

**EIXOS TEMÁTICOS:**

- A dimensão ambiental da cidade como objeto de discussão teórica ( )
- Interfaces entre a política ambiental e a política urbana ( )
- Legislação ambiental e urbanística: confrontos e a soluções institucionais ( )
- Experiências de intervenções em APPs urbanas: tecnologias, regulação urbanística, planos e projetos de intervenção (X)
- História ambiental e dimensões culturais do ambiente urbano ( )
- Engenharia ambiental e tecnologias de recuperação ambiental urbana ( )

**Diretrizes Urbanísticas para um Plano de Drenagem na  
Região Metropolitana de Belém  
3º Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de  
Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições  
Ambientais ao Parcelamento do Solo**

*Urban guidelines for a Drainage Plan for the Metropolitan Region of Belém  
3º Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação  
Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do  
Solo*

BRANDÃO, Ana Júlia D das Neves (1); PONTE, Juliano (2)

- (1) Arquiteta e Urbanista, mestranda, FAUUSP. Brasil, anajulianb@usp.br.
- (2) Professor, FAU UFPA. Pós-doutorando, IPPUR-UFRJ, Brasil, jximenes@ufpa.br.

**EIXOS TEMÁTICOS:**

- A dimensão ambiental da cidade como objeto de discussão teórica ( )
- Interfaces entre a política ambiental e a política urbana ( )
- Legislação ambiental e urbanística: confrontos e a soluções institucionais ( )
- Experiências de intervenções em APPs urbanas: tecnologias, regulação urbanística, planos e projetos de intervenção (X)
- História ambiental e dimensões culturais do ambiente urbano ( )
- Engenharia ambiental e tecnologias de recuperação ambiental urbana ( )

## Diretrizes Urbanísticas para um Plano de Drenagem na Região Metropolitana de Belém

*Urban guidelines for a Drainage Plan for the Metropolitan Region of Belém*

**RESUMO**

A relação de proximidade e tensão entre Cidade e Água na Amazônia gerou um processo de ocupação precária de várzeas e planícies de inundação de rios, com impacto nos regimes hidrológicos, acarretando recorrentes fenômenos de inundação. Como em todo o país, na Região Metropolitana de Belém (RMB) o déficit habitacional e a falta de políticas urbanas socialmente justas direcionam a ocupação da população pobre para áreas de sensibilidade ambiental, produzindo um quadro de precariedade urbana, habitacional e sanitária. Diante disso, pretende-se aprofundar o debate sobre a necessidade, o nível e a localização da adoção de soluções de drenagem urbana do tipo *não-estrutural* nestas cidades. Para tal, serão apresentados aspectos desta precariedade, considerando os altos índices de aglomerados subnormais e de fragilidade sanitária da RMB. Em seguida, será exposto o modelo atual de enfrentamento do problema, através das obras no setor relativas ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). E, como objetivo maior, serão apresentados metodologia e resultados preliminares de um estudo de características das bacias da RMB em sua porção mais densamente urbanizada. A partir de dados GIS, imagens de satélites e dados estatísticos, pretende-se contribuir com subsídio técnico e urbanístico para um Plano de Drenagem Metropolitano consoante com as necessidades locais e com uma abordagem compreensiva do meio ambiente urbano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Região Metropolitana de Belém, drenagem urbana não-estrutural, GIS.

**ABSTRACT**

*Water and urbanization in the Amazon Region are historically related, and contemporary precarious urban settlements have been the place for flooding and other environmental risks. Floodplains are usually occupied by the poor, and insufficient housing policies, as well as sanitation deficiencies, create a critical framework in the Metropolitan Region of Belém, Pará (RMB). This text is a discussion about the use of the so-called non-structural urban drainage technological solutions in the RMB, both in terms of localization and specialization. This specific issue is relevant in the local context because of the permanent use of conservative, structural drainage solutions, with negative environmental impacts. Some official data, dealing with slums and sanitation deficiencies, show the urbanization basic needs in RMB territory. Some infrastructure and urban interventions have been implemented through Federal investments in some of the RMB cities, and these data and information are the references to the present text's analysis, working with GIS technologies in order to discuss the application and pertinence in using (and where to use) both structural and non-structural urban drainage solutions in the case of Belém, Pará and its Metropolitan Region.*

**KEY-WORDS:** Metropolitan Region of Pará, non-structural urban drainage, GIS

### 1. INTRODUÇÃO

Este artigo se propõe a discutir tecnicamente possíveis diretrizes para a elaboração de um Plano de Drenagem Metropolitano para Região Metropolitana de Belém (RMB) que venha a incorporar as soluções ditas *não-estruturais* de drenagem urbana (CARNEIRO; MIGUEZ, 2011) e dirigir os investimentos públicos para o enfrentamento

da questão a partir de critérios técnicos consistentes. Para tal, primeiramente exprime-se a necessidade da abordagem mais compreensiva das águas urbanas com a apresentação do atual quadro de precariedade urbana que a RMB, detentora de índices altos de precariedade habitacional e deficiências sanitárias. Nesse sentido, relata-se a maneira pela qual o problema vem sendo respondido através de investimentos públicos nos projetos relativos a obras de Urbanização de Assentamentos Precários e de Saneamento através do grande programa de alocação de recursos federais PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) que hoje é a raiz da maior parte dos investimentos nestes setores, especialmente na Região Norte, com Governos Estaduais e Prefeituras Municipais de baixos orçamentos.

A questão aqui exposta é de que, a despeito da reflexão que vem sendo inserida no contexto nacional sobre a necessidade da abordagem compreensiva das águas urbanas, através de soluções de *drenagem não-estrutural*, as intervenções locais ainda apresentam um padrão consolidado de obras estruturais que pouco dialogam com o regime hídrico natural e que, portanto, geram significativos impactos ambientais e urbanos.

