

ANÁLISE ESPAÇOTEMPORAL DA EXPANSÃO URBANA DE SANTARÉM – PARÁ.

Space-time analysis of the urban expansion of the city of Santarém, Pará.

Emerson Ricardo Barros Pires

Universidade Federal Rural da Amazônia

ICIBE- Intituto Ciber Espacial

Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

emersonricp@gmail.com

Karen Patrícia Macedo Cesário

Universidade Federal Rural da Amazônia

ICIBE- Intituto Ciber Espacial

Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

karencesaario@gmail.com

Samara Sunny dos Anjos Cereja

Universidade Federal Rural da Amazônia

ICIBE- Intituto Ciber Espacial

Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

samarasunny98@gmail.com

Adler Henrique Rodrigues Alves

Universidade Federal Rural da Amazônia

ICIBE- Intituto Ciber Espacial

Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

adlercartografia@gmail.com

Resumo:

O artigo aborda a análise espaço-temporal da expansão urbana da cidade de Santarém, no estado do Pará. Tendo em vista que a expansão urbana é um tema evidente em cidades da Amazônia, Santarém foi escolhida para esta abordagem por ser uma cidade que sofreu grandes investimentos nas últimas décadas, com uma expansão territorial apressada. O território de Santarém sofreu inúmeras problemáticas, cujas consequências serão abordadas no decorrer deste artigo. De tal forma, o objetivo é mostrar a análise temporal feita por meio de imagens do satélite LANDSAT 7 e 8, em um intervalo de tempo de 8 anos, entre os anos de 2009 e 2017, que foram geoprocessadas utilizando as plataformas SIG (Sistema de Informação Geográficas), para analisar o uso do solo exposto e vegetação, visando a expansão territorial para posteriormente obterem-se de dados através do SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo).

Palavras-chave: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Crescimento Urbano

Abstract

The article refers to the space-time analysis of the urban expansion of the city of Santarém, in the state of Pará. Considering that the urban expansion is an evident theme in the cities of Amazon, Santarém was chosen for this approach because it is a city that suffered great investments in the last decades, with a rather precipitous territorial expansion. The territory of Santarém has suffered numerous problems, whose consequences will be addressed in the

course of this research. Thus, the objective is to show the space-time analysis made through images of the satellite LANDSAT 7 and 8, in an interval of 8 years, between the years of 2009 and 2017, which were geoprocessed using the GIS platforms (Geographic Information System), for the analysis of exposed soil and vegetation, aiming at the territorial expansion for posteriorly achievement of the SAVI (Soil Adjust Vegetation Index).

Keywords: space-time analysis; urban expansion; exposed soil; vegetation.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Alencar (1997, p.102), os problemas enfrentados atualmente pelas populações da Amazônia, de processos econômicos, políticos e ambientais, são consequência de uma série de ações políticas empreendidas pelo Estado nacional, cujo objetivo principal era levar o desenvolvimento, o progresso para a região. As intervenções estatais na Amazônia com política de migração induzida e financiada pelo Estado, com um forte investimento em empreendimentos de grande porte para viabilizar o desenvolvimento urbano se deu a partir da década de 1970, as chamadas políticas de incentivo fiscal.

A Amazônia Brasileira teve seu processo de urbanização muito acelerado a partir da abertura das rodovias, na década de 1960 e mais acentuadamente, em 1970. A estratégia de inserir esta região à esfera capitalista foi um dos fatores responsáveis por este processo, pois a meta era usar os núcleos urbanos como pontos logísticos para uma rápida ocupação (Becker, 1987; Becker, Miranda, Machado, 1990). Sendo assim, o crescimento da população urbana do município de Santarém, entre os anos de 1980 e 1990, está relacionado a investimentos do Governo Federal por volta de 1970 em cidades que serviram de pontos de apoio ao Plano de Integração Nacional - PIN (Marabá, Altamira, Santarém, Itaituba e outras), com significativas melhorias da infraestrutura urbana, comunicações, transportes, serviços de educação, saúde e saneamento básico; está relacionado, ainda, com a corrida do ouro aos garimpos do Rio Tapajós (1980/1990) de forma acentuada envolvendo toda a economia da Região, no abastecimento das atividades cujo centro principal era Santarém e que, posteriormente, foi deslocado para Itaituba; e, por fim, relacionada à consolidação de Santarém como um centro de prestação de serviços, especialmente na educação, saúde e entretenimento (CPRM, 1997, p.4).

