induzem ao adensamento construtivo, atendendo às diretrizes propostas para o Setor II, sendo, entretanto, compensadas, no caso do Setor I, pelas dimensões dos lotes, que em geral são maiores nesta área e impõem maiores afastamentos e taxas de permeabilidade.

Na ZAU 4, equivalente à maior parte da bacia, os parâmetros adotados mostram-se compatíveis com a necessidade de adensamento da bacia, preferencialmente por meio da ocupação dos vazios urbanos, desde que acompanhado da devida provisão de infraestrutura. Dada a diretriz de priorização do uso habitacional nesta zona, os parâmetros referentes aos usos comercial, industrial e de serviços mostraram-se mais restritivos em comparação com as demais zonas.

Na ZAU 6 – Setor IV a os parâmetros urbanísticos são semelhantes aos aplicados às demais zonas, com destaque, porém, para a concessão de maior coeficiente de aproveitamento para modelos urbanísticos de uso comercial e de serviços, em função de sua localização ao longo da Rod. Augusto Montenegro, classificada pelo PDU como corredor de comércio e serviço. Seria desejável, porém, a exigência de maiores taxas de permeabilidade, considerando os grandes lotes existentes nesta área, que representam uma oportunidade de manutenção de áreas permeáveis, que tendem a ser suprimidas caso ocorra a continuidade do atual padrão de ocupação.

Quanto à bacia do Tucunduba, a ZAU 5 possui diretriz de controle de adensamento, porém, lança mão dos mesmos modelos e parâmetros urbanísticos praticados nas outras zonas. Este fato pode estar relacionado à tentativa de reconhecimento da estratégia de provisão de moradia viável ao pobre urbano,

caracterizada pelo aproveitamento da área total do lote, por meio da não-imposição de maiores restrições à ocupação, no caso de lotes menores, e simultaneamente, à intenção de não incentivar uso mais intensivo do solo, por meio da manutenção de coeficientes de aproveitamento padrão. Considerando, entretanto, a ocupação mais precária verificada nas áreas centrais da bacia, seria desejável a destinação de maior percentual às superfícies permeáveis, ao menos nos lotes maiores.

Por sua vez, os parâmetros urbanísticos propostos para a ZAU 6 – Setor II, favorecem a intensificação do uso do solo por meio da verticalização, de acordo com a necessidade verificada nas análises anteriores, de adensamento da ocupação, direcionada às áreas com melhor provisão de infraestrutura. Entretanto, estes parâmetros podem ser conflitantes nas áreas próximas ao bairro de São Brás, enquadradas no zoneamento especial como ZEIP, cujas diretrizes apontam para a necessidade de preservação dos conjuntos arquitetônicos de valor histórico.

A área pertencente à ZAN 1 está localizada na porção leste da bacia e corresponde às áreas de uso institucional, nas quais existe ocupação irregular, junto à Av. Perimetral. Por essa razão, as diretrizes do Plano Diretor para esta zona dizem respeito a ações de recuperação ambiental e remanejamento da população residente na área.

Pode-se concluir, portanto, que as diretrizes propostas pelo Plano Diretor de Belém se alinham com as necessidades de adensamento da ocupação, apontadas nas análises desta seção. Porém, as taxas de permeabilidade definidas poderiam ser mais elevadas, sobretudo nas regiões mais adensadas das bacias, onde a impermeabilização do solo já se encontra em níveis muito além do aceitável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa analisou os impactos do padrão de ocupação empreendido na RMB sobre as dinâmicas ambientais de suas bacias hidrográficas, tomando a drenagem como elemento integrador da análise, que reuniu componentes biofísicos, urbanísticos e socioeconômicos. Como segundo objetivo, buscou-se um entendimento mais aprofundado das implicações do arranjo morfológico do parcelamento sobre o desempenho ambiental, considerando diferentes cenários característicos encontrados na RMB, através da análise das bacias do Tucunduba e do Paracuri.

Tal ênfase se deu em função do papel preponderante das redes de drenagem naturais e artificiais enquanto condicionantes da estruturação do espaço urbano como um todo, e, sobretudo, nas cidades amazônicas, onde a questão do manejo de águas urbanas se destaca como elemento primordial nas decisões de alocação dos diversos grupos sociais e suas estratégias de ocupação do território.

