

Detecção temporal de área urbana utilizando imagens de alta e média resolução espacial, município de Santarém-PA

Lucélia Souza de Barros¹
Cíntia Pedrina Palheta Balieiro¹
Edenise Garcia¹
Beatrice Christine Piedade Pinho¹

¹ The Nature Conservancy
66035-170 – Belem – PA, Brasil
{ldebarros, cbalieiro, egarcia, bpinho}@tnc.org

Abstract. The city of Santarém, located in mesoregion of Baixo Amazonas, has shown a remarkable increase along the past years. In the 80's, the advent of new highways has directly influenced an uncontrolled urban expansion in this municipality, causing an increase of suburban areas along Santarém-Curuá-Una and Cuiabá Santarém highways and Fernando Guilhon Avenue. New peripheral neighborhoods have arisen from irregular dwelling, which has result into socioeconomic impacts due to the lack of urban planning. This study aimed to detect the expansion of the city of Santarém from 1984 to 2011 using RapidEye and Landsat TM 5 images. The results have shown an increase from 17 km² in 1984 to 33 km² in 2011. This increase of about 100% was partially influenced by the construction of the Cargill's grains harbor in the municipality as well as a very active prospection market, mainly of gold, which has integrated Tapajós region to the country's economy but has also brought serious environmental and social problems. The use of remote sensing was an excellent tool for the urban area expansion and shall be of great importance for the urban space dwelling process, supporting improvements which shall help the city's structural planning and also help to avoid irregular use of environmental protected areas.

Palavras-chave: remote sensing, unofficial roads, deforestation, Amazon; sensoriamento remoto, estradas endógenas, desmatamento, Amazônia.

1. Introdução

A partir da década de 60, com o objetivo de integrar a Amazônia, o governo brasileiro incentivou a vinda de empresas multinacionais, em particular de mineradoras, com a adoção de grandes projetos de infraestrutura e particularmente a abertura de rodovias federais. Isso intensificou a penetração das diferentes frentes pioneiras procedentes das regiões nordeste e sul, sobretudo através da rodovia Belém-Brasília (Cardoso 1977), num processo que foi acentuado na década de 70 (Oliveira 2008). A melhoria de acesso abriu portas para a expansão urbana nos municípios amazônicos e influenciou diretamente as mudanças socioeconômicas vividas pela região. Essas mudanças foram bastante evidenciadas na região do Tapajós, no oeste do Pará, considerada a maior área de mineração de ouro da América Latina nas décadas de 1980 e 1990 (CPRM 1996). A cidade de Santarém, na confluência do Tapajós com o Amazonas, alcançou ao longo desses anos o auge de seu crescimento urbano, (Oliveira 2008), facilitado pela implantação de novas vias de acesso, tais como: rodovias Santarém-Curuá-Una e Cuiabá-Santarém, e Avenida Fernando Guilhon (Santarém-Aeroporto).

A busca por melhor qualidade de vida ocasionou um importante aumento populacional e um crescimento desenfreado nos arredores urbanos, em áreas insalubres ou em áreas de preservação permanente (APP). Um exemplo é o bairro da *Matinha-Santarém*, localizado em áreas montanhosas, inapropriadas para a construção de moradia (Donato 2010).

Segundo Vale e Balieiro (2013), a vulnerabilidade do espaço urbano está relacionada com sua disposição espacial e com o crescimento da pressão humana. Nesse contexto, o uso de sensoriamento remoto integrado com ferramentas de sistema de informação geográfica permite não apenas a identificação e espacialização de áreas urbanizadas, caracterizadas por uma complexa combinação de edifícios, estradas, árvores e solo, mas também a detecção de

tendências em sua expansão. Neste estudo, são utilizadas imagens de satélite de média e alta resolução para extrair características gerais da área abrangidas, tal como a extensão da mancha urbana compreendendo a sede municipal de Santarém, com o objetivo de quantificar sua expansão entre 1984 e 2011.

