
Análise temporal da expansão urbana no entorno do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil

Temporal analysis of urban occupation in the Tucunduba stream margins, Belém, PA, Brazil

MATOS, Fernando Cardoso de 1

TARGA, Marcelo dos Santos 2

BATISTA, Getulio Teixeira 2

DIAS, Nelson Wellausen 2

1 Universidade de Taubaté – UNITAU

2 Professor do Programa de Pós-Graduação em

Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté - UNITAU

Autor para correspondência: matos2001@gmail.com

Recebido em 27 de março de 2010; aceito em 30 de março de 2011.

RESUMO

Neste trabalho foram avaliados os impactos ambientais decorrentes da ocupação urbana nas margens do Igarapé Tucunduba, em Belém do Pará, a partir da década de 1970. O objetivo específico foi identificar, por meio de análise espacial e observação de campo, os impactos ambientais gerados pela ocupação da área ao longo desse igarapé situado no bairro da Terra Firme a sudeste da cidade de Belém, a partir de sua nascente (1° 27' 41"S e 48° 27' 17"W). Essa é uma área de expansão da cidade de Belém, PA, que vem sofrendo um processo de urbanização desordenado, por uma população de baixa renda e sem serviços de infraestrutura planejados. A pesquisa envolveu trabalho de campo em toda a extensão do igarapé. Para a confecção da base cartográfica foram utilizadas ortofotos adquiridas nos anos de 1972, 1977 e 1998 e uma imagem do satélite SPOT de 2006. Esses dados foram processados na plataforma ArcGis para a geração de mapas e avaliação dos processos de mudanças na área naqueles anos. Durante as observações de campo, foram tomadas fotografias digitais de estruturas e práticas antrópicas que, posteriormente, foram georreferenciadas para auxiliar na identificação e caracterização dos impactos ambientais. Constatou-se o rápido adensamento populacional em ambas as margens do igarapé Tucunduba que resultaram no assoreamento do canal, provocado, principalmente, por aterramentos das margens e deposição de resíduos sólidos, pela remoção da vegetação natural com consequente poluição e contaminação da água.

Palavras-chave: Impactos ambientais; uso da terra; urbanização, SIG.

ABSTRACT

This work investigated the environmental impacts from the occupation that took place in the Tucunduba stream area since the 1970s in the city of Belém, State of Pará. The specific objective was to identify the environmental impacts caused by the occupation along that stream margins located in the neighborhood of Terra Firme beginning at its spring (1° 27' 41"S and 48° 27' 17" W). This is considered as an urban expansion area of Belém city and the urbanization process is occurring without any planning, being populated by low income people without any infrastructure service planning. This research involved a field work along the full length of the stream. To build a GIS database, orthophotos acquired in 1972, 1977 and 1998 and a SPOT satellite image of 2006 were used. These data were processed using the ArcGIS software package for maps generation and assessment of land use change along those years. During field observations, digital photos of anthropogenic structures and practices were taken and later georeferenced to assist in the identification and characterization of environmental impacts. Results indicate the rapid increase in population density in the area along the Tucunduba margins resulting in sedimentation caused primarily by landfill, solid waste disposal and removal of natural vegetation, resulting in water pollution and contamination.

Key-words: Environmental impacts; land use; urbanization, GIS.

I. Introdução

O crescimento populacional requer novos espaços, seja para moradia ou outras atividades o que vem provocando a ocupação de regiões ambientalmente sensíveis. Atividades não planejadas geram impactos negativos ao meio ambiente e esse se torna hostil à vida humana. A solução ou a mitigação desses problemas passa por um processo de planejamento do uso e ocupação do solo.

A água consiste em um dos recursos naturais que mais diretamente sofre os impactos decorrentes do crescimento urbano. Até recentemente utilizados de maneira abundante, os recursos hídricos em muitas regiões vêm se tornando cada vez mais escassos à medida em que ocorre a expansão da população.

