

ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS, URBANIZAÇÃO E USO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA- BELÉM/PA

SOCIO-ENVIRONMENTAL ASPECTS, URBANIZATION AND USE OF THE TUCUNDUBA-BELÉM/PA WATERSHED

Michele de Oliveira Berino¹
João Márcio Palheta da Silva²
Maria de Fátima Nunes de Carvalho³
Flávia Matias Oliveira da Silva⁴

¹ Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: micheleberino@gmail.com

² Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: jmpalheta@ufpa.br

³ Instituto Politécnico de Beja (IPBEJA/Portugal). E-mail: mfcarvalho@ipbeja.pt

⁴ Instituto Politécnico de Beja (IPBEJA/Portugal). E-mail: flavia.silvia@ipbja.pt

RESUMO: A partir do século XX o processo de globalização gerou grandes desafios a humanidade, dentre os principais, estão os econômicos, sociais e ambientais. A globalização está reorganizando as relações entre os países, desenvolvendo a competição econômica e, ao mesmo tempo intensificando os problemas que afetam a população mundial. As dinâmicas territoriais nas regiões de periferia nos levam a repensar sobre o espaço geográficos que são modificados pelos atores sociais “excluídos” dos centros urbanos e em busca de moradias passam a residir nas periferias de Belém; comumente, são locais com mínimas condições de infraestrutura logística, saneamento básico, segurança e alagamentos constantes.

Palavras-chave: Água. Bacia hidrográfica. Tucunduba. Urbanização. Alagamentos.

ABSTRACT: Since the 20th century the process of globalization has generated great challenges for humanity, and among the most significant are the economic, social and environmental ones. Globalization is reorganizing the relation between countries, developing economic competition and at the same time intensifying the problems affecting the world's population. The territorial dynamics in the peripheral regions lead us to rethink the geographic space that is modified by social actors “excluded” from urban centers. In search of housing, they begin to reside in the peripheries of Belém; commonly, these are places with minimal conditions of logistical infrastructure, basic sanitation, security and constant flooding.

Keywords: Water. Hydrographic basin. Tucunduba. Urbanization. Flooding.

Sumário: Introdução – 1 Localização e acesso – 2 Aspectos sociais da urbanização – 3 Geomorfologia – 4 Bacias hidrográficas – 5 Topografia da BHT por digitalização de imagem 3D do google earth pro – 6 Discussões – Considerações – Referências.

INTRODUÇÃO

Historicamente, regiões de baixas cotas topográficas estão sujeitas aos constantes alagamentos naturais e, muitas vezes, por ações antrópicas, não são as mais adequadas para alocação habitacional, a população de maior poder aquisitivo evita tais áreas em decorrência da falta de condições mínimas de infraestrutura logística, saneamento básico e segurança. São áreas referidas como periferias, caracterizadas por grande adensamento populacional.

De acordo com Cristo e Luz (2014), a bacia hidrográfica é uma unidade de análise que funciona como recorte espacial para diversos estudos, porém é importante sempre levar em consideração a ação humana sobre o meio, uma vez que esta modifica e interfere diretamente na dinâmica das bacias, transformando estas de apenas bacias hidrográficas para bacias hidrográficas urbanas, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Tucunduba (BHT). Neste sentido, este artigo tem o objetivo analisar algumas problemáticas sociais relacionadas aos alagamentos, ambientais e os aspectos físicos que envolvem a forma física da BHT.

Para a realização deste estudo, a pesquisa foi dividida em duas etapas. Na primeira procedeu-se a uma revisão bibliográfica no Banco de Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para um estudo documental sobre a área selecionada. Na segunda etapa, com as ferramentas básicas de Geoprocessamento, como imagens de satélite, disponíveis de forma gratuitas na plataforma Google Earth Pro, foi delimitada a área de interesse por meio de um recorte de imagem que teve como base o mapa dos órgãos oficiais da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM). As imagens foram processadas com o auxílio do *software Surfer 10*, o que permitiu a produção dos mapas para posterior análises dos aspectos físicos da bacia.

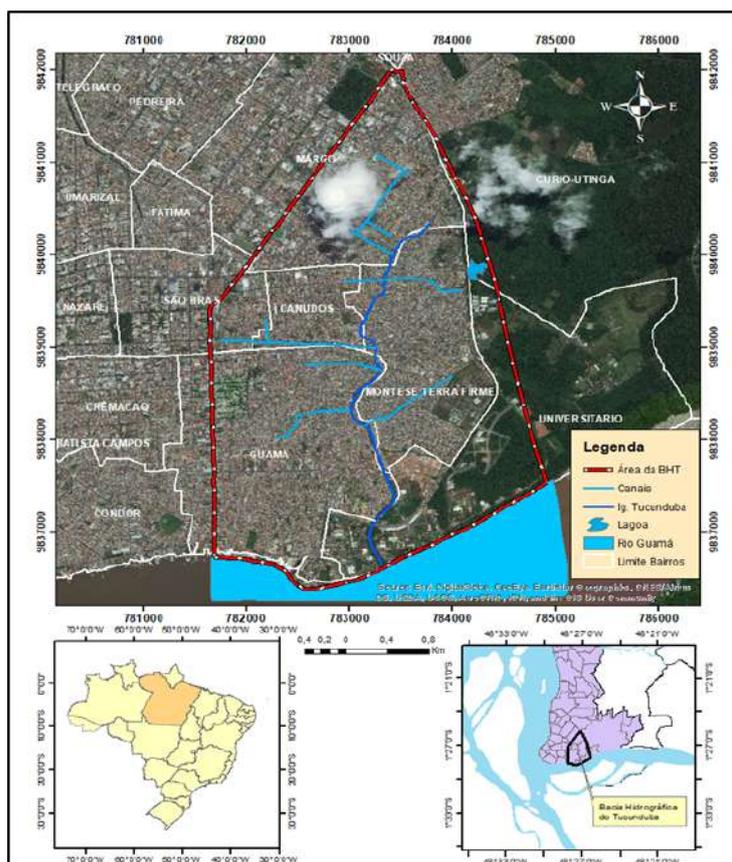
1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A capital paraense conta com uma área da unidade territorial de 1.059,458 (km²), população estimada em 2020 de 1,5 milhões de habitantes, densidade demográfica de 1.315,26 (hab/km²). Índice de desenvolvimento humano (IDH) para últimas três décadas: 1991, de 0,562; 2000, de 0,644 e de 2010 de 0,746 (IBGE, 2014). Dentre as áreas de baixada de Belém, distribuídas entre as 14 bacias hidrográficas existentes na capital, destaca-se a BHT, com uma área de 10,55 km², é considerada a quarta maior bacia hidrográfica da capital; abrange três distritos administrativos: DAGUA, DABEL e DAENT (BELÉM, 2000).