2. Área de estudo

Esse estudo foca na zona urbana do município de Santarém, estado do Pará (Figura 1). De acordo com o plano diretor do município, obtido em outubro de 2014, no website da Prefeitura de Santarém, a zona urbana é subdividida em 48 bairros: Caranazal, Liberdade, Mapiri, Salé, Lagunho, Fátima, Aparecida, Centro, Santa Clara, Aldeia, Jardim Santarém, Aeroporto Velho, Esperança, Prainha, Santíssimo, Santana, Livramento, São José Operário, Uruará, Área Verde, Urumari, Interventoria e Diamantino Jutai, Pérola do Maicá, Maicá, Jaderlândia, Vigia, Urumanduba, Mararu, Floresta, Santo André, São Francisco, Nova República, Matinha, Cambuquira, Vitória Régia, Ipanema, Maracanã, Maracanã I, Elcione Barbalho, Nova Vitória, Santarenzinho, Amparo, Novo Horizonte, São Cristóvão, Conquista e Alvorada. A vegetação da região é composta, originalmente, por floresta aberta e densa, manchas de cerrado e várzea, com presença de florestas densa de terra firme, aberta com cipoal e aberta com palmeiras. O clima é quente úmido e a temperatura média anual varia de 25°C a 28°C. A economia atualmente é baseada em indústrias extrativistas, agropecuária, agricultura, em especial a soja, e outros serviços, segundo o website da Prefeitura Municipal de Santarém.

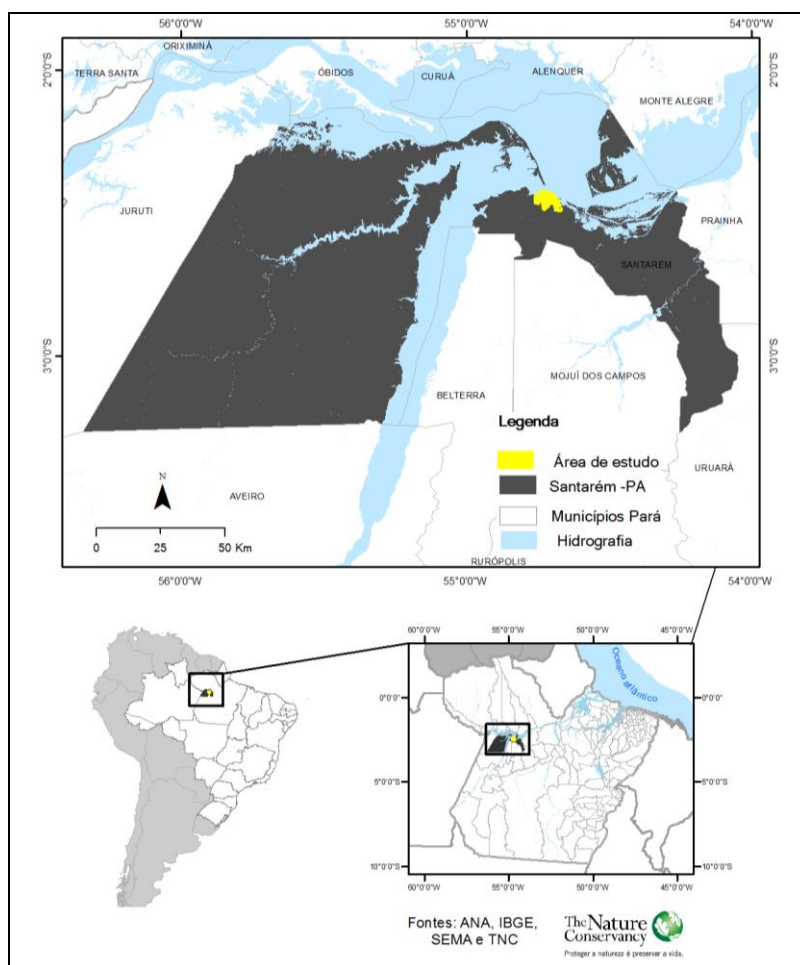


Figura 1. Localização da área de estudo, no estado do Pará.