Na cidade de Belém do Pará é preocupante a situação das bacias hidrográficas, pois tais cursos d'água são transformados em canais retificados que recebem tanto a água pluvial, quanto esgotos lançados sem tratamento. Nessa situação se enquadra a área do entorno do igarapé do Tucunduba (Figura 1), em Belém que apresenta um cenário de ocupação com considerável degradação ambiental, objeto deste estudo.

Nas margens do igarapé do Tucunduba existem madeireiras, comércio de telhas, de tijolos, de carvão e de açaí, além de casas construídas às margens do igarapé com seus esgotos lançados diretamente no corpo hídrico, comprometendo, inevitavelmente, a qualidade da água.

Segundo Lima e Zakia (2000), as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia por meio de agentes climáticos e perdem energia pelo deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, dessa forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico.

Segundo Tucci (2008), o crescimento urbano ocorrido nas últimas décadas transformou o Brasil num país essencialmente urbano (83% de população urbana). O município de Belém (PA), por exemplo, cresceu entre 1980 e 2000 com taxas médias de aproximadamente 3,6 % ao ano (FAURE, 2002).

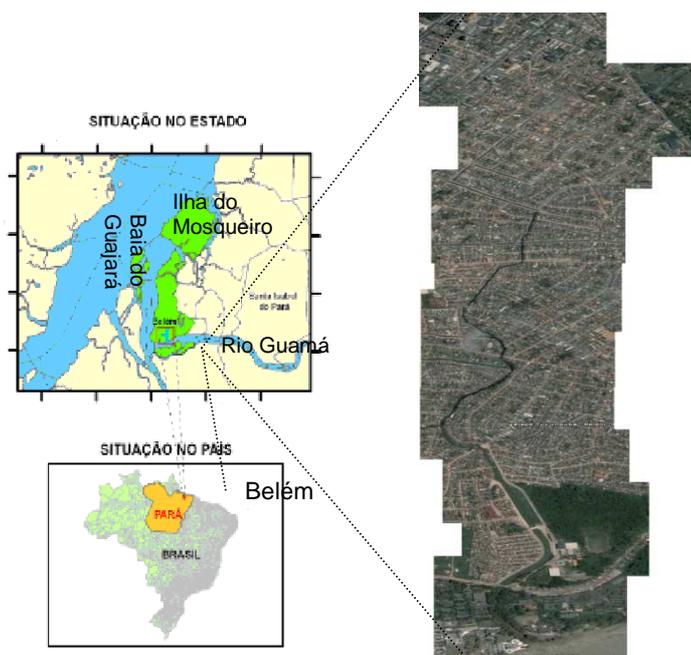


Figura 1 - Localização da área de estudo (Igarapé Tucunduba).

Segundo Tucci (1995), os principais impactos provocados pela urbanização nas redes de drenagem são o aumento do escoamento superficial, redução da evapotranspiração, do escoamento subterrâneo e o consequente rebaixamento do lençol freático. A expansão da urbanização provoca também o aumento da produção de material sólido que chega à bacia hidrográfica proveniente de limpeza de ruas e da armazenagem inadequada do lixo pela população e causa a deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrânea.

Segundo Tucci e Collischonn (1998), o transporte de sedimentos traz consigo a carga de poluentes agregada a eles. A qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: limpeza urbana, intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, época do ano e tipo de uso da área urbana (TUCCI, 2002).

Os igarapés, nome regional para rios de pequena ordem, são componentes importantes da floresta (LIMA; GASCON, 1999). Eles mantêm uma fauna diversa que é sustentada principalmente pelo material orgânico

proveniente das florestas adjacentes (HENDERSON; WALKER, 1986). Essa dependência produz, em tese, uma associação marcada pelas características da floresta que circunda o igarapé e sua riqueza em espécies, sua distribuição e abundância. De modo geral, a cobertura vegetal interfere nos mecanismos de transporte de águas, reduz a erosão e aumenta o potencial de infiltração, sendo fundamental para a recarga dos aquíferos (TUNDISI et al., 2008).

Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como definido por Burrough (1986), é um “poderoso elenco de ferramentas para coleccionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real”.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada que se deu no Igarapé Tucunduba, em Belém do Pará, a partir da década de 1970, por meio de análise espacial temporal e observação de campo.

