

A PERCEPÇÃO SOCIAL E A GESTÃO DO RISCO NATURAL DE CHEIAS EM ÁREAS URBANIZADAS EM BELÉM-PA

Carla Cristina de Azevedo Sadeck¹; Flávio Augusto Altieri dos Santos²; Aline Maria Meiguins de Lima³; Edson José Paulino da Rocha⁴

¹Universidade Federal do Pará; Email: carla.sadeck@gmail.com

²Universidade Federal do Pará; Email: flavioaltieri@yahoo.com.br

³Docente da Universidade Federal do Pará; Email: alinemeiguins@gmail.com

⁴Professor associado da Universidade Federal do Pará; Email: eprocha@ufpa.br

Artigo recebido em 27/08/2015 e aceito em 30/04/2017

RESUMO

A urbanização afeta diretamente a dinâmica das bacias hidrográficas, modificando as características de seu regime hidrológico e os aspectos morfológicos associados aos processos que condicionam seu comportamento fluvial. O objetivo deste trabalho foi relacionar um modelo de comportamento hidrológico, que visa avaliar os efeitos das cheias sazonais em bacias hidrográficas, com a percepção social das pessoas diretamente afetadas nestas áreas. O tratamento escolhido associou a pesquisa *in situ* aos resultados da simulação da abrangência do efeito das cheias sazonais em uma bacia tipicamente urbanizada na região central de Belém. Os resultados obtidos demonstram que a área apresenta um alto potencial ao efeito das cheias sazonais e no momento em que os eventos ocorrem, a população atingida tem prejuízos econômicos, com possível ameaça a vida, porém dada a localização e custo de moradia há pouca predisposição da mesma em sair da região. Como forma de redução do problema é necessário que os gestores e tomadores de decisão atuem na redução da vulnerabilidade ambiental, considerando tanto os aspectos físico da bacia quanto a necessidade de contemplar espaços destinados a moradia que forneçam uma infraestrutura urbana adequada a população local.

Palavras-chave: bacias hidrográficas, vulnerabilidade ambiental, parâmetros hidrológicos.

THE SOCIAL PERCEPTION AND MANAGEMENT OF NATURAL FLOODING RISK IN URBANIZED AREAS IN BELÉM-PA

ABSTRACT

Urbanization directly affects the dynamics of river basins, modifying the characteristics of hydrological regime and the morphological features associated with fluvial processes. This paper has as main goal to integrate a hydrology model that simulated the effects of seasonal flooding in urbanized river basins, with the social perception of the people directly affected in these areas. The chosen treatment associated the research *in situ* with the results of simulation of the area affects of seasonal flooding in a typical urbanized basin in central of Belém. The results show that the area has a high potential to the effect of seasonal floods; and, at the time that events occur, the affected population has economic losses, with possible life threatening, but they don't want to get out of these areas by location and cost of housing. For reducing, the problem is necessary that the managers and decision makers work in minimizing environmental vulnerability, considering both the physical aspects of the basin and provide adequate housing and urban infrastructure.

Keywords: watershed, environmental vulnerability, hydrological parameters.

INTRODUÇÃO

A dinâmica urbana demanda por necessidade de espaço para expansão das áreas de habitação e ampliação destas para locomoção e estabelecimento de áreas comerciais. Dentre os espaços normalmente alterados encontram-se as bacias hidrográficas, que ao longo do tempo são modificadas em termos de suas características morfológicas, de quantidade e qualidade das águas (GORAYEB et al, 2009; LOPES e SOUZA, 2012).

O fato de se considerar a bacia hidrográfica como unidade de gestão do território, implica na necessidade de implantar o controle do efeito das cheias sazonais como forma de minimizar os prejuízos socioambientais e econômicos que estas causam em momentos de extremos hidrológicos (MERWADE et al, 2008; CARNEIRO et al, 2010).

Como a bacia hidrográfica é o ambiente unitário de integração das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural, adotá-la como unidade ideal de planejamento e intervenção é uma das alternativas para promover a gestão destas áreas (MACHADO, 2003; TUNDISI, 2008), uma vez que a ocupação de ambientes naturalmente perigosos é uma situação associada as áreas sujeitas ao efeito das cheias sazonais.

A ameaça está diretamente vinculada às condições naturais (áreas de várzea) agravadas pela precariedade das moradias; o que favorece uma situação de vulnerabilidade que pode ser um conjunto de fatores sociais, culturais e educativos que determinam se uma comunidade está mais ou menos exposta a um evento, sejam por suas características ou por sua capacidade de responder e de se recuperar de tal evento (KENYON, 2007; SAMPAIO et al, 2012)

A análise da vulnerabilidade socioambiental a um determinado evento, implica em reconhecer e explicitar os conflitos originários das questões ambientais; entender o ambiente como bem público e o acesso a um ambiente saudável como um direito de cidadania (JACOBI, 2009).

A educação ambiental surge como uma forma de despertar o interesse da comunidade para participar das discussões coletivas e combater a atitude de passividade diante das dificuldades (LOPES e SOUZA, 2012). A integração entre as práticas de educação ambiental e a gestão de riscos ambientais urbanos, parte do princípio que é necessário reconhecer a natureza global dos problemas urbanos (VERONA e TROPMAIR, 2004).

Nesse contexto, faz-se necessário o conhecimento detalhado sobre as consequências da impermeabilização do solo, somada às deficiências de drenagem e aos hábitos da

população em relação aos sistemas hídricos. A ausência de estudos relacionando os três aspectos são as principais causas das inundações urbanas (SOUZA, 2010). A caracterização destas bacias hidrográficas permite avaliar o comportamento destas mediante a intensificação do processo de canalização, estreitamento de canal e modificação da topografia original, no intuito de reduzir os impactos decorrentes (RODRIGUES, 2010).

Os elementos mais comumente analisados são: os morfométricos que demandam apenas por informações topográficas e referentes ao traçado da rede de drenagem (BARBOSA et al, 2012); e os hidrológicos, mais complexos, pois sua aferição deveria advir de monitoramento continuado, havendo assim necessidade de idealizar comportamentos a partir da formulação de modelos.

O objetivo deste trabalho foi associar um modelo de comportamento hidrológico que visa avaliar os efeitos das cheias em bacias hidrográficas, a percepção social das pessoas diretamente afetadas nestas áreas. A aplicação foi realizada adotando como espaço geográfico o município de Belém (foz do rio Guamá com a Baía do Guajará), mais precisamente a região central que é intensamente urbanizada. Esta área é sazonalmente sujeita a cheias durante o período mais chuvoso, janeiro a julho (MORAES et al, 2005). Porém, é observado que mesmo fora deste período os cursos canalizados ampliam seu efeito, gerando alagamentos (GREGÓRIO e MENDES, 2009), que dependendo das condições locais de escoamento podem gerar perdas significativas para as comunidades do entorno.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Belém (PA), às margens do rio Guamá, a uma altitude média de 6m em relação ao nível do mar. A área de recorte para o desenvolvimento da modelo experimental de avaliação de risco de alagamento e inundação, contempla a bacia hidrográfica do canal da Quintino (Figura 1).