3. Metodologia de trabalho

Para a detecção de mudanças temporais na área urbana de Santarém foram utilizadas imagens RapidEye e Landsat TM 5 indicadas na Tabela 1. O uso de imagens multiespectrais com média e alta resolução espacial favorece a detecção espacial, devido a uma mistura de diferentes respostas espectrais. O pixel representa um conjunto de medições em várias bandas espectrais da reflectância de uma determinada porção de terreno (Campbell 1996).

O método de classificação não supervisionada obtém classes espectrais representadas numa imagem, associando pixels de uma determinada classe aos que estão próximos de outros no espaço de medição, e separando melhor os de classes diferentes (Schoenmakers1995).

3.1 Processamento digital de imagens

Inicialmente, as imagens RapidEye foram registradas com base em imagens Spot 5 com qualidade geométrica compatível à escala de 1:25.000. Em seguida, as imagens Landsat TM foram calibradas. Procedimentos de realce e equalização foram aplicados às imagens. Procedeu-se a uma análise detalhada do histograma de frequências em todas as bandas do visível, infravermelho e red-edge (banda específica para estudos de vegetação), a fim de aperfeiçoar o contraste de cores entre os principais alvos terrestres.

As imagens foram reprojatadas para a Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, Sistema de Referência Geocêntrico da América do Sul – SIRGAS 2000 e também para coordenadas geográficas (Conforme de Lambert). O software utilizado foi ENVI 5.1.

Tabela 1. Tabela das cenas utilizadas no estudo

Satélites	Data	Órbita/ ponto	Resolução Espacial	Período de Revisita	Área Imageada	Resolução Radiométrica
Landsat TM 5	24/08/1984	22762	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	02/08/1999					
Rapideye	30/07/2011	2137925	05 m	24 horas	77,25 km	12 bits

3.2 Detecção urbana

Foi utilizada a metodologia de classificação automática não supervisionada isodata (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*), que se baseia na média dos cálculos das classes uniformes no espaço espectral, usando o método ou o processo de “clusterização”, segundo Meneses e Almeida (2012). Esse método constitui num agrupamento dos pixels feito em três etapas: classificação interativa do pixel; redefinição dos critérios para cada classe; e a reclassificação da imagem até que os padrões de distância espectral nos dados apareçam.

Em seguida, o resultado de classificação dos alvos foi combinado com as seguintes classes: padrão urbano (solo exposto) e sem padrão urbano (floresta, regeneração, formação não florestal e água). As classes temáticas que apresentaram ambiguidade espectral foram submetidas à edição matricial, utilizando o programa ClassEdit (ENVI 4.2). O produto da classificação urbana de 1984 serviu de base para os demais. Para 1984 foi gerada uma máscara de área urbana que foi aplicada sobre o resultado de classificação de 1999, gerando a máscara somatória de 1984 e 1999. Esta máscara, por sua vez, foi sobreposta à classificação de 2011, assim gerando o mapa temporal de expansão urbana da sede municipal de Santarém de 1984 a 2011 (Figura 2).