II. Material e Métodos

2.1. Caracterização física da área de estudo

A bacia do igarapé do Tucunduba tem sua nascente na Travessa Angustura, N° 3579 (Bairro do Marco; 1° 27' 49" S; 48° 27' 16,63" W) e seu exutório à margem direita do Rio Guamá (Bairro do Guamá), sendo que ao longo de seu percurso sofre ainda com atividades antrópicas que tornam o igarapé bastante poluído (SILVA, 2003). A bacia tem uma área de 1.055 ha, e cerca de 575 ha são áreas de "baixadas", correspondendo a 21% das áreas de várzea de Belém (PMB, 2000), com baixa declividade (Figura 1).

O clima de Belém é quente e úmido. A temperatura média varia entre 22 e 25° C. A umidade relativa do ar chega a 90% nos meses mais chuvosos. Sem estações climáticas definidas, possui dois períodos sazonais: chuvoso (dezembro a maio) e menos chuvoso (julho a novembro). A precipitação média anual varia de 2.500 a 3.000 mm, fazendo de Belém uma das cidades mais chuvosas do Brasil (NASCIMENTO, 1995).

A região apresenta vegetação de capoeira e de várzea pouco exuberante devido às limitações físico-químicas do solo, enquanto que a floresta de igapó, encontrada em níveis topográficos mais baixos ou alagadas, tem porte mais desenvolvido. Os solos da várzea do igarapé apresentam drenagem baixa e são argilosos e geralmente úmidos, porém, ficam encharcados somente no inverno e apresentam pH neutro na sua parte superficial. A bacia apresenta ainda várzeas do tipo “várzea de maré”, que acumulam nutrientes com os depósitos deixados pelas marés.

A maior parte dos solos da bacia pertencem ao grupo D (NCRS, 1997, que correspondem aos solos que contêm argilas expansivas, com muito baixa capacidade de infiltração e geralmente com alta taxa de escoamento superficial (CACELA FILHO, 2007). (Figura 2).



Figura 2 - Bacia do Igarapé Tucunduba (em amarelo). Fonte: (BEZERRA e LOPES, 2001).

2.2. Análise espacial

Para análise espacial considerou-se a evolução da ocupação urbana e a conseqüente redução das áreas florestadas do igarapé do Tucunduba em Belém, PA, nos anos de 1972, 1977, 1998 e 2006. Para isso foram utilizadas imagens aerofotogramétricas dos anos de 1972 e 1977, em preto e branco, e de 1998, coloridas, na forma de mosaicos georreferenciados obtidos a partir da ortorretificação dessas fotografias disponíveis na Prefeitura Municipal de Belém. Para o ano de 2006 foi utilizada imagem orbital do satélite SPOT. Todas as fotografias aéreas foram obtidas na escala de 1:2.000. Essas imagens possibilitaram o diagnóstico do avanço da urbanização na área do Igarapé do Tucunduba por meio de interpretação visual das imagens inseridas no banco de dados geográfico (BDG).

Os mosaicos das imagens inseridas no BDG foram construídos a partir de vários recortes de áreas menores das imagens utilizando o aplicativo Corel Draw X4, V14.0. As imagens foram ajustadas e agrupadas formando um único mosaico para cada ano investigado (1972, 1977, 1998 e 2006), encerrando uma área de 8,8 Km² envolvendo ambas as margens do igarapé.

As imagens de todos os quatro anos foram georreferenciadas, tomando-se por referência a base cartográfica digital (1:10.000) do município de Belém, disponível na Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão-SEGEP, baseado na Cartografia digital de 1998 da Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém-CODEM. Uma vez compostos, os mosaicos foram importados (shapefile) para o sistema ArcGis 9.0, onde foram efetivamente georreferenciados e registrados. Uma vez registrados no BDG, foi possível manipular, editar e analisar os dados, usando técnicas de interpretação visual para se aferir a evolução urbana e, assim, gerar os mapas de uso da terra para os diversos anos analisados, considerando as áreas das classes vegetação densa, área desmatada e ocupação urbana na bacia do igarapé do Tucunduba e, posteriormente, as classes de densidade de ocupação urbana (densa, média e baixa).