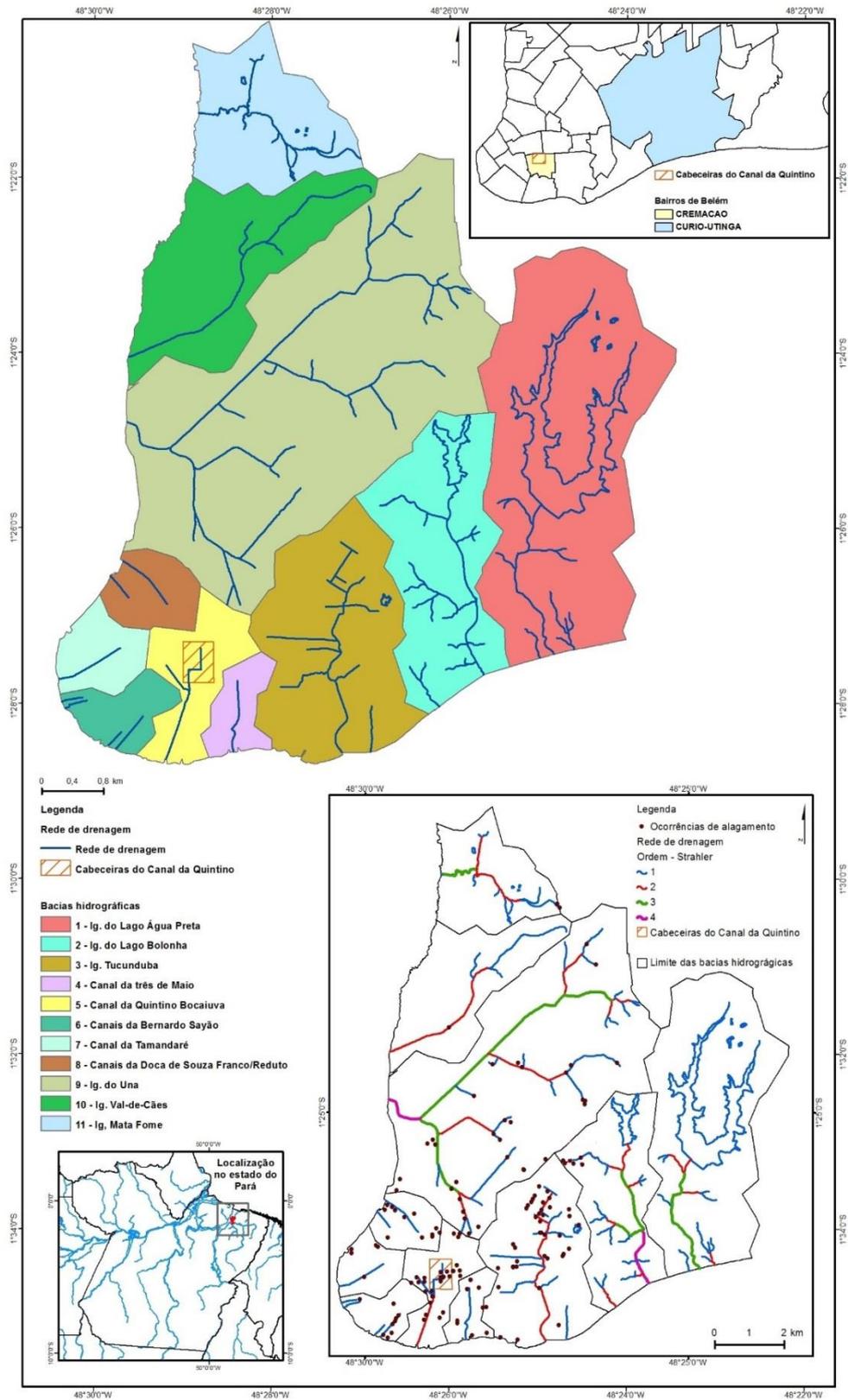


Figura 1: Localização da área de estudo.

Simulação do comportamento hidrológico

No processo de simulação do comportamento hidrológico foram adotados os seguintes procedimentos:

a) Elaboração da cartografia base: na definição da rede de drenagem com a delimitação das bacias foi utilizado a carta imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*, com resolução espacial de 90m) para geração do modelo digital de terreno e processamento.

b) Avaliação do comportamento da precipitação pluviométrica: foram empregados neste estudo a série de dados diários de precipitação dos anos de 1984 a 2014 disponíveis no banco de dados do site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) coletados na estação convencional do 2º Distrito de Meteorologia localizado em Belém.

c) Análise morfométrica: foram considerados os elementos de análise linear, areal e de relevo (PARETA e PARETA, 2012; SONI et al, 2013): Ordem dos canais (Sistema hierárquico de Strahler); Área da bacia (**A**); Perímetro da bacia (**P**); Comprimento total dos canais (**Lu**); Comprimento da bacia tomado pelo seu curso mais longo (**l**); variação de altitude (Δa); Índice de forma ($k = A/(l^2)$); Coeficiente de compacidade ($k_c = 0,28 * P/(\sqrt{A})$); Densidade de drenagem ($Dd = Lu/A$); Coeficiente de manutenção ($Cm = (1/Dd)$); e Gradiente dos canais em % ($G = (\Delta a/l) * 100$). Empregando os parâmetros morfométricos foram estimados: o Tempo de Concentração (T_c) em minutos ($T_c = 57 * (l^3/\Delta a)^{0,385}$); o Tempo de duração da chuva (T_r) compreendido entre 1/4 e 1/5 de T_c ; o Tempo de pico (T_p) em horas ($T_p = 0,5 * T_r + 0,6 * T_c$); e o Tempo base (T_b) em horas ($T_b = 2,67 * T_p$).

d) Modelagem hidrológica: descrita em Altieri e Rocha (2013) consiste na integração dos Modelos de Elevação Digital do Terreno, chuva-vazão, vazão da chuva por meio do canal e emissão de boletins de alertas. A bacia foi discretizada em células de 5m x 5m (25 m²), onde cada célula recebeu um identificador único e cada coluna contém o atributo correspondente as variáveis utilizadas na modelagem hidrológica.

Análise socioambiental

A coleta de dados primários foi realizada por meio de consulta direta aos moradores locais com base de duas ferramentas: um questionário com perguntas objetivas; e o levantamento por meio de entrevista com perguntas dirigidas. No total foram 46 pessoas na área de ocorrência de cheias sazonais nas cabeceiras do canal da Quintino. As entrevistas foram realizadas junto a Defesa Civil, Prefeitura Municipal (SESAN) e Governo do Estado (SEDURB). A amostragem foi realizada nas residências paralelas ao canal (aproximadamente

100 comprovavam algum tipo de moradia), desta forma foram recobertas as margens, pontos comerciais existentes e tipos diferenciados de tipos de moradias (alvenaria e madeira).

A análise dos dados visou identificar e caracterizar indicadores sociais, econômicos e culturais das áreas de inundação ocupadas, onde foram descritas as relações a partir dos critérios de vulnerabilidade socioambiental identificados e do Diagrama de Ishikawa (também conhecido por Diagrama de Causa-Efeito) (COLETTI et al, 2010; COSTA et al, 2011). Trata-se de uma representação gráfica que permite a organização das informações possibilitando a identificação das possíveis causas de um determinado problema ou efeito; com ele identificam-se as causas principais de uma ação, as quais dirigem para as sub-causas, levando ao resultado final (Figura 2).

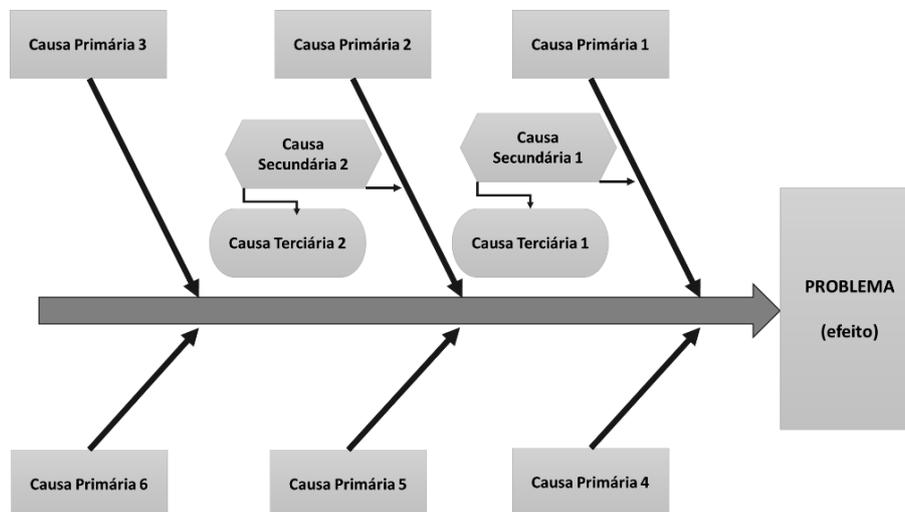


Figura 2: Diagrama causa-efeito/espinha de peixe.
Fonte: Adaptado de Bernardi (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físicas

A área delimitada é formada por 11 bacias hidrográficas, sendo que destas apenas 03 (lagos Bolonha e Água Preta e Mata Fome) conservam as características naturais de seus cursos d'água, as demais encontram-se canalizadas e com alto grau de impermeabilização (Figura 3).