O debate teórico em torno da adoção de medidas ditas não-estruturais remonta a textos clássicos do campo do Paisagismo e do Urbanismo (McHARG, 1971; SPIRN, 1984). Essencialmente, não se trata de concepção propriamente antagônica às medidas estruturais. Em síntese, qualificamos como *estruturais* as soluções de Engenharia que estabelecem, a partir de uma leitura hidrológica de uma bacia hidrográfica urbana, um regime altamente artificializado, controlado e dependente de obras e *estruturas*, sistemas e redes de macro e microdrenagem, depositando pouco papel em dinâmicas físico-ambientais naturais (escoamento superficial lento, retenção, percolação) em seus projetos e cálculos. Por outro lado, na concepção de CARNEIRO e MIGUEZ (2011), medidas ditas *não-estruturais* teriam caráter preventivo, adotando a redução da deposição de resíduos, o controle do uso e da ocupação do solo e a educação ambiental como estratégias para evitar sobrecargas nos sistemas estruturais. Assim, nota-se a frequente necessidade de coexistência de concepções. Aqui lidamos com a ideia relatada (CARNEIRO; MIGUEZ, op. cit.), porém acrescida das explanações de BUENO (2005). Neste sentido, medidas ditas *não-estruturais* incorporam na dinâmica hidrológica urbana alguns traços de preservação de fenômenos naturais, como a manutenção ou produção de meandros em taludes de canais de drenagem e rios urbanos; a produção ou manutenção de índices mais altos de terrenos permeáveis, com adoção de espécies vegetais de natureza funcional, capazes de promover algum nível de filtração de resíduos ou de retenção mecânica de taludes; a retenção controlada e parcial do fluxo de drenagem, através de bacias de detenção, sistemas de comportas ou redução de inclinações de terreno.

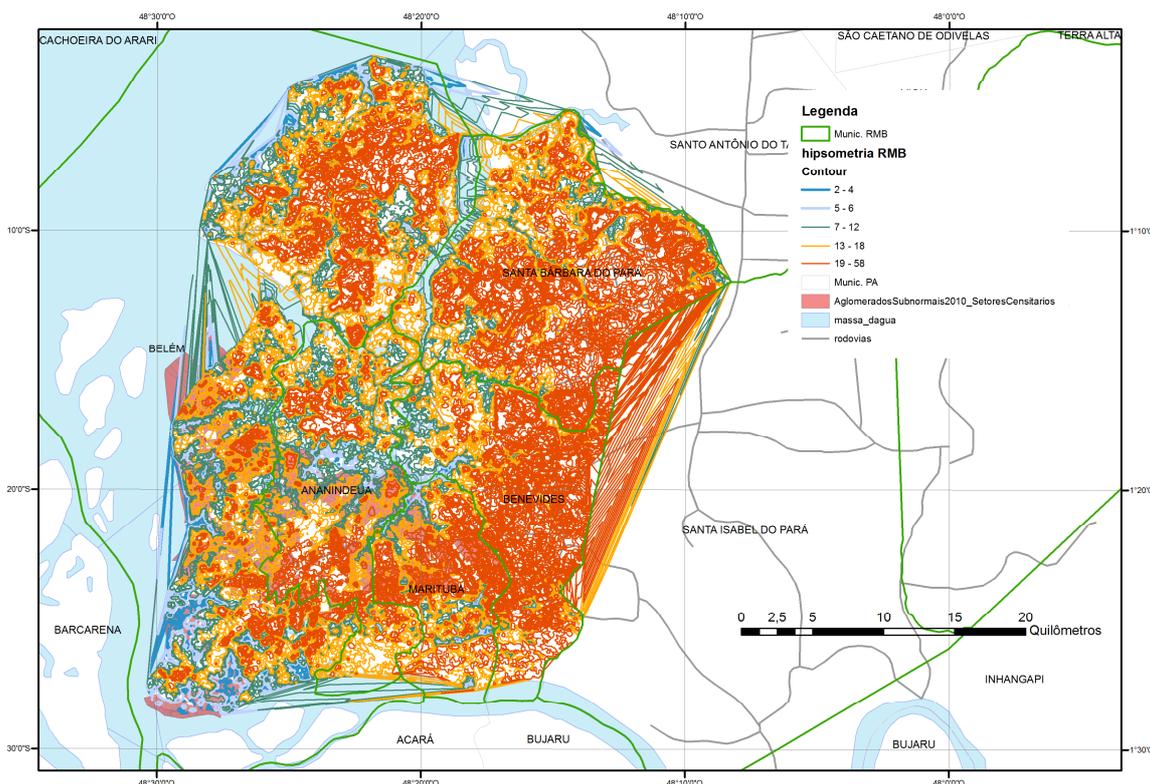
Sendo assim, este artigo sintetiza algumas diretrizes para o enfrentamento das questões relacionadas à *drenagem não-estrutural* a partir de critérios técnicos consistentes. Para tal, aqui serão apresentados estudos exploratórios com a sobreposição de elementos urbanísticos, dados estatísticos e bases georreferenciadas que resultam em caracterizações gerais dos cinco municípios mais adensados da RMB (Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará) com diretrizes e tendências específicas para o tratamento diferenciado da drenagem urbana em cada parcela do território, sendo sugeridos diferentes usos combinados de soluções técnicas estruturais e não-estruturais para as situações estudadas.

## 2. O ENFRENTAMENTO ATUAL DA PRECARIEDADE NA RMB

### 2.1. A PRECARIEDADE URBANA E AMBIENTAL

A Região Metropolitana de Belém foi historicamente estruturada em função da sua rede hídrica. As relações entre a urbanização e as águas foram fundamentais para a configuração da ocupação do território. Entretanto, como em todo país, o déficit habitacional e a ausência do Estado levaram a ocupação de sítios ambientalmente frágeis e desvalorizados pelo mercado com a consequente formação de áreas de precariedade, com ocupação por autoconstrução e uso intensivo do solo (TRINDADE JR., 1997; CARDOSO, 2007). Este seria um padrão nacional de ocupação precária do solo urbano (MARICATO, 2000); áreas ambientalmente frágeis, terras públicas. Em Belém e região, as áreas precárias e alagáveis, de baixas cotas altimétricas e habitadas por populações pobres, são conhecidas como *baixadas* - um tipo de favela recorrente nas várzeas dos rios urbanos da região. O Mapa 1 apresenta a hipsometria de cinco dos sete municípios da RMB e demonstra as áreas de *baixadas*, susceptíveis à alagamentos.

Mapa 1 Hipsometria da RMB, em seus cinco municípios mais densamente urbanizados, demonstra a distribuição espacial de áreas alagáveis, situadas, pelo menos, até a cota 6,0 m.