Os resultados das análises realizadas neste trabalho reforçam a hipótese de que o padrão de ocupação urbana empreendido no território da RMB tem conduzido a níveis crescentes de degradação ambiental, já estabelecida nas áreas consolidadas e avançando de forma preocupante sobre os demais municípios metropolitanos.

Estes resultados corroboram as conclusões de Lima et. al. (2013) acerca da tendência de desadensamento das áreas centrais de Belém, e o fortalecimento da expansão periférica, sob diferentes tipologias, sejam as ocupações irregulares, especialmente nos municípios de Marituba e Benevides, seja por meio da implantação de condomínios e conjuntos habitacionais nas áreas adjacentes aos principais eixos de expansão em direção ao Distrito de Icoaraci e de Ananindeua.

Pode-se concluir, portanto, que as bacias que apresentam níveis mais severos de precariedade urbanístico-ambiental, - aqui entendida como a correspondência entre condições desfavoráveis ao desempenho hidrológico das bacias e altas densidades populacionais, além da concentração de assentamentos precários – estão concentradas nas áreas mais consolidadas de Belém, especialmente as bacias do Una, Estrada Nova e Tucunduba.

Por outro lado, existem bacias situadas na área de expansão urbana de Belém e em Ananindeua, que, não obstante a precariedade crescente verificada em seu território apresentam possibilidades de requalificação urbana e ambiental, em decorrência da relativa preservação de sua cobertura vegetal, em níveis próximos ao satisfatório e da localização destas áreas predominantemente nas porções do vale das bacias, constituindo, portanto, condições favoráveis ao seu equilíbrio hidrológico. Como exemplo destas condições pode-se citar as bacias do Paracuri, do Mata-Fome, Maguari-Açu e Macajatuba.

No tocante à bacia do Tucunduba pode-se perceber nitidamente, em suas áreas centrais, a correspondência espacial de condições físico-ambientais desfavoráveis - alta impermeabilização do solo, baixas declividades, escassez de cobertura vegetal e deficiências infra estruturais – ao elevado adensamento construtivo e populacional e o estabelecimento de ocupações irregulares. Este conjunto de fatores acarreta níveis de precariedade proporcionalmente maiores em comparação com a bacia do Paracuri.

Contrariamente a esta tendência, nas porções centrais da bacia do Paracuri, portanto, coexistem fatores positivos e negativos sob a ótica do desempenho ambiental, tais como a ocupação de áreas de várzea na forma de assentamentos precários, despejo de esgotos in natura nos cursos d'água, deficiências infra estruturais, havendo, entretanto, como fator positivo, a preservação de áreas permeáveis e vegetadas, que favorecem o equilíbrio hidrológico. Em que pese as condições precárias da ocupação urbana na bacia, a preservação de áreas verdes, sua localização em zona estrategicamente favorável ao equilíbrio hidrológico e o avanço da ocupação ainda não consolidado sinalizam possibilidades de requalificação urbanístico -ambiental na bacia.

Em relação às duas bacias, verifica-se que, embora a elevada capilaridade do sistema viário seja uma característica comum nos assentamentos precários, isto não se reflete em melhoria das condições de acessibilidade espacial, uma vez que o padrão de parcelamento irregular cria dificuldades de acesso, em função da quebra de continuidade dos deslocamentos e imposição de maiores percursos. Outro fator a ser considerado é a reduzida dimensão das caixas de via, em função da priorização

de áreas edificáveis, o que dificulta o acesso de pessoas e veículos.

Deste modo, pode-se concluir que a bacia do Tucunduba apresenta condições de precariedade muito mais severas quando comparada à bacia do Paracuri. A partir dos dados observados para as demais bacias compreendidas no recorte territorial mais amplo, referente à primeira etapa desta pesquisa, pode-se admitir que o mesmo raciocínio seja estendido em relação às bacias adjacentes à do Paracuri e à do Tucunduba, que apresentam padrões de ocupação semelhantes, tais como as bacias da Estrada Nova e do Una, nas porções mais consolidadas de Belém e as bacias do Mata-Fome e do Maguari-Açu, nas áreas de expansão urbana de Belém. Estas conclusões evidenciam as diferenças entre os padrões de assentamentos precários existentes nas áreas centrais e nas áreas de expansão urbana de Belém.