2.3. Trabalho de campo

Foram realizadas visitas ao campo com o objetivo de investigar e fazer o registro fotográfico e tomada de coordenadas dos pontos de impactos importantes na bacia. Os registros fotográficos foram realizados utilizando-se uma câmera digital, modelo DSC-W35, 7.2 Mpixels, resolução: 3072 x 2304, zoom óptico 3x (38 - 114 mm equiv.) e, para o georreferenciamento foi utilizado um GPS e Trex H Garmin de 12 canais paralelos de recepção e software versão 2.30 com precisão variando de 4 a 10 m.

III. Resultados e discussão

3.1. Evolução da ocupação urbana sobre a área do Igarapé Tucunduba

O processo de urbanização no Brasil se intensificou a partir de 1940, como resultado da modernização econômica e do grande desenvolvimento industrial devido ao aporte de investimentos estrangeiro no país. Até a metade do século XX, o bairro do Guamá, em Belém do Pará, um dos bairros onde está localizado o igarapé do Tucunduba, era pouco habitado (RAMOS, 2002). Ainda, segundo esse autor, desde então, apresentava problemas de infraestrutura, a maior parte de suas casas era de madeira e palha. A sua área era ocupada por matas que ofereciam muita caça e frutas para os poucos moradores do lugar e casas com imensos quintais, que mais pareciam sítios. O igarapé do Tucunduba, nessa época, servia para o tráfego de pequenos barcos e para lazer (banho e piquenique).

A Amazônia só foi integrada efetivamente ao restante do Brasil a partir de 1950 com a criação do Programa de Integração Nacional (PIN) que visava ligar a Amazônia ao resto do país. A partir desse programa, foi construída a rodovia Belém-Brasília que repercutiu de forma intensa e transformadora na capital do estado do Pará, por meio da migração e da entrada de produtos industrializados provenientes de outras regiões.

Segundo Ferreira (1995), a várzea do igarapé do Tucunduba ficou à margem da expansão da malha urbana de Belém até o início da década de 60. Entretanto, na década de 70, ocasião em que houve grandes transformações no contexto político, econômico e social de Belém, a várzea do igarapé foi urbanizada, devido à intensa ocupação das planícies por parte da população que migrou para a capital.

Nesse processo de ocupação, o igarapé do Tucunduba foi submetido ao desmatamento e à construção das palafitas e estivas de madeira. Uma vez instaladas as palafitas, a população paulatinamente promoveu, para facilitar o acesso, o aterro, muitas vezes, com lixo ou outros detritos, como caroços de açaí e serragem. Outro material de aterro muito comum é a laterita ou piçarra. Na sequência, o lixo ou a laterita depositados nas ruas são aproveitados para aterrar também a frente das casas, provocando represamento ou estagnação de água sob as casas. As ruas aterradas propiciaram, muitas vezes, a retificação de canais de drenagem, a abertura de ruas laterais, e a substituição gradativa das palafitas de madeira por casas de alvenaria (FERREIRA, 1995).

O processo de urbanização ao longo dos anos de 1972, 1977, 1998 e 2006 foi bastante intenso (Figura 3). A ocupação só é menos densa onde há concentração de árvores, ou onde casas com jardim e quintal foram

construídas. Nesse caso, os recuos entre as edificações são mais amplos e ocorre uma maior ventilação entre as construções. Na ocupação mais densa, as construções ficam encostadas umas às outras e, praticamente, não se tem área verde. Verificam-se na ocupação densa, que as calçadas são estreitas, as ruas asfaltadas e as estivas na maioria das vezes dão acesso à margem do igarapé. A ocupação densa também proporciona uma diminuição das áreas de recarga devido à impermeabilização do solo, favorecendo as inundações e enxurradas. Por serem locais adensados há pouca ventilação e o consequente desconforto térmico pela temperatura elevada, em região de alta umidade. A ocupação de densidade média não é tão adensada, mas nela, já se observa uma aproximação entre as moradias e uma diminuição das áreas verdes.