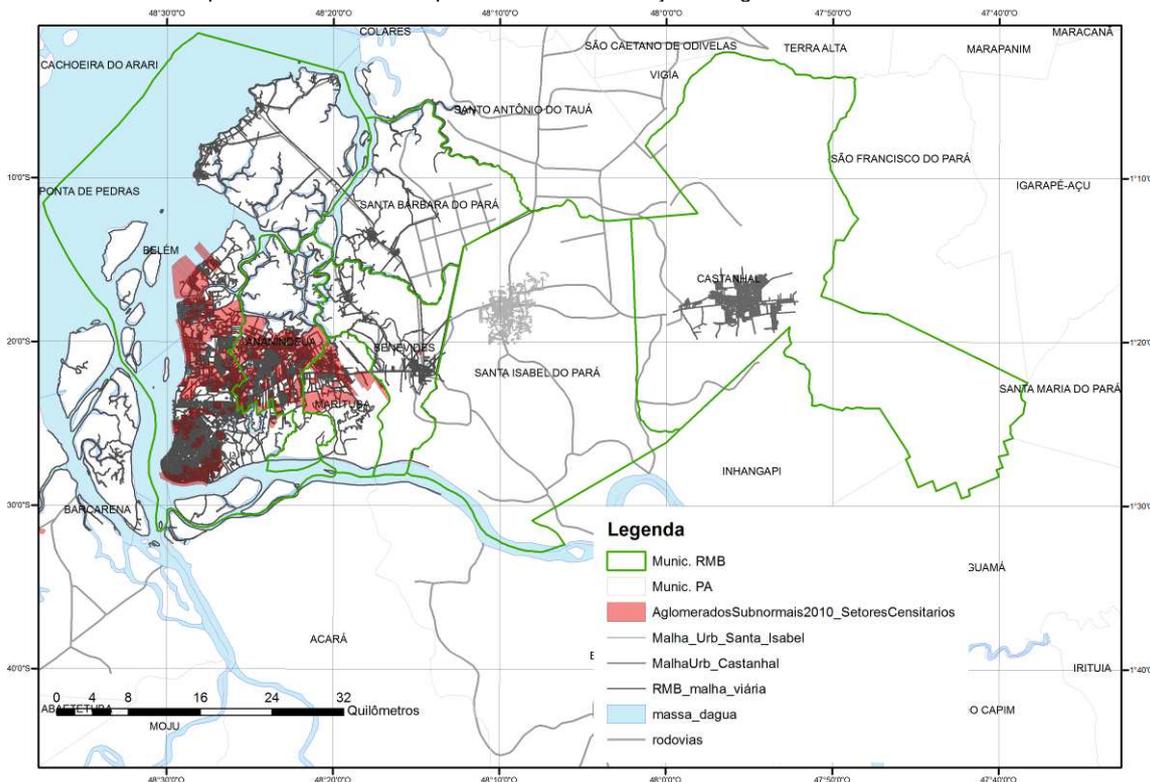


Fonte: IBGE (2010); IDESP (2009)

Este processo fez com que a RMB apresente um dos piores quadros de precariedade dentre as metrópoles brasileiras; composta por sete municípios - Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Isabel do Pará, Santa Bárbara do Pará e Castanhal - atualmente ela apresenta os maiores índices relativos de população e domicílios situados em *aglomerados subnormais*, segundo o Censo Demográfico recente (IBGE, 2010), com 53,9% da população residindo nestes locais precários, e tendo Marituba

como município metropolitano com maior índice de domicílios em aglomerados subnormais, aproximadamente 77% (IBGE, op. cit.) Quando se trata de saneamento básico, os números reforçam a constatação da precariedade: 65,19% dos domicílios tem rede de água e menos de 10% contam com rede de esgotamento, cujo tratamento é praticamente insignificante. O Mapa 2 apresenta a mancha dos aglomerados subnormais sobre os limites dos municípios da RMB.

Mapa 2 - Limite dos municípios da RMB e delimitação de Aglomerados Subnormais.



Fonte: IBGE (2010).

A estruturação das cidades que compõem a RMB sempre esteve ligada aos corpos hídricos da região, seja através do transporte fluvial, da economia em pontos comerciais portuários ou da própria cultura ribeirinha de vida ao longo dos rios. Ao longo dos anos, porém, a relação com as águas foi se modificando na RMB. Segundo Ponte (2010), no século XX, com o desenvolvimento do saneamento, o uso da água na cidade tornou-se mais técnico com sua apropriação prioritária como *substância* ao invés de *veículo* (como é nos portos), *paisagem* (em frentes de água contemporâneas) ou *recursos* (na produção industrial ou na lógica econômica a gestão da água). Esta abordagem técnica de água das cidades foi historicamente acompanhada por segregação social em países em desenvolvimento, como o Brasil.

Neste sentido, a maneira pela qual o poder público interveio no setor do saneamento incorreu em soluções técnicas de canalização e tamponamento. Travassos (2010) identifica que o padrão PLANASA (Plano Nacional de Saneamento/1971-1991) com modelo de intervenção racionalista e tecnicista trabalhava na perspectiva de canalização associada às "vias sanitárias", com o uso dos rios para a dissolução dos esgotos. Como parte das políticas públicas estratégicas para o período militar, o PLANASA destinou uma grande quantidade de recursos para intervenções em infraestrutura em saneamento de padrão conservador com soluções de drenagem de

alto índice de artificialidade, com concepções estruturais e aceleradoras dos picos de inundação em áreas mais baixas das respectivas bacias hidrográficas. A utilização deste modelo se mostrou insustentável na medida em que a alteração que promove, em regimes hidrológicos nas cidades, aumenta a vulnerabilidade de áreas de cota baixa nas quais, não por acaso, se concentra a maior parte da população de baixa renda. Ainda segundo Travassos (2010), o panorama vem mudando com o reconhecimento da insuficiência das obras estruturais como única solução para os problemas de drenagem. O trabalho da autora (TRAVASSOS, op. cit.) revela soluções de caráter tanto criativo, urbanisticamente, quanto engenhoso, tecnicamente, capazes de conciliar o regime hidrológico alterado da cidade em condições seguras com um desenho urbano compacto e, portanto, socialmente menos desigual.

## 2.2. O ENFRENTAMENTO DO PROBLEMA

Atualmente, o Brasil vive um momento peculiar tanto no que concerne a inovações legislativas quanto no que diz respeito ao volume de recursos para enfrentar o tema do saneamento ambiental.

Em 2007 entrou em vigor a Lei Federal 11.445 que estabelece a Política Nacional de Saneamento. Entre outras coisas, este Marco Regulatório chama governos estaduais e municipais para atuação conjunta na solução do problema. Cada um desses agentes políticos e territoriais devem construir um plano (regional, para os Estados membros da Federação brasileira; local para os municípios), a fim de acessar recursos para estruturas de todos os serviços de saneamento ambiental (água, esgoto, drenagem, lixo). Assim, este plano mostra as dimensões físicas e financeiras dos desafios.