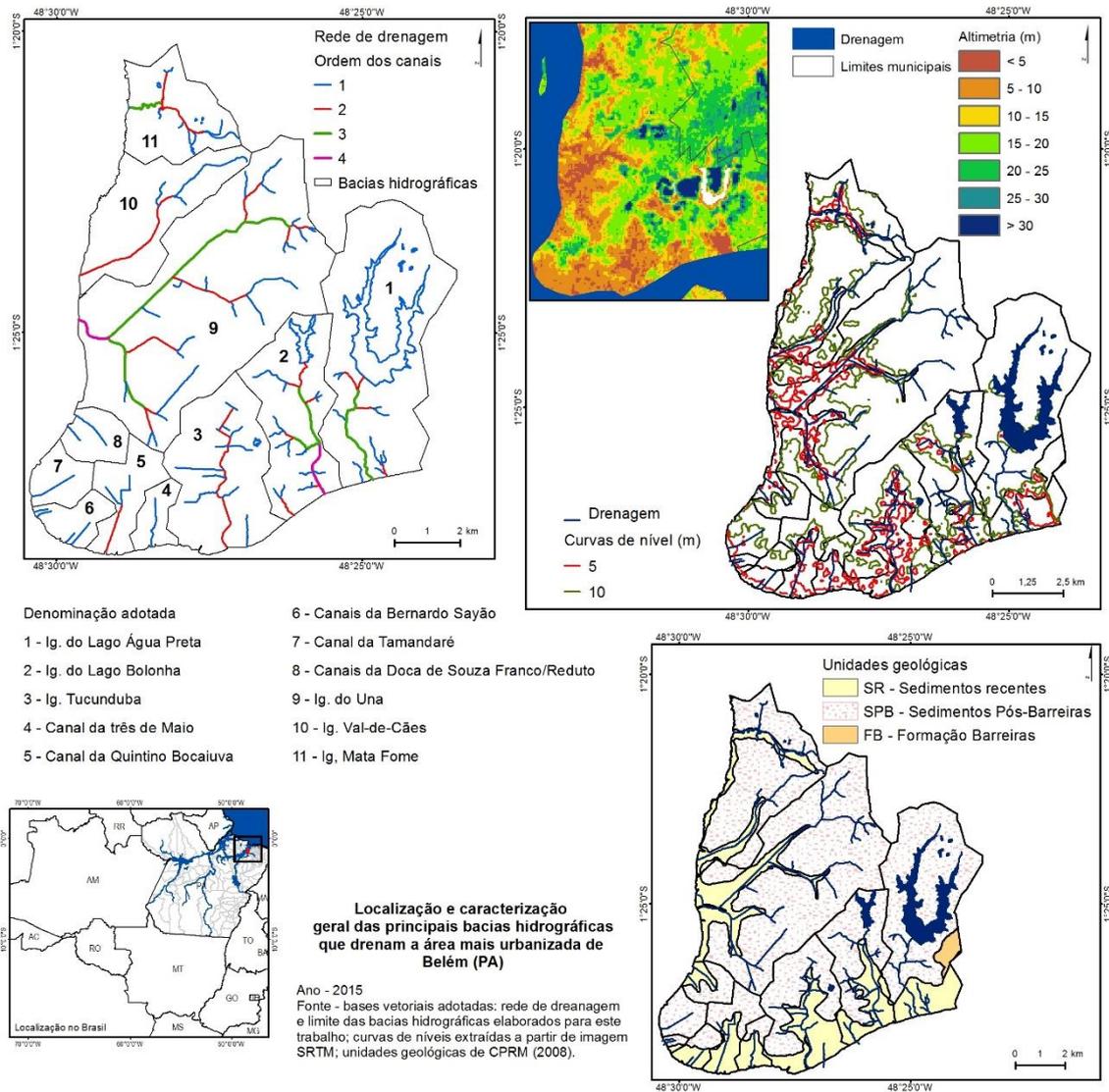


Figura 3: Localização e caracterização geral das principais bacias hidrográficas da área mais urbanizada de Belém (PA).

O padrão de drenagem tem comportamento misto dendrítico e centrífugo, caracterizado por um alto topográfico (> 10 m) que se estende da porção central em direção a nordeste. O padrão de lineamento observado domina nas direções: NE-SW, NW-SE e N-S. A canalização dos cursos d'água acentuou principalmente os padrões NE-SW e N-S.

As unidades geológicas presentes caracterizam-se pelos sedimentos Recentes (dominam as cotas inferiores a 5 m), Pós-Barreiras (dominantes nas cotas superiores a 5 m) e da Formação Barreiras (restritos a bacia do Lago Água Preta). As bacias de maior grau de canalização predominam os sedimentos Pós-Barreiras que são areno-argilosos, de granulometria grossa, amarelados e inconsolidados (CPRM, 2002); o que dado as baixas

declividades associadas e alto grau de impermeabilização, facilitaria o agravamento do efeito das cheias.

As coberturas recentes (caracterizadas por coberturas Detrítico Lateríticas, Sub-Recente e Aluvionar Recente, todas de idade quaternária; as duas últimas constituídas pelos sedimentos aluvionares inconsolidados) encontram-se em menor percentual, mas delimitam a área de planície de inundação dos cursos naturais ou canalizados. Estando também na sua maior parte com um alto grau de impermeabilização.

As bacias mais intensamente canalizadas caracterizam-se por: apresentarem em sua maioria as menores declividades (< 2%), a exceção dos canais da Tamandaré e da Doca de Souza Franco/Reduto cujas cabeceiras estão próximas as cotas maiores que 10 m. Os canais de 1ª Ordem (Strahler) são predominantes (59%), tendo sido classificadas apenas duas bacias como de 4ª ordem, todas as demais foram inferiores, o que pode ser um fator que favorece o escoamento.

Aspectos climáticos

As características climáticas são definidas por um clima do tipo *Af* de acordo com o critério de Köppen (sempre úmido), com sazonalidade da estação chuvosa (meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio – DJFMAM), com um índice pluviométrico, que se encontra em torno de 388 mm (média mensal do período mais chuvoso) (BASTOS et al, 2002; TAVARES e MOTA, 2012).

Os totais anuais dos dados de pluviometria da série histórica de Belém, relativo ao período de 1984 a 2014 revelam a ocorrência de mínima de 2.385,8 mm registrada no ano de 1991 (menos chuvoso) e de uma máxima 3775,6 mm ocorrida no ano de 2013 (chuvoso), entretanto, de um modo geral as diferenças não são tão evidentes (Figura 4).

Molion (1993) destaca que os principais mecanismos que contribuem para o elevado regime pluviométrico na região resultam da combinação ou atuação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), das LIs (Linhas de Instabilidade) originadas na costa N/NE do litoral do Atlântico, brisas marítimas e aglomerados convectivos de meso e grande escala, associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil, que são alimentados pelas fontes de vapor d'água constituídas pelo Oceano Atlântico e Floresta Amazônica (ANANIAS et al, 2010). Além dos sistemas de grande e mesoescala, sistemas de escala local, tais como, as brisas fluviais e a influência da topografia, são importantes mecanismos geradores de chuva na Amazônia (SOUZA et al, 2009; LOPES et al, 2013).