O município tornou-se um polo urbano muito importante no Oeste do Pará, o que fez com que a configuração espacial da cidade se consolidasse sem planejamento, provocando a ocupação de várias áreas de importância ambiental, ocupadas devido ao crescimento populacional, juntamente ao não acompanhamento das políticas públicas no mesmo ritmo de forma eficiente, o que torna também como consequência as ocupações irregulares (Oliveira, 2008).

Vê-se, como consequência da ausência de um planejamento urbano, um emaranhado de problemas socioambientais, que se dão por meio de ações antrópicas que modificam completamente a paisagem. Como coloca José Afonso da Silva citado em Demétrius Coelho Souza (2010, p.118): A inexistência de um planejamento adequado pode fazer com que a urbanização deteriore o meio ambiente urbano, provocando a desorganização social, com carência de habitação, desemprego, problemas de higiene e saneamento básico. Modifica a utilização do solo e transforma a paisagem urbana.

Tendo em vista a importância econômica e regional, além do fato dos impactos ambientais

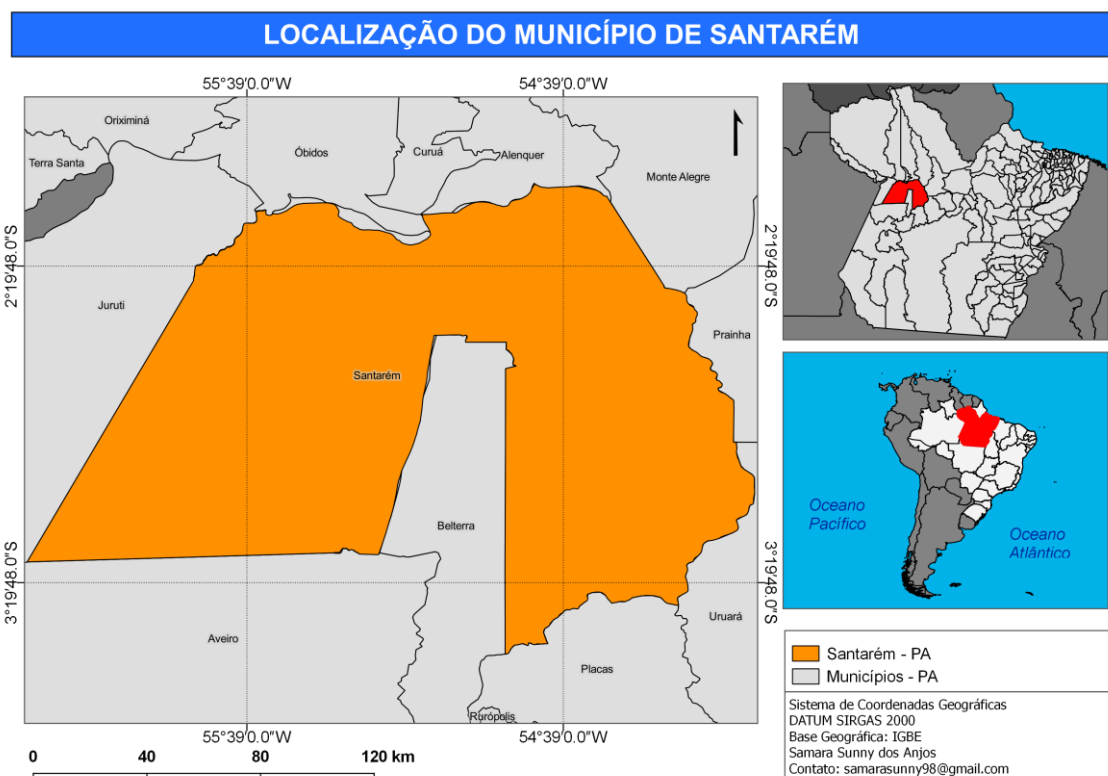
gerados pela expansão urbana. O objetivo desse trabalho é realizar uma análise territorial-temporal por intermédio de imagens de satélite georreferenciadas para uma compreensão da expansão do uso do solo urbano, utilizando softwares de SIG (Sistema de Informação Geográfica ou GIS- Geographic Information System) que, através do uso do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), possibilite a análise da porcentagem de cobertura do solo, que nos permite observar e compreender a expansão urbana no Município de Santarém- PA nos anos 2009, 2013 e 2017.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