Por outro lado, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) é a raiz da maior parte dos recursos destinados às áreas de baixadas da RMB. O programa atual - PAC 2 - atua neste sentido através de três dos seus sete eixos: *Cidade Melhor*, com obras nos subeixos de *Saneamento* e de *Prevenção de Áreas de Risco*; *Minha Casa Minha Vida*, com obras em *Urbanização de Assentamentos Precários*; e *Água e Luz para todos*, com o subeixo *Água em Áreas Urbanas*. Segundo os dados disponíveis do 9º Balanço do PAC2 (BRASIL, 2014), a somatória de investimentos previstos para estes subeixos na RMB gira em torno de 1,4 bilhões de reais<sup>1</sup>, como se pode verificar na Tabela 1. Este valor, diante dos R\$ 19,41 bilhões estabelecidos na Lei Orçamentária Anual (LOA) para 2014 (PARÁ, 2014), representa o equivalente a 7,2% da receita estimada para todo o Estado do Pará no presente ano; um investimento significativo, portanto, considerando que se trata de ações específicas da área de saneamento, urbanização e infraestruturas urbana correlatas.

## A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

Tabela 1- Investimentos Previstos dos PAC relacionados com saneamento ambiental, áreas de risco, águas urbanas e assentamentos precários na RMB. Fonte: Cartilha Estadual do 9º Balanço do PAC 2. (BRASIL, 2014)

Município/ Eixo PAC	Cidade Melhor		MCMV	Água e Luz para Todos
	Saneamento	Prevenção de Áreas de Risco	Urbanização de Assentamentos Precários	Águas em Áreas Urbanas
<b>Belém</b>	R\$ 127.356.440,00**	R\$ 187.926.620,00	R\$ 706.099.500,00**	R\$ 6.915.170,00**
<b>Ananideua</b>	R\$ 124.131.110,00	*	R\$ 82.863.350,00	R\$ 23.092.590,00**
<b>Marituba</b>	R\$ 7.054.970,00	*	R\$ 2.441.700,00	R\$ 14.805.770,00**
<b>Benevides</b>	R\$ 727.310,00	*	*	*
<b>Santa Bárbara do Pará</b>	R\$ 1.183.970,00	*	*	**
<b>Santa Isabel do Pará</b>	R\$ 181.420,00	*	R\$ 7.782.120,00	R\$ 515.000,00
<b>Castanhal</b>	R\$ 78.712.630,00	*	R\$ 7.680.810,00	R\$ 25.046.950,00**
<b>Subtotal</b>	R\$ 339.347.850,00	R\$ 187.926.620,00	R\$ 806.867.480,00	R\$ 70.375.480,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 1.404.517.430,00</b>			

\* Não estão previstas obras.

\*\* Nem todas as obras previstas tem valores disponíveis para consulta.

Fonte: Cartilha Estadual do 9º Balanço do PAC 2.no Pará (BRASIL, 2014)

Entretanto, a despeito do grande volume de investimento, quanto à materialização física e técnica do PAC na RMB, nota-se manutenção do padrão de intervenção racionalista e convencional em parte significativa das soluções de drenagem urbana, sobretudo na urbanização de assentamentos precários. Em pesquisa recente realizada pelo grupo de pesquisadores do Laboratório Cidades da Amazônia – LABCAM (UFPA) verificou-se que a maior parte das obras de urbanização de assentamentos precários, relativas a melhorias de saneamento ambiental, apresentam tímidas expressões do que seria um tratamento compreensivo da drenagem urbana. (PONTE et al., 2014).

Um exemplo disso foi a urbanização da comunidade Riacho Doce, localizada na bacia do Tucunduba em Belém, que deve atender 2.843 mil famílias e que tem investimento estimado de R\$55,7mi (CEF, 2014). Como será visto neste texto, esta bacia apresenta características específicas que, em tese, inclinariam as intervenções no sentido da utilização de medidas compensatórias de drenagem: altas densidades, tem influência direta do Rio Guamá (um dos mais importantes da cidade) e com boa parte do seu território ocupada por aglomerados subnormais. Contudo, o que se vê ainda não é a apropriação completa deste conceito. Foi implantada uma rede de microdrenagem convencional com PVs e canaletas; talude parcialmente vegetado; retificação parcial de canal de drenagem; e alas para descarga em leito de canal, como se pode ver na Figura 1e na Figura 2. Este caso ilustra inclusive um fator importante a ser destacado para a escolha de soluções não-estruturais que é a necessidade de manutenção dos elementos técnicos adotados (PONTE et al., 2014). Como não existe o constante controle no pós-obra, o que se observa é a manutenção da precariedade.

## A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

Figura 1 Planta Geral de Urbanização da Comunidade Riacho Doce, bacia do Tucunduba.



Fonte - COHAB/PA (2012)

Figura 2 - Foto de uma das pontes sob o igarapé Tucunduba.



Fonte: Autores, 2014

Desta maneira, apesar do significativo avanço legal e a despeito do aporte de investimentos oriundos do PAC, as políticas de saneamento e urbanização ainda não parecem incorporar de modo consistente as inovações técnicas sobre a gestão de águas urbanas no Brasil. Isso se reflete significativamente na maneira como são realizadas as urbanizações de assentamentos precários, na medida em que soluções conservadoras, em geral, demandam maiores remoções, grandes obras sanitárias e elevados custos de obra. Apesar de haver, em soluções ditas *não-estruturais*, diretrizes de manutenção e aumento de superfície permeável, o que (em tese) induziria a maior impacto sobre a ocupação (e, portanto, aos remanejamentos), na verdade há possibilidade técnicas de articulação entre ocupação de densidades moderadas e permeabilidade de solo (BUENO, 2005). Em síntese, trata-se de uma outra forma de se estabelecer diretrizes para a urbanização de favelas. Sendo assim, segue importante a colaboração técnica deste trabalho para a construção de um Plano de Drenagem Metropolitana que possa contribuir para o debate do tema em meio aos ambientes acadêmicos, técnicos e políticos.

### 3. DIRETRIZES PARA UM PLANO METROPOLITANO DE DRENAGEM

Como *Drenagem Urbana (Sustentável)* entende-se a utilização de medidas não-estruturais de drenagem, com certa equivalências entre conceitos e técnicas a eles associadas. O conceito do tratamento dos corpos d'água urbanos de maneira compreensiva, através de medidas compensatórias à urbanização e à inevitável alteração dos regimes hidrológicos. A partir dos anos 1960, com autores como Ian McHarg (1971) e Anne W. Sprin (1984) cria-se uma corrente teórica de visão ecológica do desenho urbano através da arquitetura da paisagem. O planejamento de intervenções passa então a admitir o entendimento geral dos regimes hidrológicos e da configuração das bacias como estratégicos para a contenção de cheias e regulação dos níveis de alagamento. Desta forma, condena-se a exclusiva utilização de grandes obras estruturais, devido ao decorrente aumento de fluxo e carga de sedimentos, com elevação de picos de descarga e processos de *runoff*, e diminuição do tempo de escoamento (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2001), o que aumenta a probabilidade do risco de alagamento. A Engenharia, então, apresenta como alternativas para as obras estruturais, as chamadas tecnologias não-estruturais - medidas de Engenharia e gestão que trabalham com tecnologias preventivas de inundações em abordagem compreensiva das dinâmicas naturais de escoamento (CARNEIRO; MIGUEZ, 2011). É evidente que a utilização destas tecnologias não é de maneira alguma excludente; o que se espera é que a incorporação de variadas tecnologias possa aumentar a eficácia dos sistemas e abarcar mais adequadamente as demandas urbanas, sociais e ambientais.