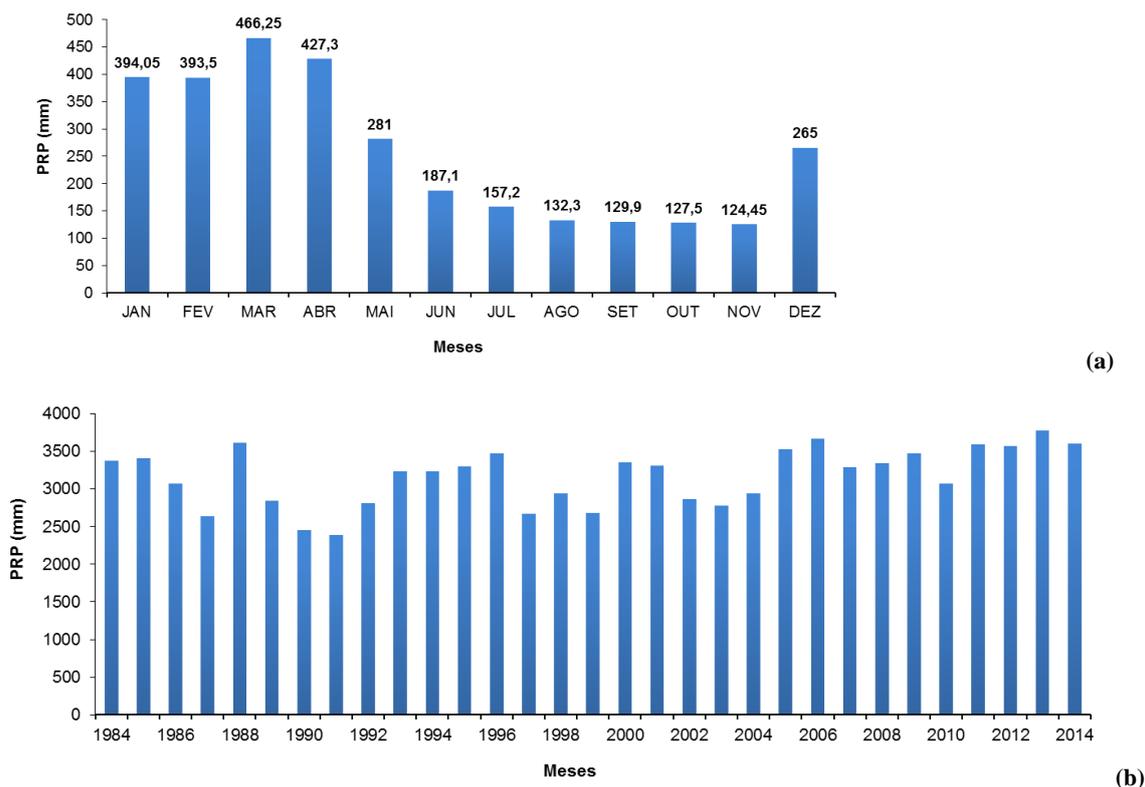


Figura 4: (a) Média mensal; (b) acumulado anual do período de 1984 a 2014.

Simulação do comportamento hidrológico

A morfometria da bacia hidrográfica do canal da Quintino Bocaiuva está representada pelas características e pelos índices apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultado do cálculo das características morfométricas da bacia hidrográfica

| Características morfométricas | Valores | Características morfométricas | Valores |
|-------------------------------------|----------|--|---------|
| Ordem da bacia | 2ª ordem | Comprimento do curso d'água principal (km) | 1,34 |
| Área de Drenagem (km ²) | 4,69 | Comprimento total dos cursos d'água (km) | 3,34 |
| Perímetro (km) | 12,04 | Fator de Forma (K) | 0,48 |
| Declividade mínima (%) | 0,00 | Coefficiente de compacidade (Kc) | 1,56 |
| Declividade média (%) | 0,67 | Gradiente dos canais (G%) | 0,95 |
| Declividade máxima (%) | 10,38 | Densidade de drenagem (Dd) | 0,71 |
| Altitude mínima (m) | 2,98 | Coefficiente de manutenção (Cm) | 1,40 |
| Altitude média (m) | 6,52 | Tempo de concentração (minuto) | 30,88 |
| Altitude máxima (m) | 15,76 | Tempo de pico (hora) | 0,36 |
| | | Tempo de base (hora) | 0,96 |

A justificativa da escolha desta bacia advém do fato de ser a 3ª em número de registros de ocorrência de pontos de alagamento em Belém, segundo o banco de dados da CORDEC/SUDAM (Coordenação de Defesa Civil - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia) e os levantados por Sadeck et al. (2012), ficando atrás apenas das bacias do Tucunduba e do Una; ser uma bacia localizada em uma zona central da cidade, ou seja, com ampla urbanização no entorno; e apresentar condições de menor complexidade (menor fragmentação do ambiente, com a maior parte da superfície impermeabilizada) para a simulação (Figura 5).

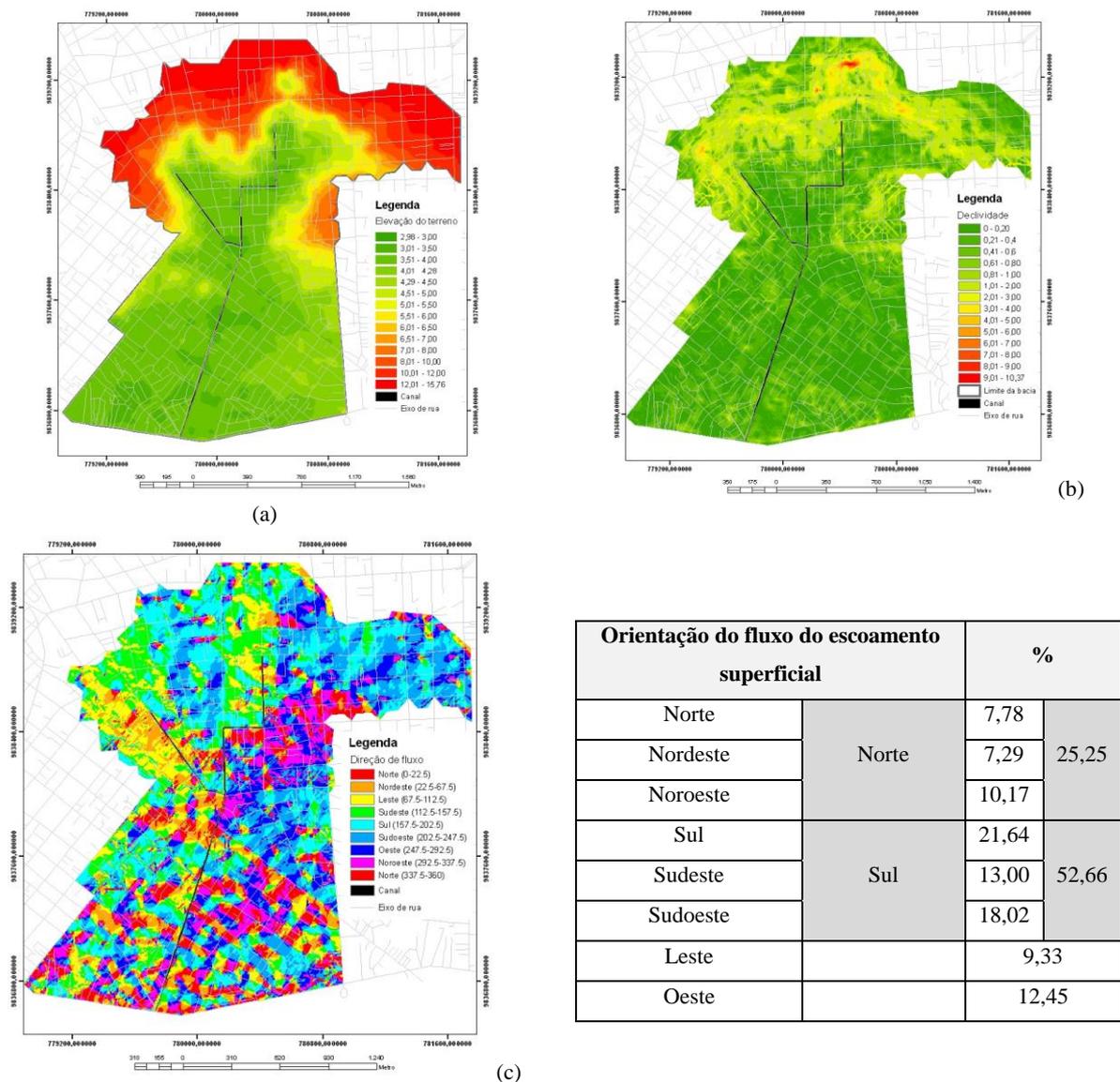


Figura 5: (a) Variação altimétrica determinada pelo modelo digital de elevação do terreno, classificado em intervalo de 1 m. (b) Carta de declividade. (c) Carta de exposição do terreno e distribuição da orientação do fluxo do escoamento superficial. Fonte: Adaptado de Altieri e Rocha (2013).

A bacia hidrográfica em estudo está localizada em uma área plana, com uma variação de declividade muito pequena, sendo que grande parte da área (53,97%) apresenta declividade abaixo de 0,5% (Figura 5a e 5b). As áreas mais altas encontram-se no extremo oposto ao exutório da bacia, fato que ajuda reduzir o tempo de concentração, ou seja, o tempo em que leva para que toda a água proveniente da chuva sobre a bacia chegue ao seu ponto de saída (Figura 5c e Figura 6).