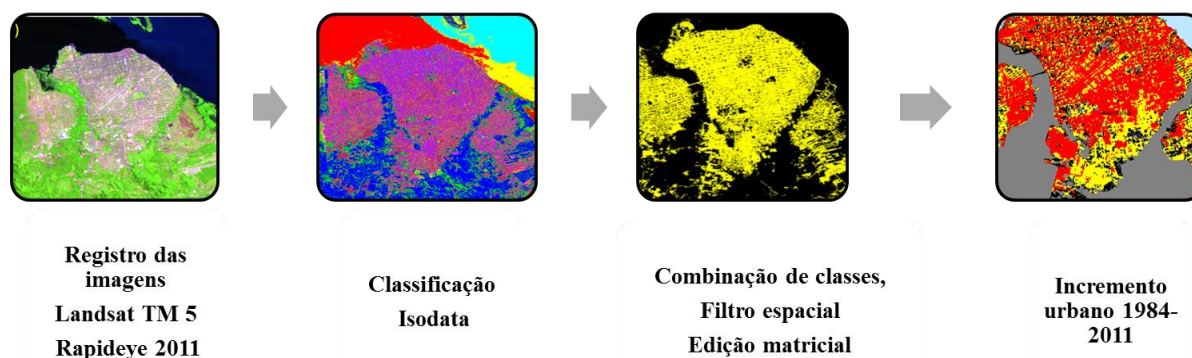


Figura 2. Etapas de elaboração do mapeamento.

4. Resultados e discussão

4.1 Processamento digital das imagens

A análise detalhada do histograma de frequências indicou que, mesmo com as dificuldades de correlação de algumas classes devido ao padrão de sazonalidade e nuvens, a perda da qualidade visual causada pela heterogeneidade espectral entre as cenas foi aceitável durante o processo de interpretação do mapeamento.

4.2 Mapa de expansão urbana

A combinação das imagens temporais no período de 1984 a 2011 com os dados oficiais dos bairros da cidade de Santarém indicou um incremento do padrão urbano, sinalizado pela abertura de novas estradas, perda florestal construção de edifícios e avanço de áreas de mineração no entorno da sede municipal, visíveis nas imagens de satélite. O estudo indicou que em 1984 a área urbanizada da sede de Santarém abrangia 17 km² (Tabela 2). Entre 1984 e 1999 a área urbana sofreu um incremento de pouco mais de 8 km², perfazendo um total de 25,4 km². Nesse período, ocorreram grandes transformações no município, como a abertura de novas estradas e a instalação de mineradoras. Entre 1999 e 2011, a cidade continuou expandindo, e a área urbana aumentou para 32,6 km², um incremento de cerca de 7 km² (Figura 3). Este período foi marcado pela construção do terminal portuário de grãos da Cargill.

Portanto, entre 1984 e 2011, a área urbana de Santarém praticamente dobrou de tamanho. Neste período, houve um considerável crescimento econômico na região, incentivando a migração de pessoas das zonas rurais, assim como de outras regiões do Brasil para a região urbana de Santarém. De fato, nesse período a população cresceu de 192.000 para 291.000 habitantes, segundo dados dos censos demográficos do IBGE de 1980 e 2010, respectivamente. Essa procura por uma melhor qualidade de vida e a migração para a zona urbana resultou num aumento de habitações na periferia da cidade, sem um planejamento urbano municipal, levando a condições sanitárias muitas vezes precárias. Em muitas áreas, o inchaço da periferia de Santarém, além de acentuar contrastes socioeconômicos, levou também a sérios problemas de degradação ambiental associados à ocupação de áreas de proteção permanente tanto em zonas ripárias quanto em encostas de morros.

d)