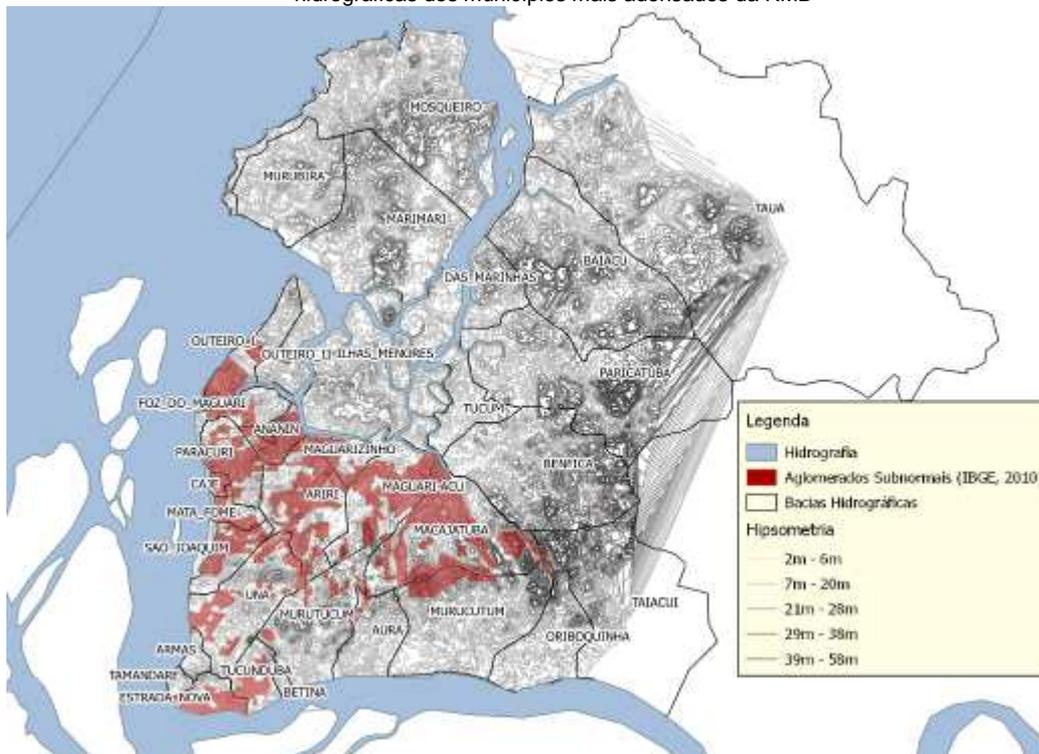
Tendo em vista este conceito para drenagem urbana, este artigo se propõe a identificar quais áreas da RMB são mais propensas a um e/ou outro tipo de intervenção de drenagem. A base para os resultados deste artigo foi a utilização do georreferenciamento (software GIS e imagens de satélite) como subsídio técnico e urbanístico para a elaboração de diretrizes para um Plano Metropolitano de Drenagem.

Através de um *shapefile* "hypsometria", oriundo do IDESP (Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará, do Governo Estadual, elaborado a propósito da pesquisa IPEA-PROREDES, *Assentamentos precários no Brasil urbano*, pela geógrafa Patrícia Soares Pinheiro, do referido Instituto, a partir de imagens LANDSAT-INPE) foi possível identificar as áreas da RMB suscetíveis a inundações e calcular suas declividades médias. A partir disto, de dados estatísticos e de imagens de satélite, foi criado um banco de dados em sistema GIS (que está em desenvolvimento) e que permite o cálculo das áreas alagáveis sobre a área total das bacias e a sobreposição de declives, de locais potenciais de percolação, de áreas de baixadas, favelas, da malha viária, e das áreas permeáveis e impermeáveis. São cálculos simples, porém a correlação destas informações permite identificar os diferentes padrões urbanísticos, ambientais ou de engenharia para sistematizar um modelo de intervenção mais refinado. A utilização de imagem LANDSAT-INPE para a extração de hipsometria deve ser complementada, a partir deste momento da pesquisa, com uso de imagens SPOT, de maior resolução espacial e, portanto, maior acuidade na delimitação de relevo.

As recomendações de intervenção consideram diferentes combinações de modelos de drenagem urbana estruturais e não-estruturais, dependendo das características de cada bacia. Muitas vezes, abordagens não estruturais são mais apropriadas para a realidade de Belém, onde existe uma combinação de altos índices pluviométricos, baixas declividades e redução da permeabilidade, decorrente da ocupação precária e densa.

Com relação aos resultados, algumas bacias urbanas ao Sul (como a da Estrada Nova e Tucunduba) e no eixo Noroeste da cidade de Belém apresentam até 40% da sua extensão como alagável. As declividades nestas áreas são baixas, de menos de 2,5% na maioria dos casos (de acordo com medições preliminares nos mapas), porém a associação entre a crescente impermeabilidade do solo, o acúmulo de lixo, as precárias infraestruturas de drenagem e a já citada tendência de ocupação de áreas sensíveis por população sem alternativa habitacional criam um quadro crítico de precariedade ambiental e urbana. A Figura 3 apresenta a sobreposição da hipsometria do IDESP com as manchas de aglomerados subnormais do IBGE e a delimitação das bacias hidrográficas (PONTE; BRANDÃO, 2014).