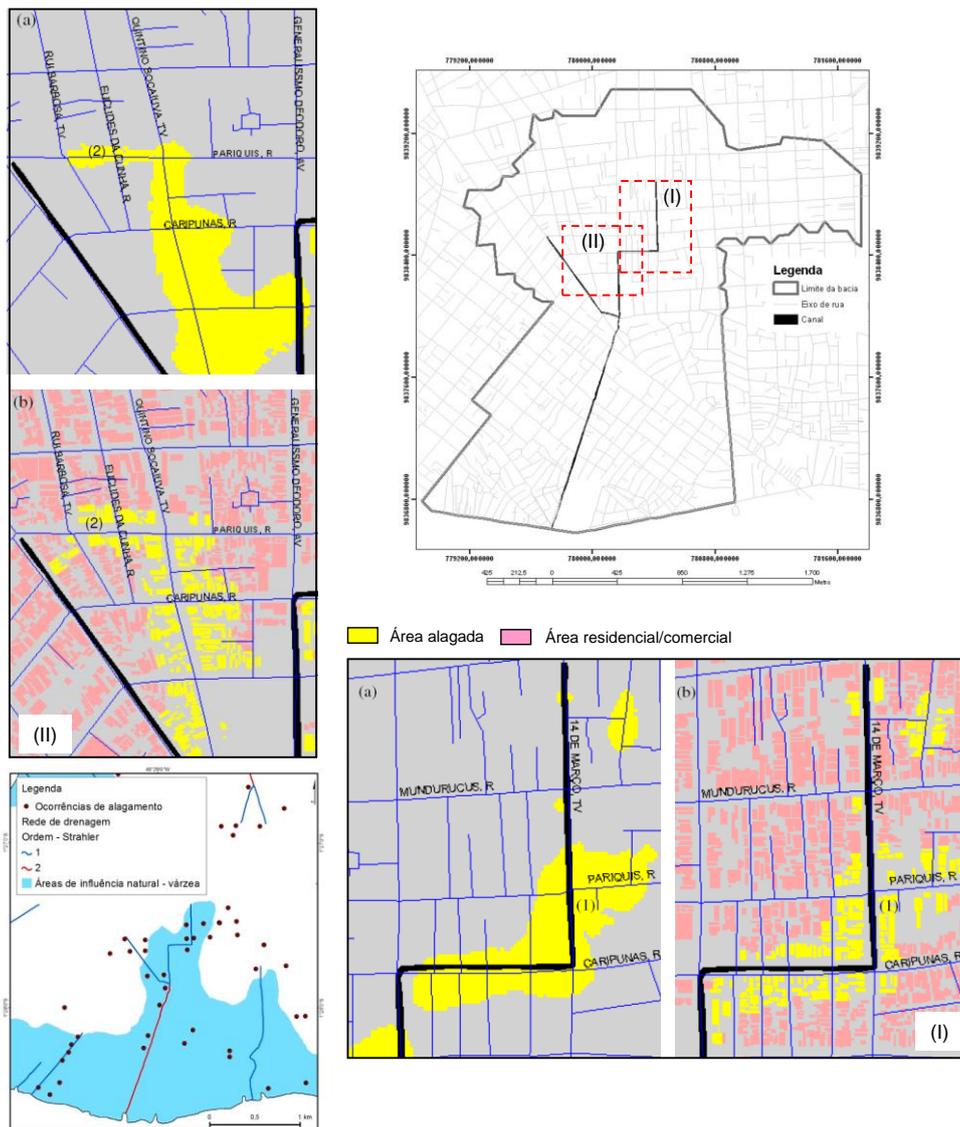


Figura 6. Locais de ocorrência de inundação segundo o sistema de modelagem de risco de Altieri e Rocha (2013): I(a) e II(a) áreas de abrangência do evento e II(b) e II(b) edificações afetadas; e sua associação com as ocorrências de pontos de alagamentos e as áreas com cotas inferiores a 4m (várzea). Fonte: Adaptado de Altieri e Rocha (2013).

A caracterização geométrica da bacia, definida pela morfometria, indica que esta seria uma área em que o comportamento durante as cheias sazonais seria de um curto período de retenção, com tendência ao escoamento. O modelo de escoamento elaborado por Altieri e Rocha (2013) atende especificamente para o período de maior número de dias de chuvas em Belém, desconsiderando a época de estiagem.

Para a determinação da cota de alagamento, foi realizado o cálculo do volume que cada célula suporta em relação às demais do seu entorno, empregando como base o modelo digital de terreno. Onde são observadas as zonas de concentração de influência sazonal das cheias, que são coincidentes com os registros de ocorrência de pontos de alagamento em Belém identificados pela CORDEC/SUDAM e Sadeck et al (2012).

Dahlke et al (2013) e Siefert e Santos (2015) afirmam que os aspectos hidrológicos são significativos no planejamento do uso, conservação e preservação da bacia hidrográfica; os modelos de simulação do comportamento hidrológico permitem identificar o padrão espacial das áreas hidrológicamente sensível (AHS), ou seja, as que apresentam maior probabilidade de geração de escoamento superficial por saturação. Para Rodrigues (2010) as consequências da interação dentro da paisagem urbanizada de uma bacia hidrográfica seria o resultado da interação de fatores físico-naturais e socioeconômicos da apropriação urbana; pois combinam a morfologia original à morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais.

Análise das variáveis socioeconômicas

A área onde localiza-se a bacia hidrográfica do canal da Quintino Bocaiuva tem sua origem no antigo Forno Crematório construído durante a administração do Intendente Municipal Antônio Lemos (1897-1910). O perfil identificado dos moradores que moram próximo as cabeceiras do canal da Quintino (Figura 7 e Figura 8), destaca o significativo número de residentes por habitação (> que 4 pessoas em 64% dos casos), melhores níveis de renda e disposição de 67% de permanecerem no local. A categoria “outros” em “renda familiar” (Figura 7) é atribuída ao percentual de pessoas que não souberam informar a renda, por viverem de trabalhos temporários, em que alternam mensalmente a faixa de rendimentos.

Para Alves (2006) esta situação decorre dos residentes locais demonstrarem ter condições em organizar suas residências para os momentos de alagamentos, diminuindo as suas perdas materiais, ficando assim mais adaptados aos alagamentos e menos dispostos a sair da área.

Outro fator contribuinte é o alargamento do canal com posterior secamento em 94% dos casos. Tal situação coincide com o modelo de simulação da Figura 6 e com o tempo de concentração calculado (cerca de 31 minutos).