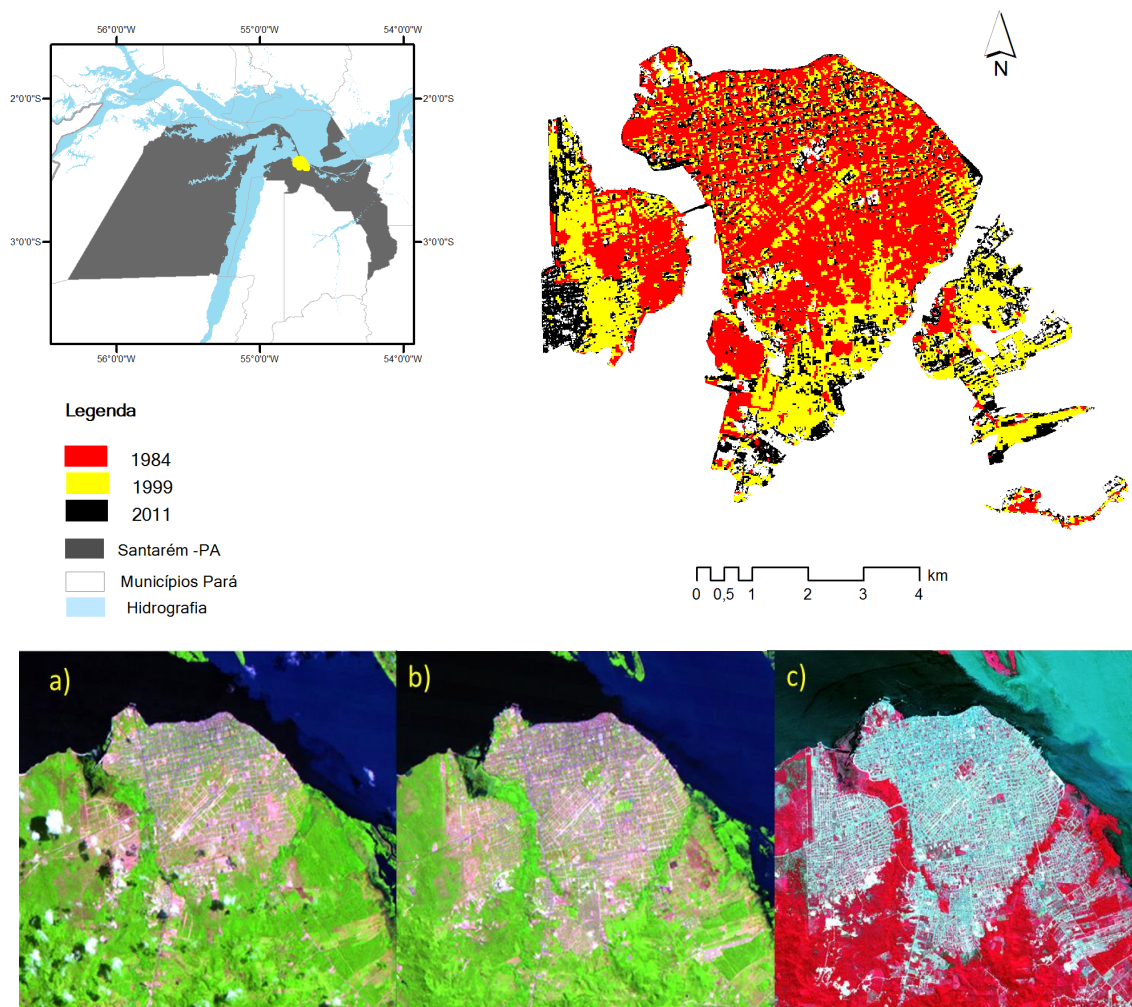
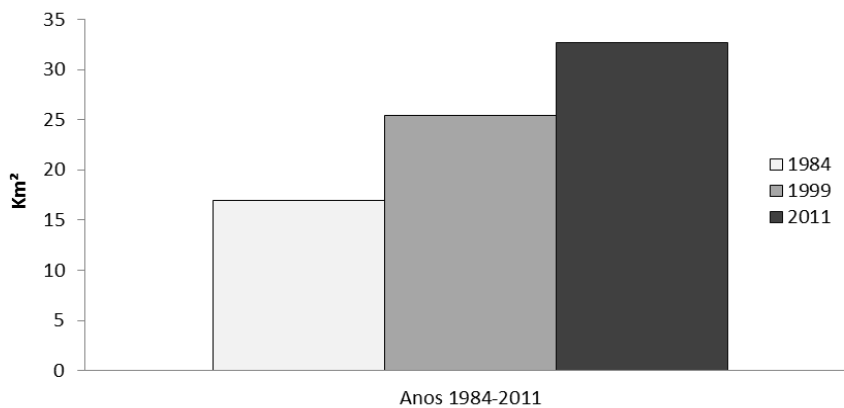


Figura 3. Expansão urbana no período de 1984-2011: **a)** imagem Landsat TM 5 de 1984; **b)** imagem Landsat TM 5 de 1999; **c)** imagem RapidEye de 2011; **d)** Incremento de 1984 até 2011.