Figura 3 - Base de hipsometria do IDESP sobreposto aos aglomerados subnormais demarcados pelo IBGE e às bacias hidrográficas dos municípios mais adensados da RMB



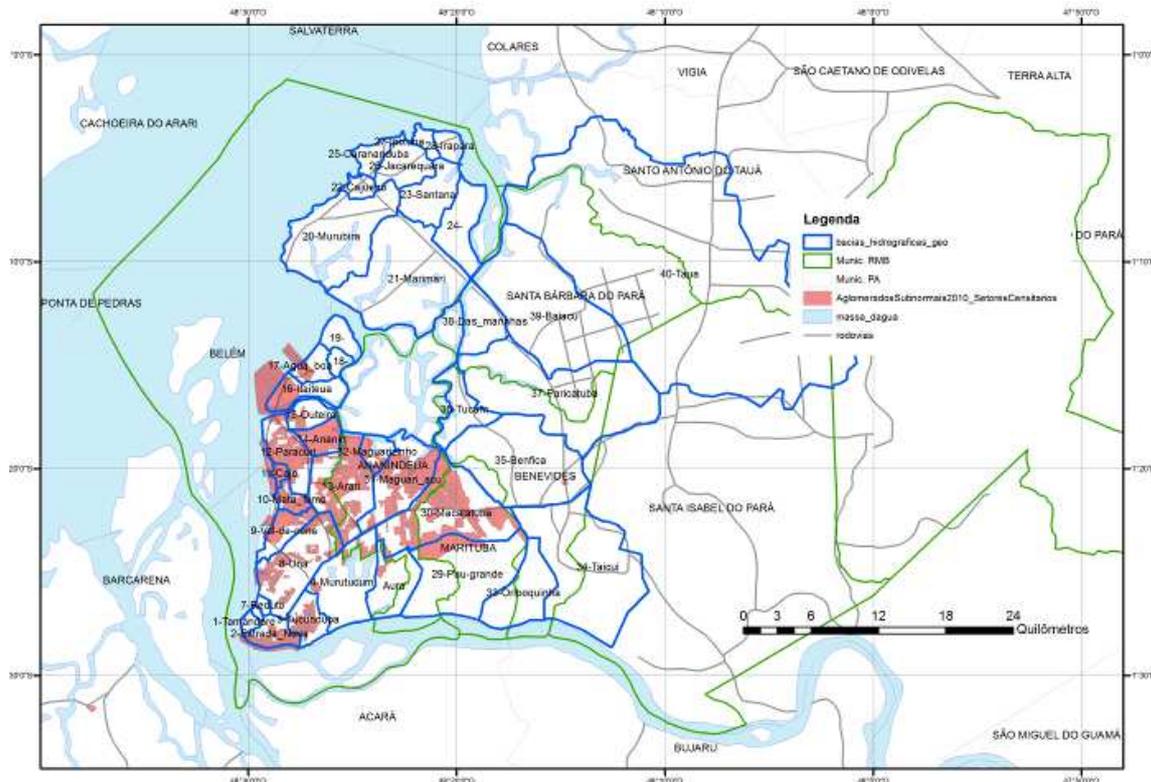
Fonte - IDESP (2009) e IBGE (2010)

Identificando as cotas de até 6,0m<sup>ii</sup> acima do nível do mar, os resultados apontaram uma área de inundação referente a 24% da área total dos cinco municípios mais adensados da RMB, o que significa que em 182 mil hectares de área, dos quais 43 mil hectares estariam abaixo da cota de 6,0 m e, portanto, estariam sujeitos a alagamentos.

O cálculo de declividades, utilizando as linhas de contorno (em intervalos de 2 metros) para as parcelas mais densas do território urbano da RMB é um procedimento que busca parâmetros para a intervenção de drenagem nas bacias. Para tal foram utilizadas as 11 bacias de maior densidade demográfica da RMB, a partir de dados censitários recentes (IBGE, 2010) e da cobertura espacial das bacias hidrográficas urbanas, de modo a atender a uma amostragem de diferentes tipos de ocupação urbana no território metropolitano. Deve ser notado que, nos cinco municípios que constituem o território metropolitano mais densamente urbanizado, há 40 bacias hidrográficas definidas pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), principal órgão estadual de execução da política de saneamento no Estado (Mapa 3).

## A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

Mapa 3 Delimitação de bacias hidrográficas da RMB e localização de aglomerados subnormais.



Fonte - IBGE (2010); PEREIRA (2008)

A Tabela 2 apresenta as informações referentes a cada uma destas 11 bacias: população estimada, população em aglomerados subnormais, densidade, áreas permeáveis (calculadas a partir de imagens de satélite) e declividades médias (calculadas a partir dos pontos de inundação no interior das bacias).

Em software GIS, as declividades foram calculadas com pontos de partida inicial (isto é, as linhas de contorno 6.0 m) e pontos de inundação em cada uma das áreas analisadas. A maioria das bacias da RMB apresentam baixas densidades relativas; as que apresentam densidades mais elevadas são, como já mencionado, aquelas em que a população de baixa renda vive, com maior incidência de aglomerados subnormais.

As declividades atingiram 2,716%, em média. Embora este percentual seja um pouco maior do que 2,50% - valor de referência para a decisão entre as intervenções de drenagem estruturais e não-estruturais - (GRIBBIN, 2009) é bastante possível considerar a Região Metropolitana de Belém como um território plano. Por esta razão, o escoamento é lento e com frequentes episódios de retenção. A alta incidência de ocupações precárias, com níveis significativos de contiguidade entre edificações, acentua esta tendência.

## A DIMENSÃO AMBIENTAL DA CIDADE

Tabela 2 - Declividades Médias, Áreas Permeáveis e População em Aglomerados Subnormais em 10 Bacias da RMB.

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%
Macaetuba	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%
<b>Média</b>		<b>74.965</b>		<b>26%</b>	<b>2,7%</b>

Fontes: IBGE (2010); IDESP (2009); PEREIRA (2008).

Segundo GRIBBIN (2009), as soluções estruturais de infraestrutura, projetadas em redes de concreto armado, estão condizentes com declividades mais acentuadas. Em declives baixos, semelhantes ao da porção sul e do eixo noroeste da cidade, seria mais recomendada a associação entre soluções estruturais e não-estruturais para prevenção de enchentes. Bacias localizadas próximas ao núcleo central da cidade, como Estrada Nova, Una e Tucunduba apresentam, além de baixas declividades, ocupação consolidada em altas densidades populacionais e grande impermeabilidade do solo. Por outro lado, bacias periféricas como Paracuri, Mata Fome e Pau Grande são bem menos adensadas e tem níveis mais elevados de permeabilidade do solo, com declividades mais acentuadas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos dados presentes na cartografia deste trabalho (Mapa 1; Mapa 2; Mapa 3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) demonstra a variedade de tipos de ocupação urbana no território mais denso da RMB e, portanto, a necessidade de se considerar diferentes soluções de drenagem urbana para a abordagem deste território. Em bacias hidrográficas urbanas como as do Una, Estrada Nova e Tucunduba, a profusão de porções alagáveis associadas a ocupações precárias de densidade significativa demanda, ao mesmo tempo, a necessidade de retenção do escoamento, o aumento possível de superfícies permeáveis e a associação com soluções estruturais. Caixas de via necessariamente estreitas, condicionadas em função da proximidade da ocupação em relação aos cursos d'água existentes, frequentemente estruturam canais de drenagem de pequeno e médio porte com taludes de grande inclinação. Por outro lado, as extensas planícies de inundação destas bacias exigem a implantação de superfícies permeáveis, uma vez que a alta contiguidade da ocupação urbana dificulta o escoamento superficial em condições de salubridade, diante do cálculo de vazão dos canais e da alta pluviosidade da região.