De acordo com diretrizes urbanísticas propostas por Ponte e Brandão (2014) para intervenção de drenagem urbana em bacias hidrográficas na RMB, nas áreas mais adensadas, com baixa permeabilidade, declividade e deficiência infra estrutural, é desejável a associação entre medidas estruturais e não-estruturais de drenagem urbana, a fim de favorecer o escoamento das águas; enquanto que nas bacias menos adensadas, onde ainda existe disponibilidade de áreas livres deve-se optar preferencialmente por soluções do tipo não-estrutural.

Diante disto, verifica-se que a elevada densidade populacional e construtiva verificada na bacia do Tucunduba, impõe limitações em termos de disponibilidade de espaços livres para a implantação de soluções não-estruturais de drenagem que possibilitariam alternativas para a melhoria do equilíbrio hidrológico da bacia e da qualidade das águas por meio da criação de superfícies permeáveis e dispositivos de filtragem da água. Na bacia do Paracuri, as densidades relativamente mais baixas e a disponibilidade de áreas verdes favorecem a implantação destes dispositivos, que, em geral demandam maior espaço físico.

Em todo caso, as áreas menos adensadas, como os miolos de quadra poderiam ser utilizados para a implantação de soluções de amortecimento de cheias como bacias de contenção ou detenção, hortas comunitárias, que poderiam auxiliar como meio de subsistência da população local, ou mesmo áreas de lazer, corroborando as recomendações de Spirn (1995) a respeito do caráter multifuncional

dos espaços destinados ao controle de cheias nas cidades.

Por fim, conforme apontam Ponte e Brandão (2014), a RMB carece de uma prática de gestão que ultrapasse o campo das políticas setoriais e avance em direção à concepção integrada das questões urbanas e ambientais, tomando as bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão, o que constitui um importante desafio para o Brasil como um todo, mas, sobretudo para a Amazônia, dada a função determinante da hidrografia como elemento estruturante do espaço urbano na região.

Sugere-se como possibilidade para a continuidade dos estudos acerca desta temática, a realização de análises comparativas entre o desempenho ambiental das bacias da área central de Belém, de área de expansão imediata, e daquelas situadas nos municípios menor urbanizados, de modo a identificar tendências do padrão de ocupação a ser empreendido nas bacias atualmente menos processadas, de modo a subsidiar ações de planejamento e zoneamento ambiental que possam orientar um processo de urbanização menos danoso às dinâmicas ambientais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, Paula Vanessa Luz de. **A morfologia do plano de expansão da cidade de belém e a estrutura fundiária do município no século XIX**. 2016. 205 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- ACIOLY, Claudio; DAVIDSON, Forbes. **Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.
- ACSELRAD, H. **Discursos sobre a sustentabilidade urbana**. Campinas, R.B. Estudos Urbanos e Regionais, N. 1: 79swcxd-90, maio 1999. 10 de agosto de 2018.
- ARAÚJO, Gustavo Henrique de Sousa; Almeida, Josimar Ribeiro de; Antônio José Teixeira. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2011.
- BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.
- BECKER, Bertha. K. **Amazônia**. São Paulo: Ed. Atica, Principios. 1991. 112 p.
- BEVILACQUA, A. F. **A bacia Hidrográfica como Unidade territorial de Planejamento e Desenvolvimento Sustentável**. In: VI Encontro Nacional da ANPPAS. Anais... Belém, 2012.
- BRANDÃO. Ana Júlia Domingues das Neves. **Entre os rios e as favelas: O PAC nas baixadas da bacia da Estrada Nova e da Comunidade Taboquinha – Belém (PA)**. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2016.
- BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- BRASIL. **Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da

Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União. Brasília, 09 jan. 1997.