Em 1972, tem-se a área urbanizada na margem direita do igarapé, em róseo, bem menor quando comparada aos demais anos analisados (Figura 3). Pode também ser observada uma área em marrom claro de mais de 1,8 km² que corresponde à ocupação média. A área de ocupação baixa tinha, nessa época, a predominância de vegetação florestal, com mais de 4,3 km².

Em 1977, a área que representa a ocupação densa já havia aumentado em quase 2 km² em relação a 1972, enquanto que as áreas de média e baixa ocupação diminuíram em relação a 1972, sendo a redução da classe de média ocupação mais significativa, por ter tido a densidade de ocupação aumentada.

No mapa de 1998, passados 26 anos em relação à primeira data analisada, a classe de ocupação densa predomina, com uma área de mais de 7,5 km². Observa-se uma área de 0,2 km² de ocupação de média densidade. A ocupação baixa que predominava no mapa de 1972 com uma área de 4,3 km² ficou reduzida para 1,1 km², tendo a cobertura florestal substancialmente reduzida.

No mapa de 2006, observa-se a ocupação de alta densidade quase igual à de 1998, uma ocupação de densidade média menor que à do ano de 1972, mas maior que 1977 e 1998. A ocupação de densidade baixa é a menor nos 4 anos analisados. Observa-se um aumento da ocupação média no ano de 2006, em relação a 1977 e 1998 que avançou sobre as áreas de baixa urbanização.

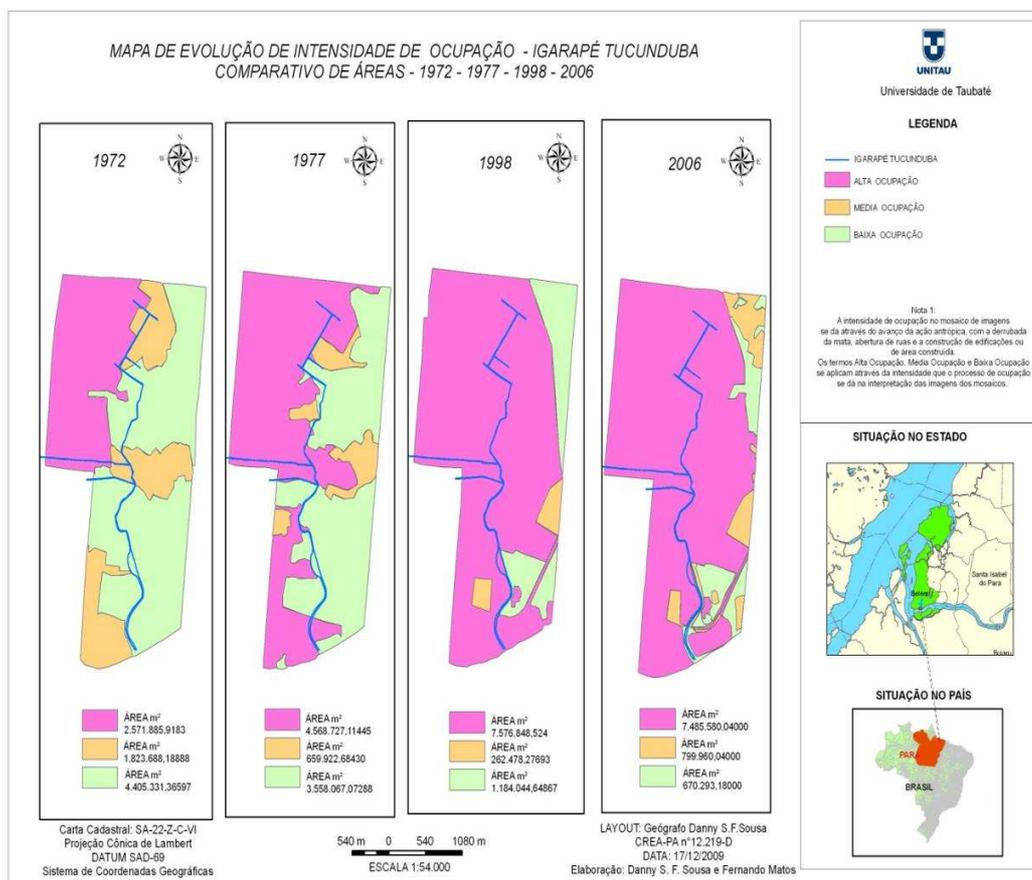


Figura 3 - Mapa de uso do solo, mostrando a expansão da ocupação no igarapé do Tucunduba, no período de 1972 a 2006. Observa-se o decréscimo paulatino das florestas (verde) para a urbanização (róseo).