Em outras bacias hidrográficas, menos densas, da RMB, a associação entre soluções estruturais e não-estruturais poderia ter maior ênfase nas soluções não-estruturais, em função de maior disponibilidade relativa de terra para implantação de estratégias como pôlderes, taludes vegetados de baixas inclinações e bacias de retenção, além da associação entre tais estruturas e o espaço público, escasso nas áreas periféricas da Região Metropolitana. Nestes locais o esforço de desenho urbano deve demandar a

avaliação do nível de condicionamento do traçado de expansão dos assentamentos precários, em função das diretrizes morfológicas dadas pelas intervenções de drenagem urbana.

A avaliação de material técnico de projetos de urbanização de assentamentos precários da Região Metropolitana de Belém (RMB), executados pela Companhia de Habitação do Estado do Pará (COHAB-PA) dentro do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, demonstra a aplicação eventual de soluções de drenagem urbana de caráter *não-estrutural*, porém ainda de modo residual. A articulação entre desenho urbano criativo, capaz de manter densidades econômicas, ocupação compacta (acompanhada de pacotes de legislação urbanística específicos para Zonas Especiais de Interesse Social) e viabilidade na implantação de redes e sistemas de infraestrutura urbana segue como um desafio nesta área do Urbanismo. As soluções tidas como consolidadas, frequentemente conservadoras do ponto de vista da drenagem urbana, representam execução de obra civil de maior custo, porém com técnicas conhecidas e dominadas localmente; soluções *não-estruturais*, com custo de implantação em geral menor, pedem manutenção mais frequente e sistemática, o que se tornou um curioso argumento contrário à sua implantação.

Conforme pontuado anteriormente, as diretrizes para um plano de drenagem urbana, em escala metropolitana, para a RMB, não podem consistir em uma falsa oposição entre medidas estruturais e não-estruturais. Diferentes tipos de ocupação e sítio físico condicionam soluções que, necessariamente, exigem adaptação às condições específicas das variadas porções urbanizadas (consolidadas, centrais, periféricas, precárias) da RMB. Em resumo, podem ser pontuados os seguintes aspectos para a implantação de sistemas e redes com certo nível de articulação no território mais denso da RMB:

- Para áreas de ocupação precária, alagável e relativamente densa, com maior contiguidade, em geral conviria a associação entre diretrizes e soluções não-estruturais de drenagem urbana, como miolos de quadra verdes, taludes vegetados e bacias de detenção, implantados em paralelo a sistemas de macrodrenagem capazes de acelerar o escoamento de forma controlada, dada a intensidade de ocupação, a baixa permeabilidade previamente existente do solo e as declividades em geral reduzidas das áreas alagáveis da RMB;
- Em bacias de ocupação menos densa, porém com alto crescimento demográfico, o espaço superficial para implantação de soluções não-estruturais seria maior, e ao mesmo tempo permitiria a articulação entre diretrizes de desenho urbano para assentamentos precários, espaços públicos e estruturas de contenção e percolação mais próximas de dinâmicas naturais (pôlderes, taludes vegetados de baixa inclinação, etc.) Provavelmente tais bacias representariam contribuição que deve ser somada a outras bacias, ora de baixa densidade, ora de fragilidade ambiental (como no caso da bacia hidrográfica do igarapé do Aurá, onde se situa o principal aterro sanitário da RMB) ou mesmo de ocupação mais densa; em todos estes casos, deve-se depender de soluções estruturais, inevitavelmente;
- Áreas consolidadas e urbanizadas, tanto de caráter horizontal quanto vertical na ocupação, podem receber medidas urbanísticas de aumento de superfície permeável, o que, no caso brasileiro, deve incidir sobre a legislação urbanística municipal. O redesenho de espaços públicos, desde os maiores (parques, praças), até os menores (canteiros, floreiras) deve ser considerado, bem como a aplicação de espécies vegetais com propriedades depuradoras e de retenção

mecânica de taludes, especificamente para os canais de drenagem (há permeabilidade ainda existente nestes locais, como em parte da Bacia da Estrada Nova, do Una, etc.) Em projetos como a Macrodrenagem da Bacia do Una, a mais extensa territorialmente e a mais populosa de toda a Região Metropolitana, aspectos relacionados ao desempenho urbanístico para fins físico-ambientais e socioambientais tiveram papel secundário, o que representa impactos negativos relevantes, atualmente.

- Há bacias hidrográficas na Região Metropolitana de Belém (RMB), como as do Paracuri e do Igarapé Mata-Fome, em Belém, que possuem características de alto índice de precariedade, com moradia relativamente densa em alguns núcleos habitados, associado a níveis ainda elevados de permeabilidade do solo e degradação de cursos d'água. Nestas bacias o trabalho de recuperação ambiental seria ainda mais complexo e variado do que em bacias das áreas de expansão, dada a fragilidade ambiental associada à ocupação precária, e ainda à necessidade de manejo da bacia, com a redução de custos de desapropriação e redesenho da ocupação urbana em novos arranjos habitacionais e de parcelamento do solo.
- Um Plano Metropolitano de Drenagem Urbana necessitaria de compatibilização das legislações urbanísticas municipais dos municípios componentes da RMB, o que, como já foi objeto de pesquisa (PONTE; BRANDÃO; LIMA; RODRIGUES, 2011), não apresenta maiores articulações na atualidade. Esta falta de articulação se reflete na ausência de planejamento integrado de bacias hidrográficas, na eventual incompatibilidade entre zoneamentos dos respectivos Planos Diretores Municipais em zonas contíguas e municípios vizinhos e devido a estruturas institucionais desiguais e desarticuladas em suas políticas ambientais locais. Atividades econômicas, como a produção de empreendimentos habitacionais, a exploração de madeira, a pecuária ou a implantação de equipamentos comerciais de grande porte, frequentemente são abordadas pelas administrações municipais como empreendimentos a serem aprovados, e não analisados para posterior aprovação, condicionada ou não.
- A associação entre tecnologias e soluções de desenho urbano, legislações urbanísticas e ambientais se relaciona às variantes *estruturais* e *não-estruturais*, de acordo com a variedade de tipos de ocupação acima relatada, a ser aprofundada com outras realidades identificadas no território metropolitano. É necessária a construção de uma base de dados georreferenciada para que, dentro da dinâmica das bacias metropolitanas (ao menos no território de ocupação mais densa), seja possível construir estratégias de gerenciamento de recursos hídricos entre bacias e por bacia, bem como para identificar dados elementares como vazão, percentuais de permeabilidade por bacia – conforme orientações de autores como GRIBBIN (2009) - e atualizações de relevo, dados que, surpreendentemente, não estão disponíveis e não são gerados ou sistematizados pelas administrações locais.