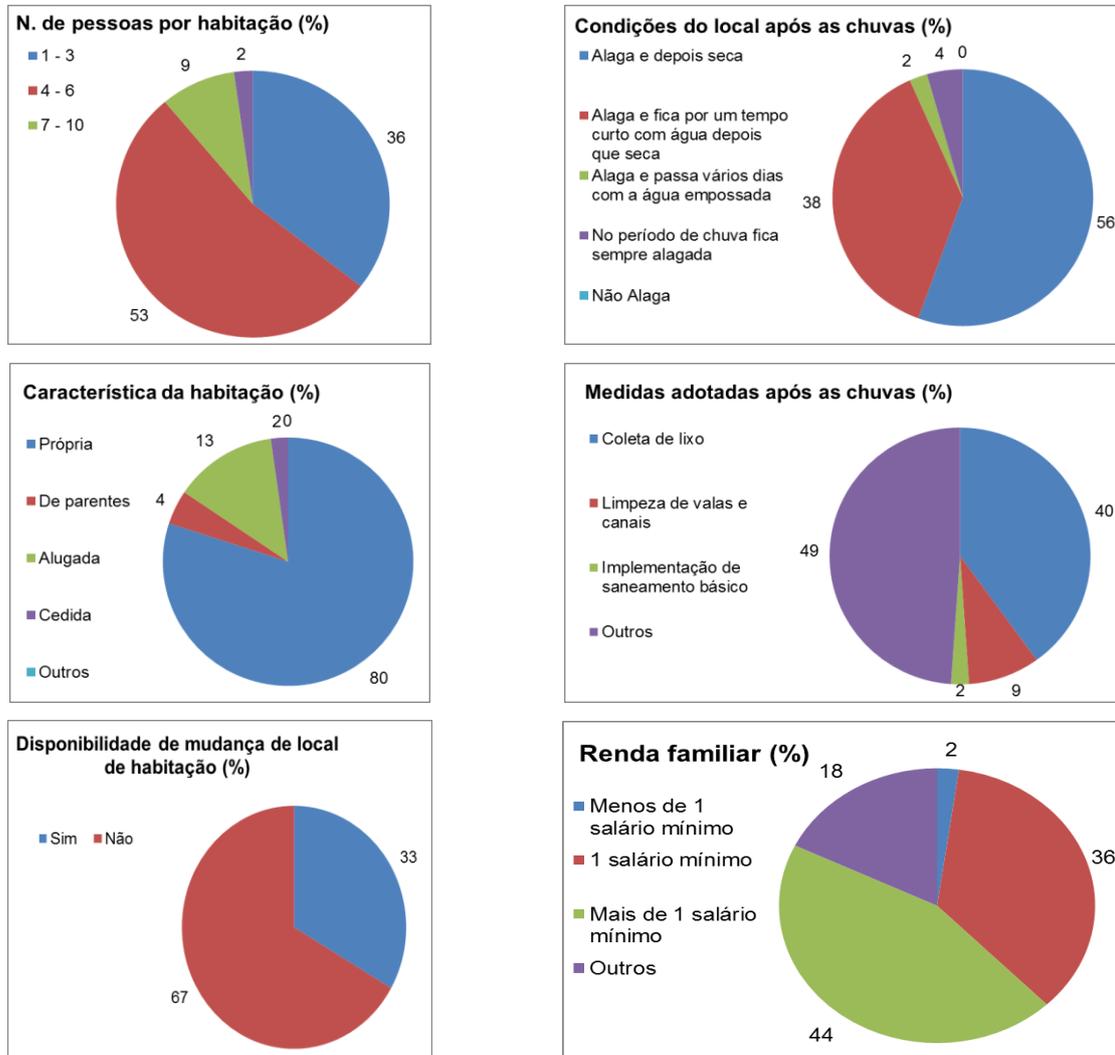


Figura 7: Características das pessoas residentes próximo as cabeceiras do canal da Quintino.

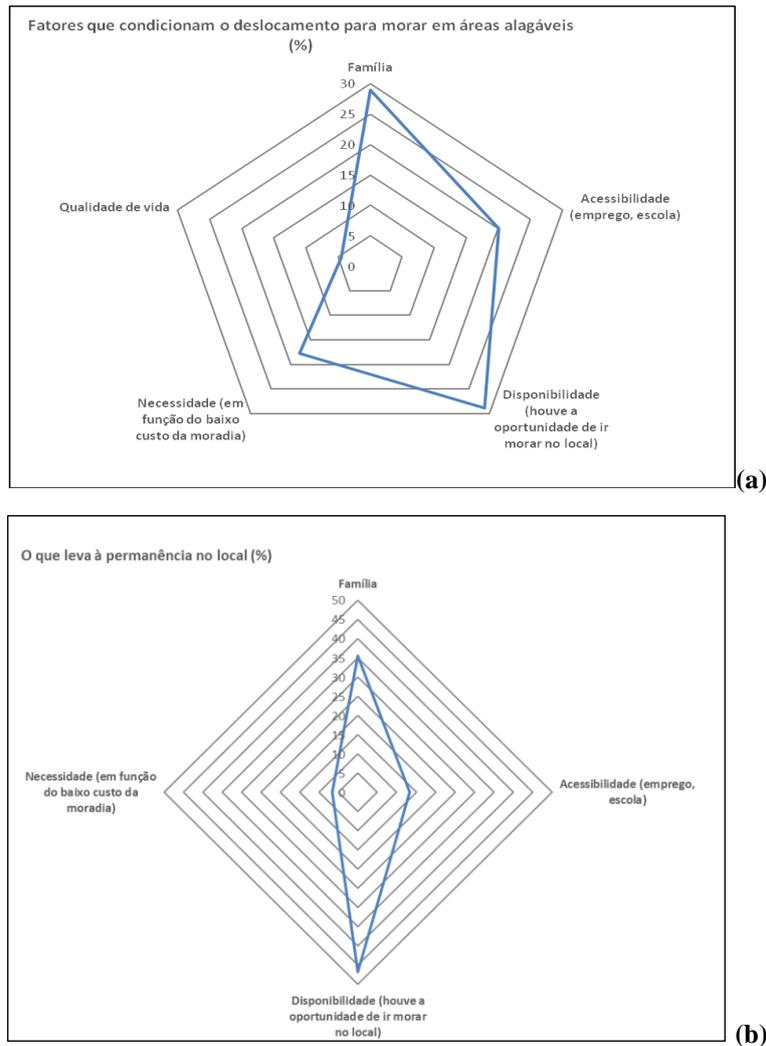


Figura 8: Fatores que favorecem a migração (a) e a permanência no local (b).

Avaliação das medidas corretivas e preventivas

Em termos de medidas adotadas pelo poder público, predominam a coleta de lixo, onde 40% relatam que ela é regular, independente das chuvas; também acontecem ações de menor frequência (limpeza de valas, canais e tentativas de implementação do saneamento básico). Entretanto, 49% destacam que após as chuvas, na maioria das vezes, com exceção da coleta de lixo, o poder público não se faz presente na área para verificar a situação das pessoas e do local. Destacam que essa ausência demonstra certo desinteresse em organizar e melhorar a qualidade de vida dos moradores.

As condições de alto risco estão associadas a maior probabilidade de fixação das pessoas, que rejeitam mais a ideia de migrar da região, principalmente em função de sua localização e atrativos (acessibilidade e proximidade do centro da cidade). As condições econômicas também proporcionam que haja uma maior adaptação aos alagamentos, onde a

maior parte das casas possui infraestrutura (casas de alvenarias ou mista alvenaria com madeira).

Os fatores predominantes que levam as pessoas a se deslocarem para essas áreas e permanecerem nela são: a disponibilidade e a família. O que implica em baixo custo do imóvel para compra e aluguel, localização perto do centro de Belém e perto dos familiares; e proximidade com a prestação de serviço (bancos, escolas, emprego, linhas de ônibus e área comercial). Tais situações foram significativas para as pessoas aceitarem residir em uma área que alaga e é desprovida de saneamento básico (Figura 7).

O processo de êxodo rural mostra que a cidade, ainda hoje, representa uma oportunidade de emprego e geração de renda, maior disponibilidade de serviços de saúde, educação, acesso à cultura e a prestação de serviço (VINHOLI e MARTINS, 2012). Porém, aqueles que advêm do campo em sua maioria não possuem os critérios exigidos pelas oportunidades de empregos que existem na cidade, o que acaba deixando-o sujeito a ocupar e sobreviver em áreas de riscos e vulnerabilidade socioambiental (ALVES, 2006; SANTOS, 2008; ALVES, 2013).

Fatores ambientais presentes

Dentre os problemas ambientais, o citado na pesquisa como de maior relevância foi a ausência de saneamento básico (cerca de 90%). Segundo informações da SESAN a área envolvendo o canal da Quintino somente ficará melhor estruturada quando acabar a obra de macrodenagem da bacia da Estrada Nova, pois ela ajustará a questão do fluxo de água nos momentos de extremos hidricos.

O acúmulo de lixo é um problema recorrente, apesar da coleta semanal (3 vezes na semana), o despejo continuado (diário) por parte dos moradores e pessoas externas à região, que vão propositalmente jogar lixo nas bordas do canal, geram um acúmulo que ameaça migrar para dentro do canal durante o período chuvoso.

Mucelin e Bellini (2008) e Gouveia (2012) destacam que a disposição de lixo no solo constitui forma de exposição humana a várias substâncias tóxicas, além disso deve ser considerado o potencial esgotamento dos serviços ecossistêmicos necessários para degradar todo o resíduo depositado.

Avaliação do diagrama de causa e efeito

A análise de causa e efeito aponta como principais causas primárias das situações analisadas: a localização das casas no entorno e dentro do canal; a ocorrência de alagamentos; moradores expostos a situações que comprometem sua integridade física, ausência de infraestrutura urbana; resíduos sólidos e de esgoto domiciliar acumulado dentro do canal e no entorno; nivelamento do terreno da área por aterramento; e baixo custo da moradia. A Figura 9 ilustra o diagrama de causa e efeito onde observa-se como foco central, a problemática da ocorrência de alagamentos em Belém.