- BUENO, Laura Machado de Mello**.** O tratamento especial de fundos de vale em projetos de urbanização de assentamentos precários como estratégia de recuperação das águas urbanas. In: **Anais: I Seminário Nacional sobre Regeneração Ambiental de Cidades: Águas Urbanas**, Rio de Janeiro, 5 a 8 de dezembro de 2005; [organizado por] Vera Regina Tângari, Mônica Bahia Schlee, Rubens de Andrade. – Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2005.1 CD-ROM.
- ._____. **Projeto e Favela: metodologia para projetos de urbanização de favela**. 2000. 362 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- CANHOLI, Aluisio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**/ Aluísio Pardo Canholi. 2.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2014.
- CARDOSO, Ana Cláudia Duarte. **O Espaço Alternativo. Vida e Forma Urbana nas Baixadas de Belém**. Belém: EDUFPA, 2007.
- CARDOSO, Ana Cláudia Duarte; LIMA, José. Júlio. Ferreira. **Tipologias e padrões de ocupação urbana na Amazônia Oriental: Para que e Para Quem? I n: A. C. D. Cardoso (Ed.). O Rural e o Urbano na Amazônia. Diferentes Olhares e Perspectivas**. Belém-PA: EDUFPA, 2006. p.55-98.
- CARDOSO, Adauto L. **Trajetórias da Questão Ambiental Urbana: da Rio 92 às Agendas 21 locais**. Revista Paranaense de Desenvolvimento. Curitiba, n. 102, p. 51-69, jan./jun. 2002.
- CARDOSO, Ana Cláudia Duarte; VENTURA NETO, Raul da Silva. **A evolução urbana de Belém: Trajetórias de ambiguidades e conflitos socioambientais**. Cad. Metrop., São Paulo, v. 15, n. 29, pp. 55-75, jan/jun 2013.
- CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. **Controle de Inundações em Bacias hidrográficas Metropolitanas**. São Paulo: Annablume, 2011.
- CORRÊA, R. L. (1987). **A periodização da rede urbana da Amazônia**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, pp. 39-68.

- CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Cartas de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação:** 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa/ coordenação Omar Yazbek Bitar. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.
- FENZL, N; MACHADO, J A C. **A sustentabilidade de sistemas complexos: conceitos básicos para uma ciência do desenvolvimento sustentável: aspectos teóricos e práticos**. Belém: NUMA/UFPA, 2009. 285 p.
- GUIMARÃES. Gisele Joicy da Silva. Novas centralidades na malha urbana da região metropolitana de Belém: estudo aplicado ao espaço da Rodovia Augusto Montenegro. 2013. 185 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará – Belém, 2013.
- HALL, P. (1995). **Cidades do Amanhã. Uma História Intelectual do Planejamento e do Projeto Urbanos no Século XX**. São Paulo, Perspectiva.
- Hardin, G. 1968. **The tragedy of communs. Science** n. 162 p. Brasil.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaode-vida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf. Acesso em: 12 de julho de 2017.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA IPEA. **Atlas da Vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras**. Brasília: IPEA, 2015. Disponível em: http://ivs.ipea.gov.br/ivs/data/rawData/publicacao_atlas_ivs_rm.pdf. Acesso em: 05 de janeiro de 2018.
- LEÃO, Monique Bentes Machado Sardes. **Remoção e reassentamento em baixadas de Belém: estudo de caso de planos de reassentamento (1980 – 2000)**. 151f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.
- LEFEBVRE, Henri. O Direito à Cidade. São Paulo: Moraes, 1991b [1968].
- LIMA, José Julio. **Regulatory intruments and urban form seaching for social equity.** In Belém, Brazil, 2000. 309p. Thesis (Ph.D.) – Oxford Brookes University, Oxford, 2000.

- LIMA, José Júlio; MOYSÉS, Aristides (Orgs.). **Como andam Belém e Goiânia**. Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Metrópoles, 2009.
- SANTOS. Camila Madeira da Silva. **O uso da drenagem como método de avaliação de desempenho da ocupação urbana: Uma reflexão sobre a avenida Augusto Montenegro.** 2017. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.
- MARICATO, E. 2001**. Metrópole periférica, desigualdade social e meio ambiente.** In: VIANA, G. SILVA, M. DINIZ, N. (org.). O Desafio da Sustentabilidade. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo. P. 215- 232.
- MASCARÓ, Juan, Luis.(Org.). **Infra-estrutura da Paisagem.** Porto Alegre. Masquatro Editora, 2008, 196f.
- _____. **Loteamentos Urbanos**. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005.
- _____; YOSHINAGA, Mário. **Infraestrutura Urbana**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005.
- MAUTNER, Yvonne. A periferia como fronteira de expansão do capital. In: DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Ramos (Orgs.). **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: Edusp, 1999. p. 245-259.
- McHARG, I. L. (1971). ***Design With Nature****.* Nova York, Doubleday/National History Press.
- MENDES, R. L. R. **Indicadores de sustentabilidade do uso doméstico de água**. 2005. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido - PDTU, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém. Tese (Doutorado). 227 p.
- **NOSSO FUTURO COMUM** (Relatório Brundtland). Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.
- PARÁ. **Lei estadual nº 6.381/2001**. Dispõe Sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Pará, Belém, 25 jul. 2001.
- PENTEADO, Antônio Rocha. **Belém do Pará: Estudo de Geografia Urbana**. Belém: Ed. UFPA, 1968.