A área selecionada para o estudo, foi a BHT apresentada na Figura 1. Que se localiza a Sudeste da cidade de Belém/Pará, no distrito administrativo do Guamá, conforme a Lei No 7682 de 05 de janeiro de 1994. A BHT é delimitada pelas bacias do Murutucum, Una e Estrada Nova. Situada na região de baixo platô

amazônico, caracteriza-se por apresentar terrenos de cotas baixas, o que favorece o constante processo de alagamento de suas ruas e avenidas em decorrência do alagamento de sua bacia hidrográfica durante o período de intensas chuvas e por vezes acompanhadas pelas marés sazonais (SANTOS, 2010).

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia do Tucunduba



Fonte: Autores (2022)

A capital paraense conta com uma área da unidade territorial de 1.059,458 (km²), população estimada em 2020 de 1,5 milhões de habitantes, densidade demográfica de 1.315,26 (hab/km²). Índice de desenvolvimento humano (IDH) para últimas três décadas: 1991, de 0,562; 2000, de 0,644 e de 2010 de 0,746 (IBGE, 2014). Dentre as áreas de baixada de Belém, distribuídas entre as 14 bacias hidrográficas existentes na capital, destaca-se a BHT, com uma área de 10,55 km², é considerada a quarta maior bacia hidrográfica da capital; abrange três distritos administrativos: DAGUA, DABEL e DAENT (BELÉM, 2000).

A área da bacia abrange sete bairros: Guamá, São Braz, Marco, Canudos, Curió-Utinga, Universitário e Terra Firme; com uma população de aproximadamente 198.350 habitantes, da qual cerca de 80 % moram em áreas alagadas. O principal acesso se dá pelas avenidas Bernardo Sayão, Perimetral, Almirante Barroso, José Bonifácio e João Paulo II. No aspecto físico, a área do Tucunduba apresenta-se semelhante a um arco, de um lado ocupada por residências de alvenaria e de outro, por instituições com vegetação típica, sendo circundada por muitas casas tipo palafitas, acessíveis por meio de estivas e passagens de aterro (SANTOS, 2010).

2 ASPECTOS SOCIAIS DA URBANIZAÇÃO

A partir do século XX, o processo de globalização gerou grandes desafios para a humanidade dentre os principais estão os econômicos, sociais e ambientais. A globalização está reorganizando as relações entre os países, desenvolvendo a competição econômica e, ao mesmo tempo, favorecendo a intensificação dos problemas que afetam a população mundial, como é o caso da poluição do solo, água e ar (RODRIGUES, 2019).

Amin (2015) ressalta que a partir da globalização, os países adotaram políticas para se tornarem mais competitivos no mercado internacional, gerando uma disputa por novas matérias-primas (gás, petróleo, fontes de suprimento de água alternativos entre outras), denominadas de commodities. Nesta perspectiva, o autor ressalta que os países com maiores recursos naturais, como é o caso do Brasil, se tornaram estratégicos, a Amazônia, por exemplo, é “detentora do maior estoque de recursos estratégicos – água, minerais e biodiversidade – do planeta, passou a ser o centro das atenções internacionais” (AMIN, 2015, p. 18).

Amin (2015) afirma ainda que, no que diz respeito a água, por exemplo, o Brasil é considerado atualmente como o maior possuidor das reservas de água doce do mundo, considerando que muitos países passam por crises de água, e que ela é fundamental para o desenvolvimento das atividades produtivas e industriais, a região Amazônica ocupa uma importante posição geopolítica internacional devido, principalmente, as suas reservas naturais.

Contudo, há uma relação entre a contaminação das bacias hidrográficas nas grandes cidades brasileiras e o processo de urbanização, conforme assinalam

Nascimento e Leão (2020). De acordo com as autoras, o processo tem sido marcado pela presença de assentamentos precários em margens de rios, mangues, igarapés, córregos e outros, além disso, a ausência de saneamento básico e de tratamento do lixo nesses locais são fatores que corroboram para a poluição da água e do solo.

Neste contexto, o processo de ocupação e urbanização do país historicamente tem sido marcado por ausências de políticas habitacionais e por uma segregação no acesso à habitação em áreas urbanizadas. Isso acontece porque nos grandes centros urbanos, as pessoas com menor poder aquisitivo, geralmente ocupam assentamentos precários, sensíveis ambientalmente, os quais se configuram nas únicas alternativas destinadas à esta população socialmente e economicamente vulnerável (RODRIGUES, 2019).

Visando equacionar questões referentes às políticas habitacionais, no ano de 2007 o governo federal lançou o Projeto de Aceleração do Crescimento -PAC, com o objetivo de promover a urbanização de assentamentos precários, além deste, o Programa Minha Casa Minha Vida, lançado em 2009, se tornaram os principais programas que visam mitigar as questões referentes à ausência de acesso à moradia no país (ROLNIK et al., 2015).

Outro problema relevante desse processo de urbanização é a ausência de saneamento básico. Lisbôa et al. (2020) mostraram que no Brasil cerca de 16% da população, o equivalente a 35 milhões de pessoas não tem acesso a água tratada e, 47% cerca de 100 milhões de pessoas não possuem rede de esgotos. Para estes autores, o saneamento básico é um dos elementos essenciais para melhorar a qualidade de vida das populações, uma vez que se configuram em indicadores essenciais que categorizam a qualidade de vida, com o objetivo de auxiliar a seleção de informações gerais para o desenvolvimento de políticas prioritárias. Ademais, afirmam que o saneamento visa alcançar salubridade ambiental, contribuindo para o bem-estar geral da população urbana e rural das nações.

É neste contexto que a formação urbana de Belém, está inserida. Trata-se de uma cidade marcada pela elevada segregação socioespacial, om alta densidade demográfica e precariedade urbana. Para Nascimento e Leão (2020) desde a década de 1960 se iniciou o processo de intensa urbanização do local,

caracterizada pelo avanço da ocupação e adensamento das planícies propensas à inundação, como córregos e igarapés. Conforme Abrahão (2008), a inexistência de infraestrutura urbana nesses espaços causou uma série de problemas ambientais e de saneamento, causadas especialmente pelas canalizações, desvios ou retificações de canais, barramentos de fluxo e outros.

As áreas de planícies, precárias, suscetíveis a alagamento e habitadas pela população menos favorecida economicamente em Belém e região metropolitana são denominadas de baixadas, que são um tipo de favela encontrada comumente nas várzeas dos rios urbanos. As baixadas são espécies de ocupação precária do solo urbano, na maioria irregular, construídas em áreas alagáveis, portanto, trata-se de um termo genérico local para caracterizar as localidades sem saneamento básico, suscetíveis a inundação e habitadas por pessoas de baixa renda (ARAÚJO et al., 2019).

Por volta dos anos de 1970, a Prefeitura Municipal de Belém em parceria com o governo do Pará, começou a construir obras de urbanização nas baixadas a partir do Plano Nacional de Saneamento, o qual previa que boa parte dos rios deveriam ser canalizados e retificados (RODRIGUES, 2019).