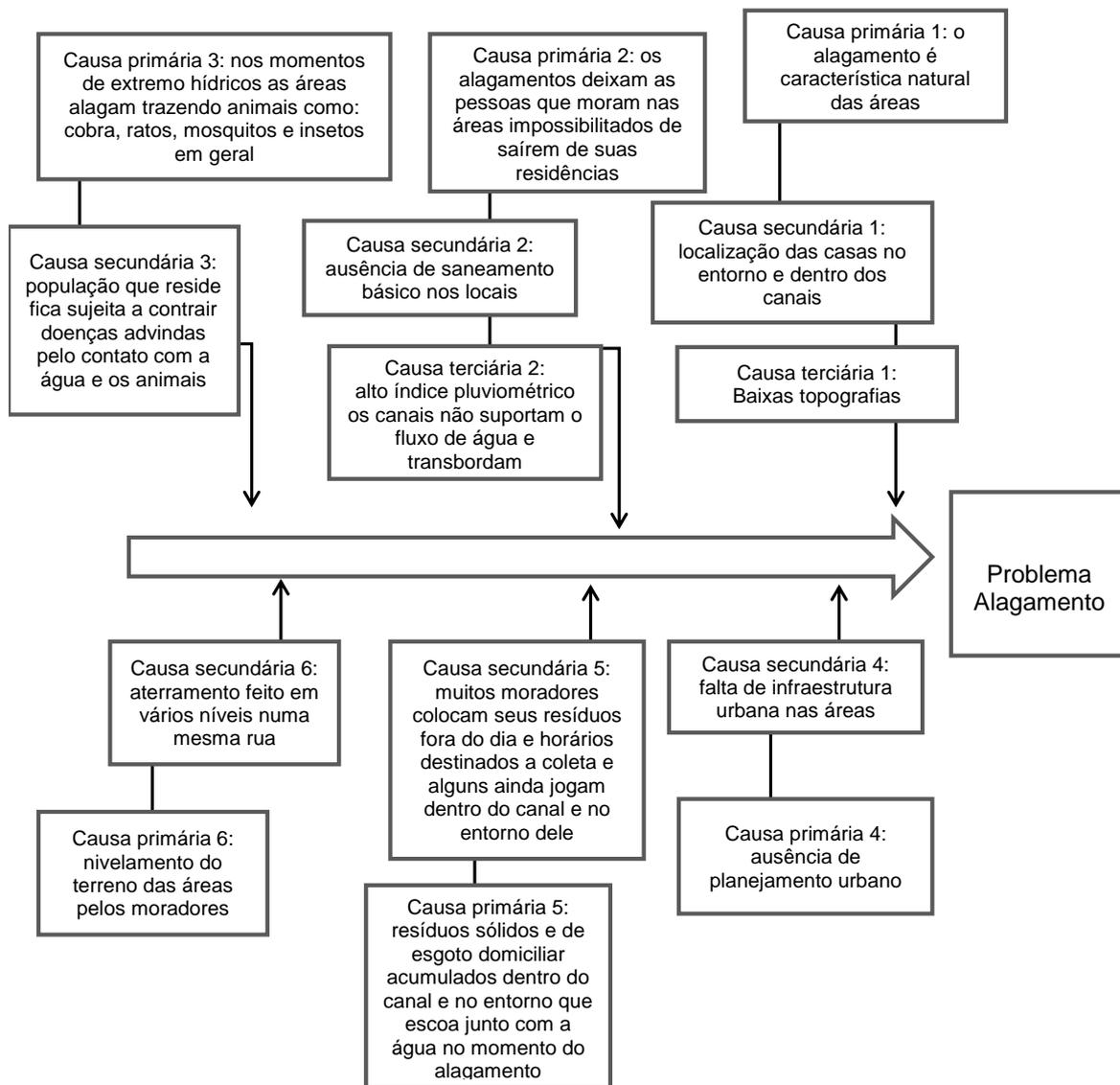


Figura 9: Diagrama de causa e efeito.

A partir das causas primárias foram elencadas causas secundárias e terciárias, essas estão diretamente ligadas aos episódios de alagamentos como: o alagamento como característica natural da área; o isolamento das pessoas que moram na área nos momentos de alagamentos; nos momentos de extremos hídricos as áreas alagadas atraem animais como: cobras, mosquitos, ratos e insetos em gerais; ausência de planejamento urbano para as áreas; deposição de resíduos domiciliares em locais e horários inapropriados; e nivelamento do terreno de forma irregular.

Nesse contexto, Travassos (2012) destaca como ações de gestão capazes de atacar as causas primárias identificadas uma série de atividades, tais como: o mapeamento de áreas de risco de inundação, a proibição de novas construções nessas áreas e a retirada de estruturas existentes, a instalação e melhoria de sistemas de previsão e alerta de inundação e a restauração dos rios, entre outros.

O processo de gerenciamento aplicado as áreas de alagamento parte do princípio de se conhecer seu mecanismo de ocorrência e dimensão (TUCCI, 2008; VILLANUEVA et al, 2011). O segundo passo após definir onde e como ocorrem os alagamentos, seria executar ações voltadas ao controle de sua ocorrência e consequências, principalmente por meio do monitoramento hidrológico.

As medidas educativas na área acontecem uma vez por ano quando uma equipe da SESAN/Departamento de Resíduos Sólidos são treinados pelo Departamento de Assistente Social, para irem até o local conversarem com os moradores explicando sobre o lixo, coleta seletiva, saúde e como proceder em momentos de alagamentos.

Nesse processo de Gestão a Defesa Civil Municipal conta com algumas ações de caráter preventivo e de suporte nos momentos de alagamentos. As ações preventivas são realizadas com a emissão do alerta sobre os períodos de maré alta e a provável coincidência com chuvas, esse informativo é distribuídos nos locais mapeados como pontos de alagamentos em Belém.

Segundo a Defesa Civil, depois que esses alertas começaram a serem entregues nos locais apontados como pontos de alagamentos, as pessoas ficaram mais atentas e os danos materiais diminuíram, pois assim que elas ficavam sabendo do risco tomavam providências antes do alagamento acontecer.

No que refere-se ao suporte prestado pela Defesa Civil, no momento que as pessoas são atingidas pelos alagamentos e suas residências não tem mais condições de servir como moradia, elas são cadastradas, pela Defesa Civil, que realiza uma perícia no imóvel,

constatado o risco, elas são remanejadas da área para outro local, caso seja possível a permanência das pessoas na área elas recebem ajuda financeira para reformarem suas casas e poderem continuar morando no local ficando exposta a um risco menor.

Ações de gestão e educação ambiental devem ser continuamente desenvolvidas nas áreas sujeitas a alagamentos frequentes em Belém, em função da associação entre o regime de chuvas, ação das marés e ocupação das áreas de várzea. Os prejuízos que podem ser evitados ou minimizados são diversos, Machado et al (2005) chamam atenção para os danos indiretos como perturbações causadas ao sistema produtivo, levando à redução da atividade econômica, bem como perdas de arrecadação de impostos, custos de serviços de emergência e de defesa civil, custos de limpeza de áreas atingidas, perdas de valor de propriedades, aumentos em valores de seguros, quando existentes para cobrir danos de inundação, desemprego ou redução de salários, entre outros.

A avaliação e gestão dos riscos de inundação advém da necessidade de reconhecer a inevitabilidade das inundações e o papel do uso do solo e das mudanças climáticas no acirramento de seu impacto negativo e a necessidade de tratar as inundações no âmbito da bacia hidrográfica como um todo (HORA; GOMES, 2009); sendo que o mapeamento de áreas sujeitas a inundações/alagamentos é necessário para que seja possível “dar mais espaço aos rios” por meio da manutenção e recuperação das planícies aluviais, sempre que possível, bem como a adoção de medidas de proteção às pessoas e ao patrimônio (TRAVASSOS, 2012).

CONCLUSÕES

A metodologia adotada para esse estudo buscou avaliar a relação mais adequada entre análise do perfil e a percepção social quanto ao problema das inundações urbanas e sua espacialização a partir de modelo de simulação. Assim, foi possível diferenciar as relações de causa e efeito existentes e as tendências em termos de gestão pública.

A migração e fixação, no ambiente urbano, de pessoas em locais sujeitos à riscos naturais indicam a tendência apresentada por várias aglomerações urbanas a concentrar problemas sociais e ambientais em um mesmo espaço. Uma das suas principais causas é relacionada ao fato destas áreas serem acessíveis à população de baixa renda, menos valorizadas no mercado imobiliário em função das características de risco e da falta de infraestrutura urbana; porém, como no caso da bacia da Quintino Bocaiuva propiciarem proximidade com locais mais valorizados e o melhor acesso de transporte.