Tabela 2. Tabela da Evolução da Expansão Urbana



5. Conclusão

O uso de imagens de satélite de alta e média resolução espacial provou-se eficaz no mapeamento da expansão urbana de Santarém. Com essa técnica de mapeamento foi possível verificar um aumento de cerca de 100% da área urbana do município, no período de 1994 a 2011. Observou-se que as atividades socioeconômicas incentivadas pela abertura de rodovias, atividades de mineração e, mais recentemente, a entrada da empresa Cargill, com a construção do terminal portuário de grãos, entre outros fatores, ocasionaram um intenso processo de crescimento demográfico, conduzindo à ampliação do perímetro urbano da cidade Santarém.

Este estudo tem o potencial de subsidiar o município de Santarém não somente na identificação espacial das áreas urbanas surgidas no período de 1984 a 2011, mas também na identificação de áreas com potencial para futura expansão. Esse conhecimento sistematizado pode subsidiar o governo municipal no planejamento e acompanhamento da expansão urbana, de forma a criar condições de infraestrutura adequadas para o uso de novas áreas e evitar a ocupação de áreas ambientalmente sensíveis.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará (SEMA-PA), pela disponibilização de shapefiles do município de Santarém.

7. Referências

- Cardoso, F. H. e Müller, G. 2008. Amazônia: Expansão do Capitalismo [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais,.168 p. Available em SciELO Books: <http://books.scielo.org>.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1996. Programa de Integração Mineral no Município de Itaituba - Estado do Pará. 229p.
- Donato, A.V. 2010. Expansão Urbana e Periferização em Santarém-PA: Estudo Sobre o Vetor da Rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163). Anais : XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre.
- Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico.
Acesso no dia 22 de novembro de 2014:
<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150680>
- Meneses, P. R. Almeida, T.. 2012. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 195p. Acesso no dia 02 de novembro de 2014:
<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>.
- Moller - Jensen L. 1990. Knowledge Based Classification of an Urban Area Using Texture and Context Information in LandsatTM Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, nº6, pp. 899-904.
- Oliveira, J. M. G. C. 2008. Expansão Urbana e Periferização de Santarém-PA, Brasil: Questões para o Planejamento Urbano. Actas del X Colóquio Internacional de Geocrítica.Barcelona: Univesitat de Barcelona, www.ub.es/geocrit/menu.htm.
- Pereira, J. C. M. 2004. Importância e Significado das Cidades Médias na Amazônia: uma Abordagem a partir de Santarém (PA). Dissertação de mestrado em Planejamento do Desenvolvimento). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos/UFPa, Belém.
- Prefeitura Municipal de Santarém. 2006. Plano Diretor Municipal de Santarém.
- Schoenmakers, R.P.H.M. 1995. Integrated Methodology for Segmentation of Large Optical Satellite Images in Land Applications of Remote Sensing. PhD thesis, Department of Informatics, University of Nijmegen, The Netherlands.

Secretária de Turismo do Pará. 2013. Inventário da Oferta e Infraestrutura Turística de Santarém 2013. Acesso no dia 22 de novembro de 2014:
http://www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario_santarem_2013_11.pdf

Strahler, A.H.; Woodcock, C.E., e Smith, J.A.. 1986. On the Nature of Models in Remote Sensing, *Remote Sensing of Environment*, 70:121-139.

Vale, R. S.; Balieiro, C. P. P. 2013. Diagnóstico Ambiental no Perímetro Urbano do Município de Marabá, Estado do Pará, Utilizando Imagens de Alta Resolução. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), , Foz do Iguaçu, . 1061-1068. Acesso em: 06 de novembro de 2014:
<http://urlib.net/3ERPFQRTRW34M/3E7GL75>.