Neste contexto, o processo de urbanização às margens do igarapé Tucunduba promoveu “alterações como retificação, canalização e aterramento que provocam modificações nos processos geomorfológicos a partir da alteração de etapas do ciclo hidrológico, como a infiltração e o escoamento superficial” (CRISTO; LUZ, 2014, p. 473). Na mesma perspectiva, Matos (2010, p. 65) afirma que:

A crescente urbanização implica em alterações no ciclo hidrológico, pois com a ocupação do solo, as áreas de recarga diminuem, aumentando o escoamento superficial, pois aumenta a impermeabilização, bem como o lançamento de dejetos esgoto doméstico, portanto, acelerando a contaminação, poluição e erosão do solo. Essas alterações podem ser agravadas com o assoreamento em canais e galerias, diminuindo suas capacidades de condução do excesso de água.

Portando, o modelo de urbanização adotado promoveu impermeabilização as áreas localizadas norte do Tucunduba, conseqüentemente provocou aterramento nas baixadas, corroborando para que houvesse alagamentos

constantes nos períodos chuvosos nos locais próximos aos canais, ocasionando sérios riscos ambientais e sociais (CRISTO; LUZ, 2014).

No ano de 1999 foram iniciados os trabalhos de macrodrenagem na BHT; durante o período da obra, essa área passou por diversas transformações físicas e sociais, visto que o objetivo principal desse projeto era de melhorar a qualidade de vida das pessoas que residiam no entorno do igarapé do Tucunduba.

O projeto de macrodrenagem caracterizou-se como uma prática de gestão ambiental, numa área de aproximadamente 211.200m² do igarapé, e seu entorno, incluindo: recuperação do fluxo de águas do igarapé, através da drenagem e dragagem de seu leito; replantio de suas margens; desocupação do Igarapé, remanejando ou indenizando as famílias que habitavam o seu leito em condições insalubres (SESAN, 2002).

Além deste, diversos outros projetos foram realizados no local, as quais seguiram as diretrizes do Plano Nacional de Saneamento, o qual promoveu alterações na paisagem urbana e nas formas de apropriação e utilização da bacia hidrográfica e no entorno do igarapé Tucunduba (TARGA et al., 2012).

Conseqüentemente, os córregos e cursos d'água progressivamente foram se tornando parte de um sistema geral de escoamento de micro e macrodrenagem, como mecanismo para permitir o funcionamento da cidade de Belém. Por outro lado, a pesquisa de Silva (2016) mostrou que estas obras contribuíram para que a população deixasse de reconhecer os córregos e riachos como elementos naturais que compõem a paisagem, passando a concebê-los como “valões” de escoamento de esgoto, além disso, estes locais se tornaram fontes de risco de transbordamento, causando risco para a população.

Targa et al. (2012) afirmam que a ocupação do Tucunduba foi marcada pelo desmatamento da área, e introdução de estivas de madeira para possibilitar a edificação de palafitas, estas foram aterradas com serragem, lixo, piçarra, caroços de açaí e outros materiais, para garantir acesso e as frentes das palafitas, causando represamento de água sob essas habitações (Figura 2).

Figura 2 - Rua aterrada pelos moradores e a construção de estivas para interligar palafitas



Fonte: Araújo et al. (2019).

A palafita é uma habitação tipicamente ribeirinha, trata-se de uma casa de madeira suspensa para evitar alagamentos nos períodos de cheia do Tucunduba, que são interligadas ao solo ou outras casas por meio de estivas (pontes) construídas pelos moradores. Este modelo de habitação é amplamente reproduzido nas baixadas e, devido à ausência de estrutura urbana, a situação se torna precária para o igarapé e para a população local (NASCIMENTO; LEÃO, 2020).

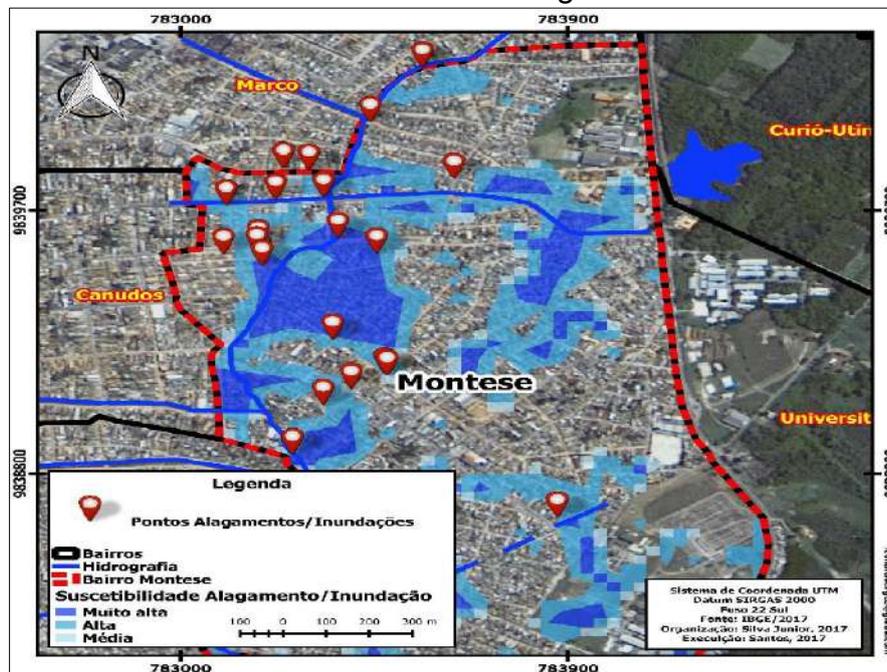
Vale ressaltar que, com o passar do tempo, após o aterramento das ruas, houve a retificação de canais de drenagem e a construção das casas de alvenaria que substituíram as palafitas de madeira. A crescente impermeabilização do solo provoca o descimento das áreas, elevando o escoamento superficial, fator que contribui para o aumento do valor do coeficiente de escoamento (TARGA et al., 2012). A pesquisa de Rodrigues (2019, p. 6) identificou que

As áreas com maior susceptibilidade a inundações identificadas nos mapas de susceptibilidade abrangeram mais de 60% da área da bacia e os bairros com maior suscetibilidade são os bairros Montese (Terra Firme) e Guamá, que apresentam relevo predominantemente plano, baixa altitude e urbanização acentuada compreendendo mais de 50% das unidades habitacionais da bacia hidrográfica.

As inundações e alagamentos, segundo a pesquisa de Silva Júnior (2018), são mais frequentes nos quatro primeiros meses do ano, destaca que mês de

março é o mês em que historicamente são registrados os maiores índices de precipitações.

Figura 3 - Pontos e áreas suscetíveis a alagamentos no bairro Montese



Fonte: Silva Júnior (2018).