Em Belém, a ocupação urbana ainda se intensifica nas áreas próximas a cursos d'água, ocupando a faixa de planície de inundação, marcada principalmente, por loteamentos, construções e habitações residenciais. Logo, há necessidade de um planejamento urbano que defina padrões de desenvolvimento em face dos limites impostos pelos aspectos ambientais, pelas leis ambientais e pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.

O controle e minimização dos efeitos das inundações sazonais em áreas com problemas sociais representa um desafio para as políticas públicas, que deve propor estratégias focadas na prevenção de riscos, baseadas no monitoramento hidrológico continuado, que por sua vez, contribui na redução das consequências, como perda de vidas, prejuízos econômicos e sociais. E de forma complementar, incluir na redução da vulnerabilidade socioambiental a associação com as políticas de habitação, saneamento e meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, F. A. A.; ROCHA, E. J. P. Alagamento e inundação em áreas urbanas, estudo de caso: cidade de Belém. *Revista GeoAmazônia*, v. 2, n. 2, p. 33 - 55, 2013.

ALVES, H. P. F. Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 30, n. 2, p. 349-366, 2013.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise socio-demográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 23, n. 1, 2006, p. 43-59.

ANANIAS, D. S.; SOUZA, E. B.; SOUZA, P. F. S.; SOUZA, A. M. L.; VITORINO, M. I.; TEIXEIRA, G. M.; FERREIRA, D. B. S. Climatologia da estrutura vertical da atmosfera em novembro para Belém-PA. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2 p. 218-226, 2010.

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Técnicas de geoprocessamento e morfometria aplicados na detecção de atividades neotectônicas no grupo barreiras, estudo da bacia hidrográfica do Rio Gurujá (PB). *Revista Acta Geográfica*, v. 6, n. 11, p. 117-131, 2012.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; NECHET, D.; SÁ, T. D. A. Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 31p.

BERNARDI, A. C. C.; RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, F. C.; TUPY, O. BARIONI Jr., W.; PRIMAVES, O. Análise e melhoria do processo de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudeste. *Gestão e Produção*, v. 17, n. 2, p. 297-316, 2010

CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; ZAMPRONIO, G. B.; MARTINGIL, M. C. A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos Rios Iguaçú/Sarapuí, na Baixada Fluminense. *Ambiente & Sociedade*, v. 13, n. 1, p. 29-49, 2010.

COLETTI, J.; BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S. Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheira dos com uso de ferramentas de controle de qualidade. *Acta Amazônica*, v. 40, n. 1, p. 135-140, 2010.

COSTA, T.; ENSSLIN, L. Uso de Mapas Cognitivos no apoio a decisão na vazão ambiental: caso de estudo rio São Francisco. *Revista Recursos Hídricos*, v. 32, n. 2, p. 17-29, 2011.

CPRM. Estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências. Belém: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil, 2002, 93p.

DAHLKE, H. E.; EASTON, Z. M.; FUKA, D. R.; WALTER, M. T.; STEENHUIS, T. S. Real-time forecast of hydrologically sensitive areas in the Salmon Creek Watershed, New York State, using an online prediction tool. *Water*, v. 5, n. 3, p. 917-944, 2013.

GORAYEB, A.; LOMBARDO, M. A.; PEREIRA, L. C. C. Condições ambientais em áreas urbanas da bacia hidrográfica do rio Caeté, Amazônia Oriental, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 9, n. 2, p. 59-70, 2009.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

GREGÓRIO, A. M. S.; MENDES, A. C. Batimetria e sedimentologia da baía do Guajará, Belém, estado do Pará, Brasil. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento*, v. 5, n. 9, p. 53-72, 2009.

HORA, S. B.; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. *Sociedade & Natureza*, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009.

JACOBI, P. R.; TRISTÃO, M.; FRANCO, M. I. G. C. A função social da educação ambiental nas práticas colaborativas: participação e engajamento. *Caderno Cedes*, v. 29, n. 77, p. 63-79, 2009.

KENYON, W. Evaluating flood risk management options in Scotland: a participant-led multi-criteria approach. *Journal of Ecological Economics*, v. 64, p. 70-81, 2007.

LOPES, M. N. G.; SOUZA, E. B.; FERREIRA, D. B. S. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 12, p. 84-102, 2013.

LOPES, R. C.; SOUZA, L. B. A questão das inundações em Palmas (TO), segundo a percepção de moradores e usuários: contribuição ao processo preventivo por meio da educação ambiental. *Interface*, n. 5, p. 35-48, 2012.

MACHADO, C. J. S. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios. *Ambiente & Sociedade*, v. 6, n. 2, p. 121-136, 2003.

MACHADO, M. L.; NASCIMENTO, N.; BAPTISTA, M.; GONÇALVES, M.; SILVA, A. LIMA, J. C.; DIAS, R.; SILVA, A. MACHADO, E. FERNANDES, W. Curvas de danos de inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia. REGA, v. 2, n. 1, p. 35-52, 2005.

MERWADE, V.; OLIVERA, F.; ARABI, M.; EDLEMAN, S. Uncertainty in flood inundation mapping: current issues and future directions. Journal of Hydrologic Engineering, v. 13, n. 7, p. 608-620, 2008.

MOLION, L. C. B. Amazonian rainfall and its variability. In: Hydrology and water management in the humid tropics. Cambridge: Cambridge University Press, 1993, p. 99-111.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H.; Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. Acta Amazônica, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade & Natureza, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

PARETA, K.; PARETA, U. Quantitative geomorphological analysis of a watershed of Ravi River Basin, H. P. India. International Journal of Remote Sensing and GIS, v. 1, n. 1, p. 41-56, 2012.

RODRIGUES, C. 2010. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, v. 20, p. 111-125.

SADECK, L. W. R.; SOUZA, A. A. A.; SILVA, L. C. T. Mapeamento das Zonas de Risco às Inundações no Município de Belém-PA. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 6, Belém, 2012. Anais ... Belém-PA: ANPPAS, 2012.

SAMPAIO, S. F.; DELLA JUSTINA, E. E.; BEZERRA, S. F.; ARAÚJO, M. S. Características socioeconômicas dos moradores de área de risco da bacia do igarapé Grande-Porto Velho (RO). Revista Geonorte, v. 1, n. 4, p. 501-514, 2012.

SANTOS, C. D. A formação e produção do espaço urbano: discussões preliminares acerca da importância das cidades médias para o crescimento da rede urbana brasileira. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, p. 176-190, 2008.

SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. Identificação de áreas hidrologicamente sensíveis por meio de modelagem hidrológica e da distribuição espacial de solos e vegetação em ambientes hidromórficos. Sociedade & Natureza, v. 27, n. 1, p. 141-155, 2015.

SONI, S.; TRIPATHI, S.; MAURYA A. GIS based morphometric characterization of mini watershed – RachharNala of Anuppur District Madhya Pradesh. International Journal of Advanced Technology & Engineering Research, v. 3, n. 3, p. 32-38, 2013.

SOUZA, E. B.; LOPES, M. N. G.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA, J. R. S.; CUNHA, A. C.; SILVA, R. R.; FERREIRA, D. B. S.; SANTOS, D. M.; CARMO, A. M. C.; SOUSA, J. R. A.; GUIMARÃES, P. L.; MOTA, M. A. S.; MAKINO, M.; SENNA, R. C.; SOUSA, A. M. L.; MOTA, G. V.; KUHN, P. A. F.; SOUZA, P. F. S.; VITORINO, M. I. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 2, p. 111-124, 2009.

SOUZA, L. B. Novas cidades, velhas querelas episódios pluviais e seus impactos na área urbana de Palmas 2009/ 2010. *Mercator*, v. 9, n. 1, p. 165-177, 2010.

TAVARES, J. P. N.; MOTA, M. A. S. Condições termodinâmicas de eventos de precipitação extrema em Belém-PA durante a estação chuvosa. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 2, p. 207-218, 2012.

TRAVASSOS, L. Inundações urbanas: uma questão socioambiental. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 1, n. 1, p. 88-105, 2012.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

VERONA, J. A.; TROPMAIR, H. Evolução das questões ambientais, qualidade ambiental e de vida e a cidade de Várzea Paulista-SP: breve comparação de conceitos. *Geografia*, v. 29, n. 1, p. 111-126, 2004.

VINHOLI, A. C.; MARTINS, P. Agricultura urbana e êxodo rural. *Revista de Ciências Sociais*, v. 43, n. 1, p. 66-79, 2012.