## 5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antonio José Teixeira. *Gestão ambiental de áreas degradadas*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

- BRASIL. Governo Federal. *Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007*: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. 19 f. Brasília: Presidência da República; Casa Civil; Subchefia para assuntos jurídicos, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 14 set. 2011.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento. (Ed.). 9º *Balanço PAC 2 (2011/2014) Cartilha Estadual: Pará*. 3. ano. Brasília: Imprensa Nacional, 2014. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/pub/up/relatorio/0f5616646a72887873ea1488b5a979f7.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2014.
- 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.
- CARDOSO, Ana Cláudia Duarte. *O espaço alternativo*. Vida e forma urbana nas baixadas de Belém. Belém: EDUFPA, 2007.
- CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira; MIGUEZ, Marcelo Gomes. *Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas*. São Paulo: Annablume, 2011.
- CEF (Caixa Econômica Federal; Gerência de Desenvolvimento Urbano, Belém-PA). *Obras do PAC saneamento e urbanização de assentamentos precários na Região Metropolitana de Belém*. Belém: CEF; GIDUR, jan. 2014. [Planilha eletrônica.]
- COHAB-PA. *Comunidade Riacho Doce – 1ª, 2ª e 3ª etapas. Planta geral de urbanização e seções esquemáticas de vias; Drenagem - 1ª etapa; Drenagem - 2ª etapa; Drenagem - 3ª etapa*; Drenagem: seções. 6 f. Belém: COHAB-PA, 18 set. 2012. CD-ROM. [Projeto executivo de engenharia e urbanismo, desenhos técnicos digitais.]
- GRIBBIN, John E. *Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais*. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <[www.censo2010.ibge.gov.br](http://www.censo2010.ibge.gov.br)>. Acesso em: 10 mai. 2014.
- IDESP (Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Estado do Pará; Governo do Estado do Pará). *Hipsometria da Região Metropolitana de Belém*. Belém: IDESP-PA, 2009. [Cartografia digital, formato shapefile. Elaboração de Patrícia Queise Soares Pinheiro, sobre imagens LANDSAT, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.] CD-ROM.
- MARICATO, Ermínia. As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias. Planejamento urbano no Brasil. In: ARANTES, Otilia; VAINER, Carlos; MARICATO, Ermínia. *A cidade do pensamento único: desmanchando consensos*. Petrópolis: Vozes, 2000. p. 121-192.
- McHARG, Ian L. *Design with nature*. Nova Iorque: Doubleday/National History Press, 1971.
- PARÁ, Governo do Estado; SEPOF (Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças). *Lei n.º 7.797, de 14 de janeiro de 2014*. Estima a receita e fixa a despesa do Estado do Pará para o exercício financeiro de 2014 e dá outras providências. 10 f. Belém: SEPOF-PA, 2014. Disponível em: <[http://www.sepof.pa.gov.br/pdf/oge2014/Lei\\_orcamentaria2014.pdf](http://www.sepof.pa.gov.br/pdf/oge2014/Lei_orcamentaria2014.pdf)>. Acesso em: 25 mai. 2014.

- PEREIRA, José Almir Rodrigues (org.) *Plano diretor do sistema de esgotamento sanitário da Região Metropolitana de Belém*. 700 f. Belém: COSANPA (Companhia de Saneamento do Pará), 2008. CD-ROM.
- PONTE, Juliano Pamplona Ximenes. *Cidade e água no estuário guajarino*. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional). 320 f. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- \_\_\_\_\_; BRANDÃO, Ana Júlia Domingues das Neves; LIMA, José Júlio Ferreira; RODRIGUES, Roberta Menezes. Avaliação institucional da política ambiental, de saneamento e gestão de águas na Região Metropolitana de Belém. In: XII *SIMPURB, Simpósio Nacional de Geografia Urbana, 2011*, Belo Horizonte-MG. Anais: XII *SIMPURB, Simpósio Nacional de Geografia Urbana*. Belo Horizonte-MG: UFMG, 2011. v. 1.
- \_\_\_\_\_; BRANDÃO, Ana Júlia Domingues das Neves. Urbanistic subsidies for a Metropolitan drainage plan, Belém, Brazil. In: *Proceedings. World Congress of Engineering, Londres/Inglaterra, 2 a 4 de julho de 2014; International Association of Engineers – Londres/Inglaterra, 2014*. CD-ROM. Disponível em: <<http://www.iaeng.org/WCE2014/>>. Acesso em: 25 mai. 2014.
- \_\_\_\_\_; et al. Urbanização de Assentamentos Precários na Região Metropolitana de Belém: Problemas de Desenho e Infraestrutura Urbana. In: Núcleo de Apoio à Pesquisa Produção e Linguagem do Ambiente Construído (São Paulo) (Org.). *Práticas Recentes de Intervenção Urbana em Áreas Informais na América Latina*. São Paulo: Fau Usp, 2014 [No Prelo].
- SPIRN, Anne Whiston. *The granite garden*. Urban nature and human design. La Verne/TN (EUA): Basic Books, 1984.
- TRAVASSOS, Luciana Rodrigues Costa Fagnoni. *Revelando os rios. Novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale urbanos na Cidade de São Paulo*. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). 243 f. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- TRINDADE Jr, Saint-Clair Cordeiro da. *Produção do espaço e uso do solo urbano em Belém*. Belém: NAEA/UFPA, 1997.

<sup>i</sup> Os valores aqui referidos não incluem algumas obras que estão em processo de licitação ou ação preparatória cujos investimentos previstos não foram divulgados de maneira detalhada no documento referente ao 9º Balanço do PAC, em razão da possibilidade de uso do Regime Diferenciado de Contratação - RDC. Sendo assim, cabe a ressalva de que o montante de recursos destinado para a RMB não está completamente disponível para consulta.

<sup>ii</sup> Aqui se adota a cota altimétrica de 6m acima do nível do solo como cota de alagamento apesar do poder público e da engenharia local acatarem 4,5m como cota de referência. Isso porque os recentes eventos de inundação transpassaram esta referência tradicional (e. de certa forma empírica) com cotas mais altas sendo afetadas pela combinação de fortes chuvas e marés altas.