Silva Júnior (2018) identificou que o bairro Montese (Figura 3) é um dos que mais sofrem com alagamentos devido a presença de três fatores estruturais que agravam a situação:

- i) condições naturais do relevo que possui bordas elevadas com altitudes de até 25m contornando um relevo plano com altitude abaixo de 5m, colaborando para o maior escoamento da água superficial das áreas mais íngremes para as mais planas;
- ii) precariedade e ineficiência do sistema de drenagem do Tucunduba, pois os canais são construídos com dimensões e profundidade inapropriadas para receber grandes volumes de água;
- iii) aspectos socioeconômicos e culturais que determinam a ocupação desordenada do solo (muitas vezes com residências, tipo palafitas, dentro do curso natural das águas) e o despejo de resíduos sólidos dos canais que impedem a drenagem da água. A Figura 4. (A, B, C e D) representa os resíduos descartados em locais e

horários inadequados, contribuindo com os casos de inundação e alagamento de vias e casas no bairro Montese

Figura 4 - Descarte inadequado de resíduos e sua correlação com os casos de inundação e alagamento no bairro Montese



Fonte: Silva Júnior (2018).

Portanto, as inundações acontecem nas áreas mais a jusante do Tucunduba, ocupada predominantemente, de forma ilegal pela população de menor poder aquisitivo. Por outro lado, as áreas mais elevadas, são ocupadas pela população de renda média e alta, as quais utilizam de modo indiscriminado de tubulações e canalizações, transferindo o escoamento superficial para áreas mais baixas, ocasionando inundações e problemas no local (RODRIGUES, 2019).

Outros fatores como a erosão do solo e o assoreamento dos canais e galerias reduzem suas capacidades de condução do excesso de água, e agravam estes problemas (TARGA et al., 2012). Do mesmo modo, a pesquisa de Cristo e Luz (2014) constatou que a ocupação da bacia do referido igarapé interfere na sua dinâmica morfológica e hidrológica, as quais afetam negativamente nas condições de vida e bem-estar da população local. Em relação a utilização do Tucunduba, o estudo de Silva (2016) mostra que há pelo menos 5 formas diferentes de uso, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Quadro esquemático com os usos da água do Tucunduba

USOS DA ÁGUA NA BACIA URBANA DO TUCUNDUBA		
USOS	TIPO	ABORDAGEM NA CIDADE
1 ABASTECIMENTO	CONSULTIVO	SUBSTÂNCIA
2 DILUIÇÃO DE DEJETOS	NÃO CONSULTIVO	SUBSTÂNCIA E VEÍCULO
3 TRANSPORTE/NAVEGAÇÃO	NÃO CONSULTIVO	VEÍCULO
4 RECREAÇÃO/LAZER	NÃO CONSULTIVO	PAISAGEM
5 PESCA	NÃO CONSULTIVO	RECURSO

Fonte: Silva (2016).

Em relação ao abastecimento de água, Silva (2016) assinala que a ausência de saneamento básico nas periferias é uma problemática central que afeta a saúde da população de forma direta. Neste sentido, a autora ressalta que em condições precárias de habitação aumenta-se as possibilidades de contrair e transmitir doenças, logo, a necessidade de água potável e condições adequadas de higiene, são fatores que evitam doenças e reduzem os custos de tratamento.

Segundo informações divulgadas pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) que realiza avaliação da situação de cidades com até 100 mil habitantes a partir dos dados obtidos via Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS), do governo Federal; Belém aparece como a das regiões mais carentes do País, no que refere aos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e de coleta de resíduos.

Se considerar apenas as capitais brasileiras, Belém fica em quarto lugar, apenas na frente de Porto Velho (RO), Teresina (PI) e Macapá (AP). Segundo o levantamento, a coleta de esgoto é uma realidade para apenas 12,99% da população belenense - terceiro pior cenário dentre todas as capitais, superando somente Porto Velho (4,58%) e Macapá (10,17%). Esgoto tratado é uma exclusividade de 0,98% dos domicílios” (VILARINS, 2019, p. 01). A mesma pesquisa aponta que o serviço de abastecimento de água em Belém aparece com 71,27% (moradores que recebem o serviço) já na coleta de resíduos sólidos, como serviço básico, aponta 95,99% (VILARINS, 2019).

É importante destacar que na ausência de saneamento adequado, os esgotos e o lixo são lançados de forma direta na água, podendo permanecer no local até serem diluídos e carregados. Neste contexto, esse acúmulo de lixo é uma fonte de agentes patológicos e infecciosos que se proliferam no processo de

decomposição de matéria orgânica (CRISTO; LUZ, 2014). Portanto, o acesso e uso da água nas grandes cidades é uma questão que afeta a saúde pública, no caso do igarapé Tucunduba o abastecimento de água não é universal e o sistema de tratamento é limitado, conseqüentemente, a saúde da população é comprometida consideravelmente com a contaminação dos corpos hídricos (SILVA, 2016).

Outra forma de utilização da água é para a diluição de dejetos, a qual está vinculada a abordagem técnica adotada no Brasil, na qual os corpos hídricos devem ser usados para a dissolução dos esgotos, conforme os estudos de Ponte (2010). Além desta abordagem, este autor afirma que a água pode ser substância (analisada sob o enfoque de suas propriedades físicas e físico-químicas), paisagem (relacionada à morfologia, atividades funcionais e econômicas), veículo (meio que proporciona fluxos de transportes, local do destino do rejeito para seu posterior escoamento) e recurso (relacionado ao processo econômico-produtivo).

Contudo, 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 (SILVA, 2016, p. 65). Outra forma de uso da BHT é para transporte e navegação. O processo de urbanização e o desmatamento e aterramento dos cursos d'água, canalização, desvios e drenagem provocaram, em diversos pontos, a incapacidade da navegação (MATOS, 2010).

Apesar de tais alterações, muitos dos moradores utilizam o igarapé para a navegação, especialmente os comerciantes, que trazem produtos para serem comercializados nas feiras locais, especialmente dos bairros da Terra Firme e do Guamá. Tal característica é mantida devido ao fato de sua foz está localizada no interior da Universidade Federal do Pará, impedindo por lei que projetos de terraplanagem do canal sejam implementados no local (SILVA JÚNIOR, 2018).

A pesquisa de Silva (2016) mostra que a maioria das mercadorias que mantêm o comércio localizado nas proximidades do igarapé (frutas, madeira, carvão entre outros) chega por transporte rodoviário. Neste sentido, a autora constata que a sedimentação no igarapé, impede que grandes embarcações trafeguem no local, por isso, a maioria das embarcações que trafegam pelo Tucunduba é de pequeno porte.

A quarta fonte de uso do igarapé é para a recreação e lazer. A prática do banho no igarapé era bastante comum entre os moradores, os quais foram aos poucos abandonando-a devido sua intensa poluição e os riscos à saúde da população. Atualmente, muitas pessoas ainda costumam se reunir às margens do igarapé em momentos de sociabilidade (MATOS, 2010).