Em termos quantitativos, a Tabela 1 mostra como gradativamente a ocupação urbana na área de estudo foi se adensando ao longo dos anos analisados.

Tabela 1 - Áreas (Km²) das classes de densidade de ocupação urbana na bacia do igarapé Tucunduba.

Classes de densidade de urbanização	1972	1977	1998	2006
Alta	2,7	4,5	7,5	7,4
Média	1,8	0,6	0,2	0,8
Baixa	4,3	3,7	1,1	0,6
TOTAL	8,8	8,8	8,8	8,8

Pela comparação das imagens da Figura 3 e dos dados apresentados na Tabela 1 é possível se observar a evolução da ocupação do entorno do igarapé do Tucunduba, nessa área urbanizada estudada de 8,8 km² com diferentes densidades de ocupação com uma tendência crescente de aumento na densidade populacional. A área total ocupada em 2006 permaneceu praticamente a mesma desde 1998. Isto se deve a intervenção do poder público na área com o projeto de macrodrenagem.

É possível se observar que nos mapas de 1972 e 1977 alguns fragmentos de áreas verdes à margem direita do igarapé, próximas ao exutório, enquanto que nos mapas de 1998 e 2006 essas áreas não aparecem mais. Ainda no mapa de 1972 é possível se observar áreas verdes próximas à nascente, as quais já não se observam mais a partir de 1977. Nos mapas de 1977 e 1998 já se nota o avanço da construção de moradias e boa parte da vegetação é devastada pelo processo de urbanização, em ambas as margens do igarapé Tucunduba. É possível se notar na Figura 3, que a ocupação do Igarapé Tucunduba se deu da nascente para a foz da margem direita para a esquerda.

3.2. Impactos ambientais no Igarapé

A área do entorno do igarapé do Tucunduba pode ser considerada como uma zona de característica residencial, porém, se observam diversas atividades econômicas, tais como, padarias, farmácias, açougues, quitandas, etc. Atualmente é uma área de elevada densidade populacional onde é possível se observar o acúmulo de resíduos sólidos (Figura 4).



Figura 4 - Resíduos orgânicos e inorgânicos à margem direita do Igarapé Tucunduba.

A crescente urbanização implica alterações no ciclo hidrológico, pois a ocupação do solo aumenta a impermeabilização, diminui as áreas de recarga, e aumenta o escoamento superficial. Também ocorre o aumento dos dejetos provenientes de esgotos domésticos, portanto, acelerando a contaminação, poluição e erosão do solo. Em adição, observou-se o agravamento do assoreamento nos canais e galerias, e a diminuição de suas capacidades de escoamento do excesso de água.

Existem várias unidades de serrarias e pontos de comércio de açaí que aportam muitos resíduos dos caroços de açaí e das serrarias jogados à margem do igarapé (Figura 5). Além disso, encontram-se também descartes de móveis velhos, garrafas plásticas e de vidro, papel, etc.



Figura 5 - Caroços de açaí, restos de madeira, garrafas plásticas e demais entulhos amontoados próximo ao igarapé.

Por toda a extensão do igarapé do Tucunduba, desde sua nascente, num dos pontos altos da cidade, até seu exutório, no rio Guamá, é notável o adensamento populacional de famílias de baixa renda, morando em palafitas (Figura 6), as quais caminham por estivas construídas pelos próprios moradores, como se fossem ruas. Há insegurança, risco à saúde e conflitos na região, que têm se agravado ao longo do tempo, pois hoje é considerada uma área de grande risco, principalmente, devido ao acesso dificultoso para agentes de segurança pública e por possuir vários becos de fuga.