- PEREIRA, J. A. Rodrigues (org.) **Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana de Belém. Belém:** Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), 2008. CD-ROM. 7 v. [Relatórios de pesquisa.] CD-ROM.
- PERES, Otávio M.; POLIDORI, Maurício. C. **Crescimento Urbano e Hidrografia Natural: Conflitos e Articulações no Espaço-tempo.** In XIV Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional. Anais...Rio de Janeiro, 2011.
- PONTE, Juliano Pamplona Ximenes. **Belém do Pará: Cidade e Água.** Cad. Metrop., São Paulo, v. 17, n. 33, pp. 41-60, maio 2015.
- PONTE, Juliano Pamplona Ximenes. **Cidade e Água no Estuário Guajarino**, 2010, 327f. Tese de Doutorado . UFRJ.
- PONTE, Juliano Pamplona Ximenes; RODRIGUES, Roberta. Menezes.; BRANDÃO, Ana. Júlia Domingues das Neves.; MELO, Ana Carolina Campos de; SOUZA, Elidelson Silva de. **Urbanização de Assentamentos Precários na Região Metropolitana de Belém: Problemas de Desenho e Infraestrutura Urbana. In: Práticas Recentes de Intervenções Contemporâneas em Cidades da América Latina.** ZUQUIM, Maria L.; D'OTTAVIANO, Camila.(Org.) São Paulo : FAU,2014. P. 73.
- SÁNCHEZ, Solange S.; JACOBI, Pedro R.. **Políticas de Recuperação de Rios Urbanos na Cidade de São Paulo: Possibilidades e Desafios.** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, São Paulo, V. 14 , N. 2, P.119, 2012.
- SCHUELER, T.R. **Controling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban bmps.** Metropolitan Washington Council of Governments, Washingon, 1987.
- SCHUTZER, J.G. **Cidade e Meio Ambiente: a apropriação do relevo no desenho ambiental urbano**. São Paulo: Edusp, 2012.
- SHINKLOMANOV. I. A. 1998. **World Water Resources. A new appraisal and assessment for the 21st century**. UNESCO. Paris. FR. 40 p.
- SMITH, Neil. **Desenvolvimento desigual: natureza, capital e a produção de espaço**, Trad. Eduardo de Almeida Navarro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988. 242 p.

- SPIRN, Anne Whiston, **O Jardim de Granito: A Natureza no Desenho da Cidade** - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995
- SUDAM/DNOS/GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. **Monografia das baixadas de Belém: subsídios para um projeto de recuperação**. 2a edição revisada. Belém, SUDAM, 1976. 2v.
- Teodoro, Valter. I. I.; Teixeira, Denilson.; Costa, Daniel. J. L.; fuller, Beatriz. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica Para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. Revista Uniara, v.20, p.137-157, 2007.
- TRINDADE JR., S-C. C. **A cidade dispersa: os novos espaços de assentamentos em Belém e a reestruturação metropolitana**. 1998. 395 fls. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 1998.
- TUCCI, Carlos E.M. **Água no meio urbano: Livro Água Doce** - Cap 14, Instituto de pesquisa hidráulica. UFGRS – Porto Alegre- RS: 1997.
- _____ (1993). Inundações urbanas na América do Sul, Porto Alegre, ABRH, 150 p.
- VETTER, D. & MASSENA, R. (1981**), "Quem se apropria dos benefícios líquidos dos investimentos do Estado em infra-estrutura? – Uma teoria da causação circular"**, in L. A. Machado da Silva (org.), Solo urbano – Tópicos sobre o uso da terra, Rio de Janeiro: Jorge Zahar.