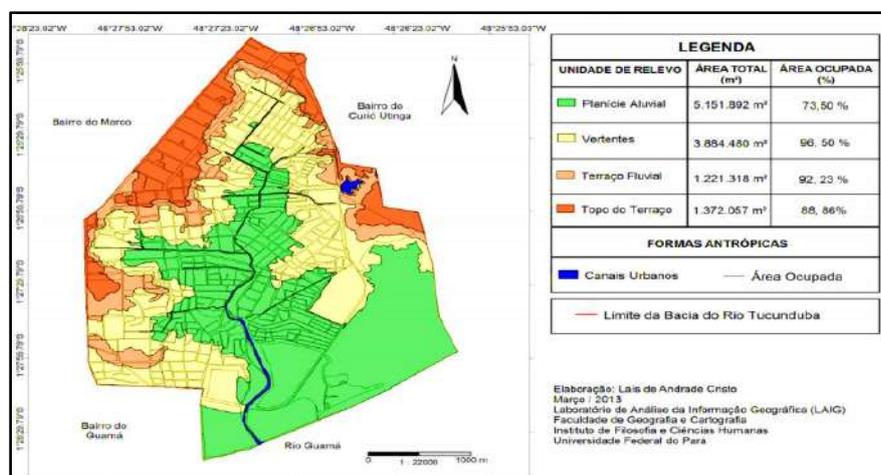
Por fim, a pesca é apontada como uma atividade ainda praticada no igarapé, especialmente quando o nível do igarapé está mais elevado. O estudo de Silva (2016) mostra que muitos moradores utilizam redes de pesca, e que costumam consumir o peixe ou vendê-los para terceiros.

Araújo et al. (2019) afirmam que o hábito da pesca se mantém pelos moradores, pois muitos são oriundos de regiões ribeirinhas e estão habituados com palafitas e com a prática de atividades extrativistas como é o caso da pesca. Esses pesquisadores destacam que a maioria dessas pessoas encontram, em áreas alagáveis localizadas nas proximidades de rios e igarapés, um ambiente acessível, economicamente e espacialmente, para estabelecer residência.

3 GEOMORFOLOGIA

No estudo realizado por Cristo e Luz (2014) na bacia do Tucunduba, foi realizado um mapeamento morfológico com a identificação de unidades ou formas de relevo classificadas como: Planície Aluvial, Vertentes, Terraço Fluvial e Topo do Terraço (Figura 5).

Figura 5 – Mapa de unidades de relevo e área ocupada na bacia do Tucunduba



Fonte: Cristo e Luz (2014).

Em estudos anteriores realizados por Luz et al., (2012) foram descritas cada uma das unidades de relevo identificadas na BHT, tais como:

Áreas de Planície: identificadas com cotas de até 4 metros, é a de maior extensão territorial, ocupando cerca de 44,30 % da área total da bacia, o que caracteriza uma ampla planície de inundação. Esta unidade da bacia é caracterizada como uma planície quaternária ou unidade de várzea composta por sedimentos inconsolidados de origem arenosa e lamosa.

Áreas de vertentes: com cotas entre 4 e 8 metros, representa cerca de 33,40 % da área total da bacia. Interpretadas como “suaves caimentos”, voltados à direção sul da bacia, no sentido do rio Guamá, onde encontra a planície e forma o sistema ambiental de várzea.

Áreas de terraço: com cotas entre 8 e 12 metros, equivale a 10,50 % da área da bacia, se encontram nas proximidades da unidade classificada como topo do terraço.

Áreas do topo do terraço: com cotas entre 13 e 16 metros, representa 11,80 % do total da bacia, parte mais elevada. As unidades de terraço ou unidade de terra firme estão edificadas em rochas sedimentares plio-pleistocênicas da Formação Barreiras, exibindo extensos tabuleiros continentais.

4 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Neste item serão abordados os principais conceitos utilizados para classificar e definir uma bacia hidrográfica, os trabalhos de Finkler (2012) e Sperling (2007) foram as bases teóricas fundamentais para esta análise. A bacia hidrográfica é uma área da superfície do solo que tem por característica a captação natural da água, oriunda da precipitação das chuvas, onde estas convergem por escoamento para um único ponto de saída que é denominado de Exutório. Ou também composta por um conjunto de superfícies vertentes constituídas pela superfície do solo e de uma rede de drenagem constituída pelos cursos da água que confluem até chegar a um leito único no ponto de saída (FINKLER 2012).

Para compreender como se delimita uma bacia hidrográfica é importante conhecer os elementos que a definem como bacia, segundo Sperling (2007):

Exutório: ponto inicial, a partir do qual será feita a delimitação da bacia; situa-se na parte mais baixa do trecho d'água principal.

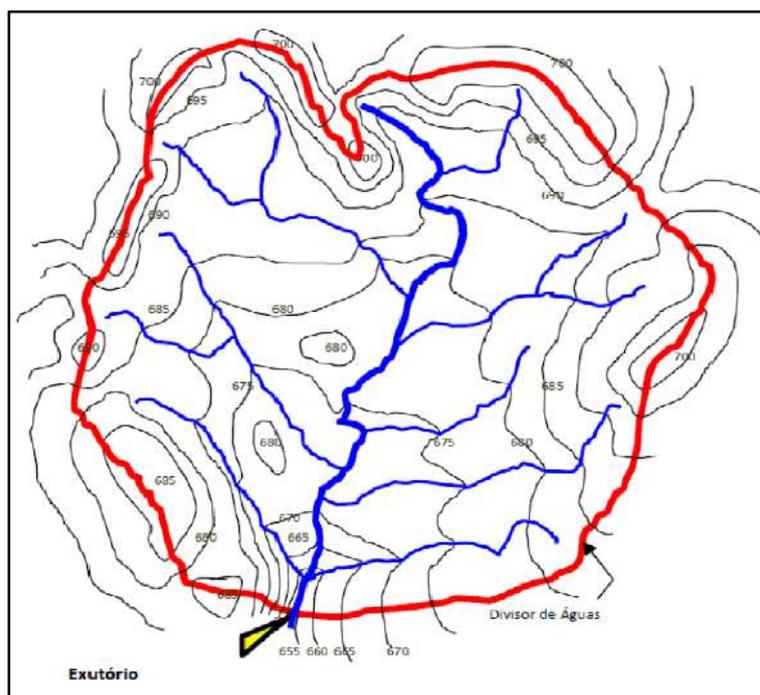
Fundos dos Vales: é formado pelo curso de água principal e dos seus tributários que cruzam as curvas de nível, das mais altas para as mais baixas.

Topos de Morros: são as partes mais altas dentro da bacia, sua presença se verifica como sendo um divisor de águas das chuvas; se a chuva que cair do lado de dentro do limite escoar pelo terreno em direção às partes baixas, cruzando perpendicularmente às curvas de nível em direção ao curso da água em estudo, então pertence à bacia em questão. Caso a inclinação do terreno esteja voltada para a direção oposta às drenagens, neste caso pertencerá a outra bacia.

Talwegues: são depressões (vales), representados graficamente, onde as curvas de nível apresentam a curvatura contrária ao sentido da inclinação do terreno, são os locais que ocorre concentração de escoamento. Os divisores de água são representados pelo inverso de um talvegue, onde as curvas de nível apresentam curvatura voltada para o sentido da inclinação do terreno, sobre a qual as águas escoam no sentido ortogonal às curvas em direção aos talwegues.