Figura 6. Estivas sobre o igarapé e acúmulo de resíduos.

O esgoto doméstico é uma mistura de várias substâncias orgânicas com elementos inorgânicos, provenientes de diversos materiais de consumo. O material de limpeza (sabões e detergentes) utilizado para lavar louças e roupas contém o elemento fósforo que é lançado diretamente no corpo hídrico e, segundo Merten e Minella (2002), esse elemento químico na forma solúvel na água causa poluição, uma vez, que o fósforo promove o desenvolvimento em excesso de algas que por sua vez utilizam grande parte do oxigênio da água, prejudicando os demais organismos vivos.

Segundo Tucci (2002), os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais presentes no corpo hídrico. Almeida et al. (2009) apontaram que as águas do Tucunduba apresentam 95% de contaminação com bactérias termotolerantes) e apresentam concentrações de cor e turbidez acima do recomendado pela OMS e pela portaria nº 1469/2000 do MS.

Os coliformes são importantes indicadores microbiológicos de poluição no Tucunduba (BRAZ et al., 2007). Esses autores observaram valores da ordem de 10^7 NPM, no ano de 1989. Essa concentração permaneceu nesse patamar durante dez anos. Em 2000, devido à desapropriação e remoção dos imóveis e comércio próximos à margem, bem como a limpeza periódica do leito houve uma melhoria na taxa de coliformes que foi reduzida para 10^3 a 10^5 NPM. Entretanto, na questão de saúde pública, Aguiar (2000) observou, com base em entrevistas, que a população do Tucunduba já contraiu um ou mais tipos de doenças de veiculação hídrica, sendo as mais comuns: doença gastrointestinal (46%), esquistossomose (23%), leptospirose (23%), verminose (19%), cólera (38%) e hepatite infecciosa (12%). A Figura 7 mostra um banheiro de uma casa sobre o curso da

água. A Figura 8 mostra outro ponto de lançamento de efluentes, próximo a um pequeno porto no igarapé Tucunduba.

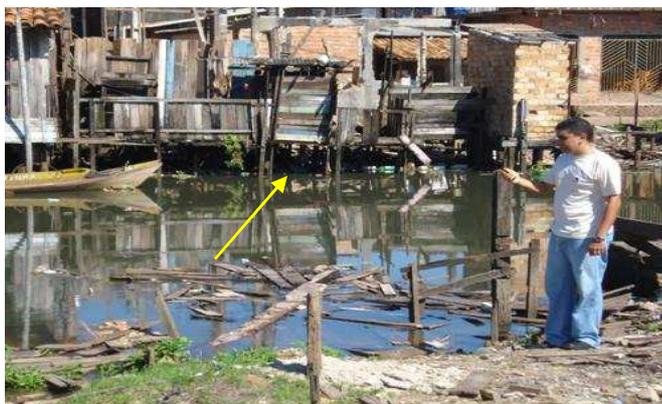


Figura 7 - Banheiro com despejo direto sobre o corpo hídrico.



Figura 8 - Ponto de lançamento de efluentes, próximo a um pequeno porto no igarapé Tucunduba.

IV. Conclusão

A análise espacial com base em técnicas de Sensoriamento Remoto e as avaliações de campo demonstraram que o processo de urbanização do entorno do igarapé Tucunduba ocorreu sem planejamento e avançou de forma intensa no período estudado (1972 a 2006) e ocupou Áreas de Preservação Permanente previstas no Código Florestal.

A evolução do processo de urbanização levou ao adensamento populacional e à consequente redução de 75% na área de vegetada do igarapé, no período de 1972 para 2006 e a região encontra-se hoje com sérios impactos de poluição e degradação das margens desse igarapé.

V. Referências

AGUIAR, S A. de. *Degradação socioambiental: um estudo sobre a população residente na proximidade da foz do igarapé Tucunduba (Belém – Pará)*. 2000. 45f. Monografia (Especialização em Educação Ambiental) – Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), Universidade Federal do Pará, Belém, 2000.