Na Figura 6 é apresentado um modelo curvas de nível, onde é possível identificar as feições de talvegue demarcadas pela própria drenagem, o “Exutório” (seta amarela) e o divisor de águas demarcado pela linha vermelha que separa o escoamento.

Figura 6 - Divisor de águas de uma bacia de drenagem

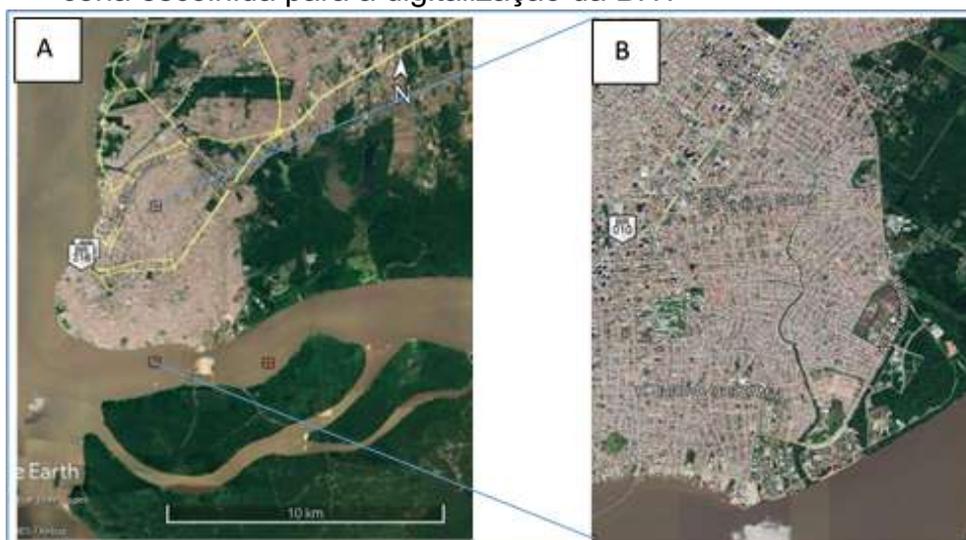


Fonte: Sperling (2007).

5 TOPOGRAFIA DA BHT POR DIGITALIZAÇÃO DE IMAGEM 3D DO GOOGLE EARTH PRO

Com base no trabalho de Cristo e Luz (2014), foi realizado um estudo da topografia e morfologia da BHT por meio de imagem de satélite disponíveis na versão livre para usuários do *Google Earth Pro*. Para isso, foi tomada uma cena no *Google Earth* que abrangesse a região da BHT. A metodologia de aquisição de dados ocorreu com a obtenção dos dados 3D a partir das imagens do *Google Earth* permite a construção de um Modelo Digital de Terreno (MDT), o *software* utiliza imagens de satélite combinadas com dados de elevação topográfica Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). A Figura 7, apresenta a cena escolhida para o estudo e definição dos limites da BHT.

Figura 7 - Imagem do *Google Earth*, em A visão geral de Belém, em B tem-se a cena escolhida para a digitalização da BHT

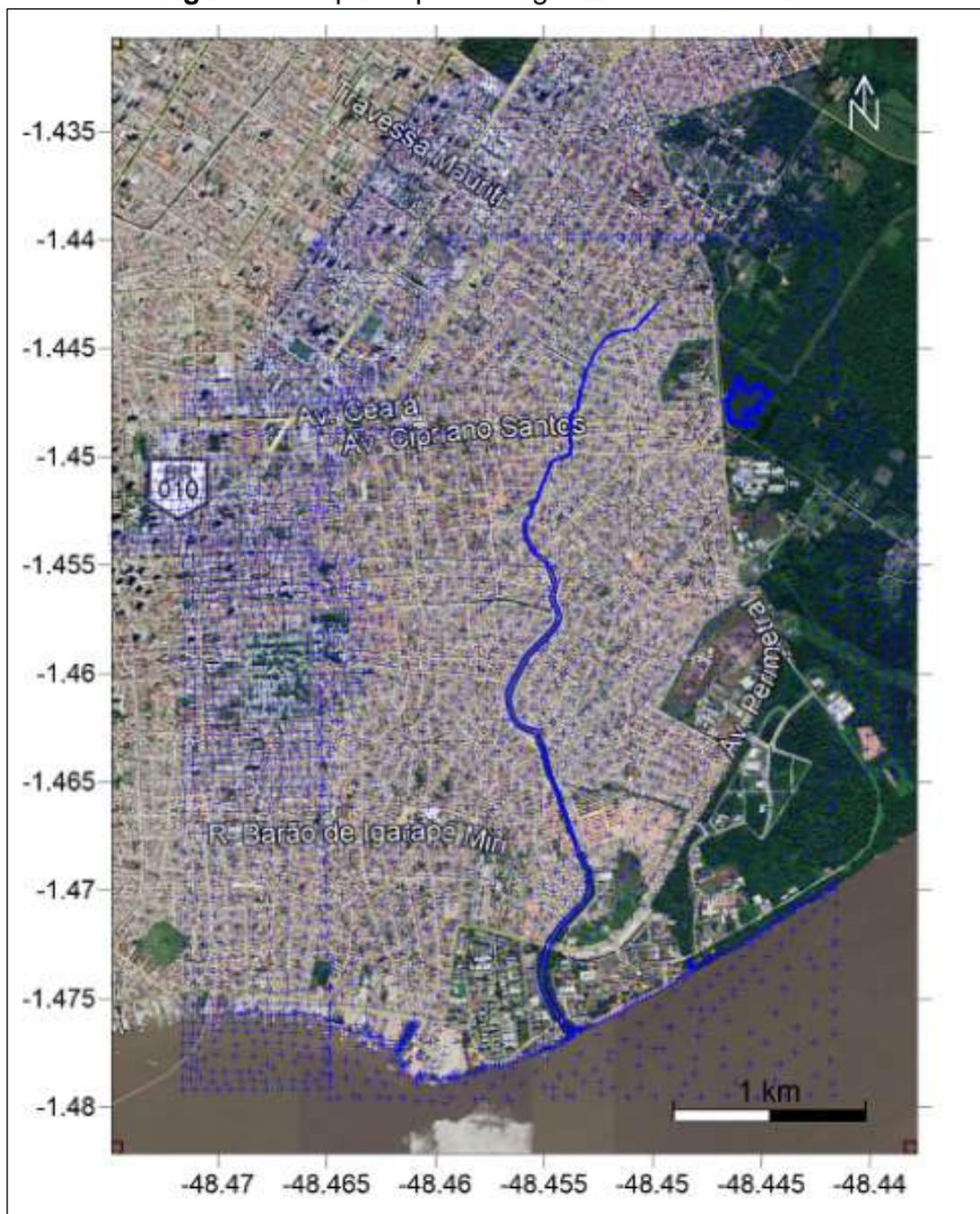


Fonte: Google (2022).

A digitalização da imagem foi realizada por meio manual a partir da série de perfis pré-definidos. De cada ponto, sobre os perfis, foram capturadas as coordenadas de latitude e de longitude (em graus decimais) e salvas em arquivos 'kml' para posterior processamento. O dado de elevação (altitude), para cada ponto digitalizado, foi registrado em planilha para seguinte processamento. A metodologia de digitalização consistiu em elaborar uma malha de pontos distribuídos e, afastados aproximadamente por 50 a 70 metros. Dessa forma, foram obtidos mais de 5.000 (cinco mil) pontos sobre a cena escolhida.

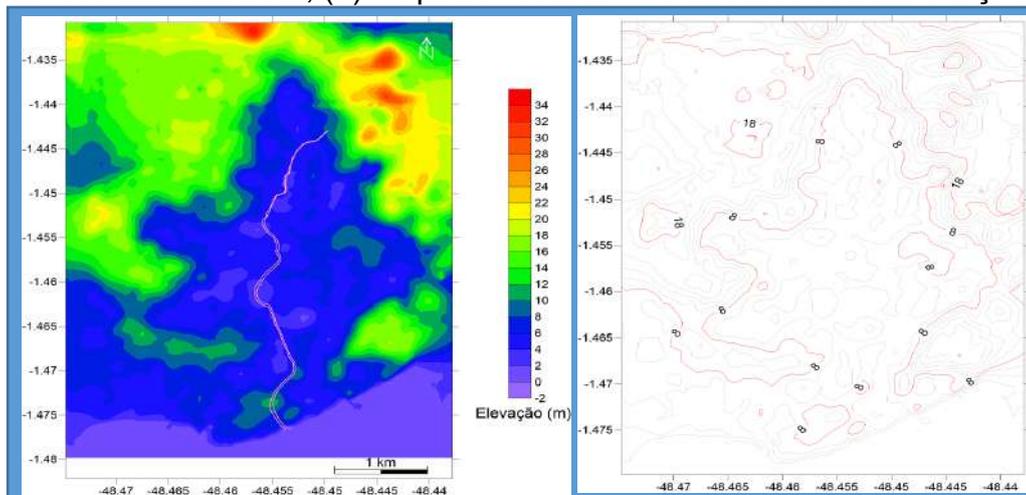
Na Figura 8, tem-se o mapa de pontos sobre a imagem que abrange os dados de coordenadas e de elevação do terreno, que foram combinados por edição para compor um dado 3D (x, y e z). No passo seguinte, os dados, foram processados com o software Surfer 10 para gerar um grid tridimensional, do Modelo Digital de Elevação do terreno (MDE). O resultado deste processamento é apresentado na Figura 9.

Figura 8 - Mapa de pontos digitalizados sobre a BHT



Fonte: Autores (2021).

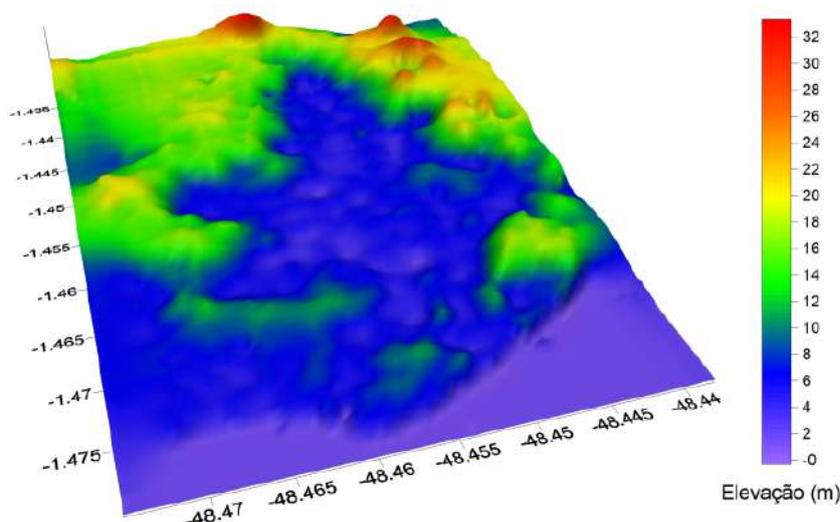
Figura 9 - Modelo de elevação da BHT por mapa de contorno. (a) mapa de contorno em cores e, (b) Mapa com as isolinhas das cotas de elevação



Fonte: Autores (2022).

De acordo com mapa topográfico gerado, observa-se a morfologia da BHT. Nota-se que a maior parte da área estudada, encontra-se em zonas de cotas baixas variando entre 3 até 6 metros de elevação. Durante os períodos de intensas chuvas que culminam com as marés altas e, também nas marés de lance, geralmente muitas porções da bacia ficam inundando a região da BHT. Observa-se que as cotas mais elevadas coincidem com as regiões do bairro do Marco e de São Brás; outra área evidentemente elevada, é a região ocupada pela Embrapa, com elevação um pouco mais de 25 metros; como pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10 - Modelo tridimensional de elevação de terreno da BHT



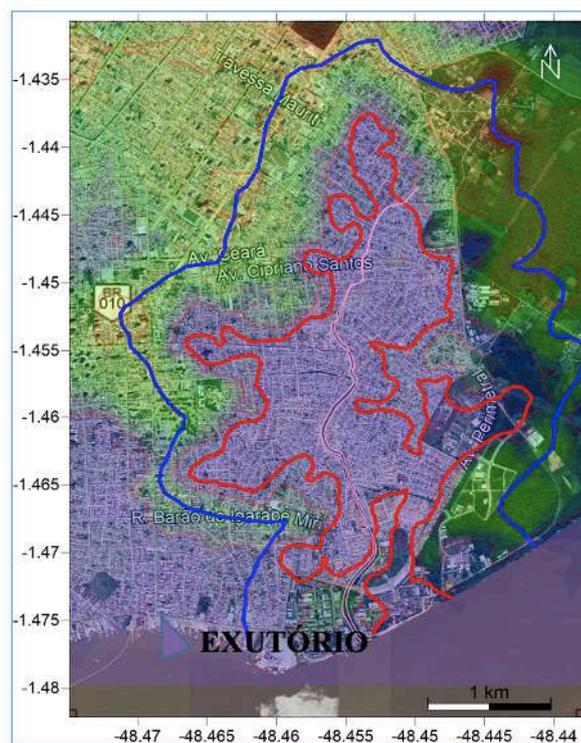
Fonte: Autores (2022).

Deve-se, contudo, notar que as informações de elevação fornecidas pelo Google Earth, nem sempre correspondem ao nível real, pois os dados de elevação do SRTM apresentam imprecisões que podem alcançar sete metros. Além disso, as copas das árvores interferem nas medidas aumentando o valor da elevação do terreno. Como pode ser avaliado na porção inferior direita da Figura 10, que corresponde à área da UFPA, na qual certamente, a elevação de 18 metros não corresponde ao valor real.