ALMEIDA, F. M. et al. *Qualidade das águas subterrâneas das Bacias Hidrográficas do Tucunduba e Paracuri, como base para a gestão das águas urbanas de Belém*. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/projetomegam/anais/Grupoo04.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

BEZERRA, M. S. M.; LOPES, D. F. *A avaliação dos níveis de contaminação do Igarapé Tucunduba – Evolução histórica e atuais perspectivas*. 2001. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária)- Departamento de Engenharia Química Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

- BRAZ, V. N. et al. Situação temporal da contaminação dos canais de drenagem da cidade de Belém - caso do Igarapé Tucunduba. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG. 2007
- BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Clarendon Press, 1986. 193 p.
- CACELA FILHO, F. C. O. et al. Modelagem da bacia hidrográfica urbana utilizando o Watershed Modeling System (WMS). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: INPE, 2007. p. 3303-3310.
- FAURE, J. F. *Dinâmicas de urbanização em meio tropical úmido: uso do sensoriamento remoto para a construção de indicadores socioambientais na Amazônia Oriental*. Belo Horizonte, 2002. 67 p.
- FERREIRA, C. F. *Produção do Espaço Urbano e Degradação Ambiental: Um Estudo de Caso sobre a Várzea do Igarapé do Tucunduba Belém-Pará*. 1995. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física)- Coordenadoria de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- HENDERSON, P. A.; WALKER, I. On the leaf litter community of the Amazonian blackwater stream Tarumazinho. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v. 2, pp 1-16, 1986.
- LIMA, M. G.; GASCON, C. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. *Biological Conservation*, Manaus, v.91, p. 241-247, 1999.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/ Fapesp, 2000. cap.3, p.33-44.
- LOPES, M.S. B. et al. Situação temporal da contaminação dos canais de drenagem da cidade de Belém - caso do Igarapé Tucunduba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Abes, 2007. p. 1-8.
- MERTEN, G.; MINELLA, J. P. Qualidade da Água em Bacias Hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecol. e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v.3, n.4, p. 33-38, 2002.
- NASCIMENTO, C. C. *Clima e morfologia urbana de Belém*. Belém: Universidade Federal do Pará: Numa, 1995. 160p.
- NRCS. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. In: _____. *Hydrology. National Engineering Handbooks*. National Resources Conservation Service. Washington, USA: USDA, 1997. 79p. Disponível em: <www.ftw.nrcs.usda.gov.>. Acesso em: 12 abr. 2010.
- PREFEITURA MUNICIPAL de BELÉM. Plano de Desenvolvimento Local Riacho Doce e Pantanal. Belém: PMB, 2000.
- RAMOS, J. M. T. *Entre dois tempos: um estudo sobre o bairro do Guamá, a Escola Frei Danie e seu Patrono*. Belém, 2002, 75p., il.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE COORDENAÇÃO GERAL DO PLANEJAMENTO E GESTÃO-SEGEPI. *Baseado na Cartografia digital de 1998 da Companhia de Desenvolvimento da área Metropolitana de Belém-CODEM. Escala: (1:10.000)*. Belém: SEGEPI, 2000.
- SILVA, A. M. *Gestão de conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas urbanas*. 2003. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.
- SOUZA, C. B. G. Plano de Desenvolvimento Local Riacho Doce e Pantanal. Belém: PMB, 2000. *Novos Cadernos NAEA*, Belém, v. 10, n. 1, p. 101-118, jun. 2007.
- TUCCI, C. E. M. Enchentes urbanas. In: TUCCI. *Drenagem urbana: Porto Alegre: Revista brasileira de recursos hídricos*, 1995. cap. 1. p 45 -150. 430 p
- TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 7, n.1, p.5-27, Jan/Mar. 2002.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *Porto Alegre. Estudos avançados.*, v. 22, n.63, p.97-112. 2008.

TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 6.,1998, Presidente Prudente, SP. *Anais*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. ABRH, 1998. 428 p. 1 CD-ROM

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Limnologia*. São Paulo :Oficina de Textos, 2008. 632p. ISBN: 9788586238666.