6 DISCUSSÕES

Apesar dos erros de elevação implícitos, conferidos aos dados (por exemplo, das copas de árvores), foi possível gerar um modelo digital de terreno (mapa) com boa precisão da morfologia da BHT. Por comparação, nota-se uma ligeira diferença entre os limites da BHT, estabelecidos no mapa dos órgãos oficiais da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém CODEM, com os mapas produzidos neste trabalho.

A partir de uma análise visual, do modelo de elevação tridimensional da BHT, que foi apresentado na Figura 10, é possível delimitar o divisor de águas pluviais e, a cota base de seis metros, abaixo da qual, a região é sujeita às possíveis inundações. A linha azul na Figura 11 representa o possível divisor de águas, a partir do qual, as águas de superfície são direcionadas para o talvegue da BHT em cotas inferiores a seis metros, representado na mesma Figura pela linha vermelha e, se direcionam ao “Exutório” (seta amarela), localizado na margem direita do rio Guamá.

Figura 11 - Mapa de divisores de água na BHT

Fonte: Autores (2022).

Na imagem combinada acima, é possível observar a existência de algumas incoerências de elevações como, por exemplo, na desembocadura do Igarapé Tucunduba, que apresenta elevação superior a cota de quatro metros (linha em vermelho); estas medidas foram associadas às copas das árvores mais densas, alvos capturados durante as aquisições das medidas SRTM.

CONSIDERAÇÕES

O processo de ocupação e urbanização da bacia hidrográfica e no entorno do igarapé Tucunduba foi fortemente marcado pelo desmatamento, contaminação dos corpos hídricos, presença de assentamentos precários, falta de saneamento básico e de tratamento do lixo, fatores que contribuem para poluição ambiental, reprodução da segregação socioeconômica, visto que a população local é vulnerável socioeconomicamente.

Além disso, fatores como a ausência de infraestrutura, construção e a drenagem de canais, desvios e barragens do fluxo de água, elevada densidade demográfica e precariedade socioambiental, expõem a população local a sérios

riscos de saúde e bem estar social. Vale destacar ainda, que a ocupação e o aterramento das margens do igarapé contribuiu para a alteração da geomorfologia do canal, afetando a infiltração e o escoamento superficial da água, corroborando para a presença constante de alagamentos no local.

Porém, desde a década de 1990 estão sendo realizadas intervenções de urbanização visando melhorar a qualidade ambiental e de vida das populações que convivem sujeitas as inundações constantes. Cabe ainda ressaltar, que apesar dos problemas citados, o igarapé do Tucunduba ainda é utilizado para recreação/lazer, transporte/navegação, pesca e outros.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Omar Numa. **Possibilidades de intervenção e de desenvolvimento urbanos em área de assentamento espontâneo no contexto metropolitano de Belém: o caso do Paracuri 3**. 2008. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém, 2008.

AMIN, Mario Miguel. **A Amazônia na geopolítica mundial dos recursos estratégicos do Século XXI**. Revista Crítica de Ciências Sociais, Coimbra, n. 107, p. 107-138, 2015.

ARAÚJO, Ana Luiza *et al.* Cidade e água: a produção do espaço na Bacia do Igarapé do Tucunduba em Belém-PA. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 1, p. 91-114, 2019.

BELÉM. Prefeitura Municipal de Belém. **Relação de Projetos Contratados com a Caixa Econômica Federal/FGTS - Pró-Saneamento** - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém. Belém: PMB, 2000.

CRISTO, Laís de Andrade; LUZ, Luziane Mesquita. Morfologia e Uso do Solo na Bacia Urbana do Tucunduba, Belém/PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 03, p. 466-475, 2014.

CRISTO, Laís de Andrade; LUZ, Luziane Mesquita. **Morfologia e Uso do Solo na Bacia Urbana do Tucunduba, Belém /PA**. 2014. Revista Brasileira de Geografia Física. vo. 07, n.03, (2014) 466-475.

FINKLER, R., 2012. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. Disponível: http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf. Acesso: 10 set. 2019.

LISBÔA, Educélio Gaspar *et al.* Políticas públicas e saneamento básico na gestão municipal de Belém, Ananindeua e Castanhal-PA: Aplicação de um modelo de correlação no período entre 2010 e 2018. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 44724-44742, 2020.

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J.E.C.; CRISTO, L.A.; SILVA, A.L.S. **Estudo geomorfológico em bacias urbanas: uma análise da Bacia do Tucunduba, Belém-PA.** In: Simposio Nacional De Geomorfologia, 9., Rio de Janeiro, 2012. Anais... Rio de Janeiro: UGB.

MATOS, Fernando Cardoso de. **Caracterização qualitativa dos impactos ambientais causados pela ocupação urbana no Igarapé do Tucunduba-Belém-PA.** - 2010. 120 f. Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2010.

NASCIMENTO, Vitória; LEÃO, Monique. URBANIZAÇÃO DE ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS: AS INTERVENÇÕES NA BACIA DO TUCUNDUBA EM BELÉM-PA. **Anais...VI ENANPARQ-** Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasília, 2020.

PONTE, Juliano Pamplona Ximenes. **Cidade e água no estuário guajarinó.** Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da UFRJ (tese de doutorado), Rio de Janeiro, 2010.

RODRIGUES, Paulo Rick Soares Rodrigues. **ANÁLISE ESPACIAL DE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA-BELÉM-PA:** Impactos Ambientais. 2019. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

ROLNIK, Raquel *et al.* O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação. **Cadernos MetrÓpole**, v. 17, p. 127-154, 2015.

SANTOS, Verônica Jussara Costa. **Modelo de processo participativo de enquadramento aplicado a bacias hidrográficas urbanas: bacia do Tucunduba.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Belém, 2010.

SESAN, Secretaria Municipal de Saneamento. **Gestão de rios urbanos – Urbanização do Igarapé do Tucunduba Município: Belém – PA.** Instituição: Prefeitura Municipal de Belém - Secretaria Municipal de Saneamento – SESAN. Program /Ação: Pró-Saneamento/ Drenagem Urbana. Edição: 2001/2002. Tema-Foco: Gestão Ambiental e Saneamento. Disponível em: < <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/responsabilidade-social/melhores-praticas>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

SILVA JÚNIOR, Antônio Rodrigues da. **Indicadores de vulnerabilidade, risco socioambiental e educação ambiental para prevenção e mitigação de**

desastre natural na bacia hidrográfica do Tucunduba, Belém-PA. 2018, 91 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, Belém, 2018.

SILVA, Ana Luiza de Araújo. **Uso da Água na bacia urbana do Igarapé do Tucunduba-Belém-PA.** 2016, 117f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2016.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 1.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 196 p.

TARGA, Marcelo dos Santos *et al.* Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

VILARINS, Thiago. **Belém tem o quarto pior saneamento básico do País.** O LIBERAL, 2019. Disponível em: < <https://www.oliberal.com/para/belem-tem-o-quarto-pior-saneamento-basico-do-pais-1.164750>>. Acesso: 10 out. 2021.