O local de estudo é o município de Santarém, no estado do Pará, pertencente à mesorregião do Baixo Amazonas e à microrregião de mesmo nome. Fica localizada a cerca de 800 km das metrópoles Belém e Manaus, como mostra a Figura 1. O território ocupa uma área de 22.887,080 km², sendo que 97 km² estão no perímetro urbano, situado nas coordenadas 02º 26' 34" de latitude Sul (S) e 54º 42' 28" de longitude Oeste (O), cujos dados foram coletados em todo o município com área urbana detectada.

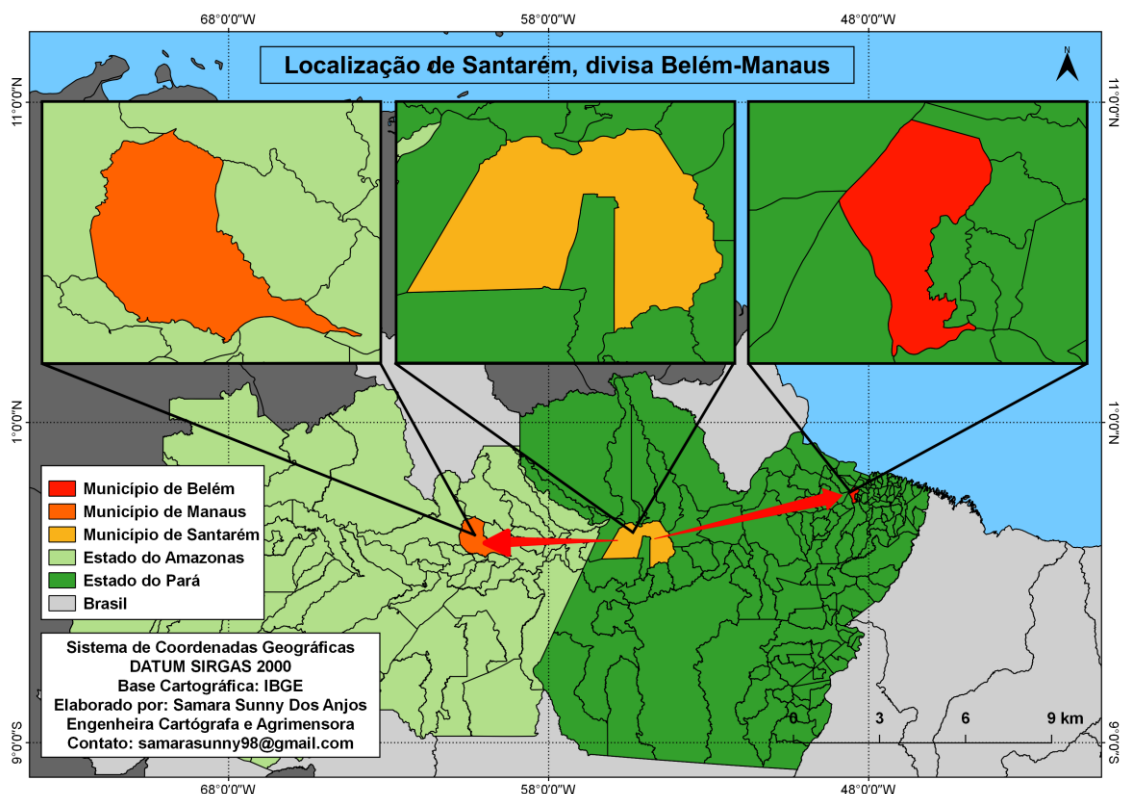
Figura 1: Mapa de localização de Santarém.



Fonte: Autores (2018).

A localização de Santarém, no Oeste do Pará, faz fronteira com os rios Tapajós e Amazonas, na divisa Manaus-Belém, de acordo com a Figura 2, deixando uma fácil logística para o transporte de produtos, tornando intensa a sua ocupação, uma vez que esta teve uma enorme influência no grande fluxo migratório devido aos seus portos, rodovias e, atualmente, à grande produção de soja.

Figura2: Localização de Santarém entre Belém e Manaus.



Fonte: Autores (2018).

2.2. Tipo de estudo

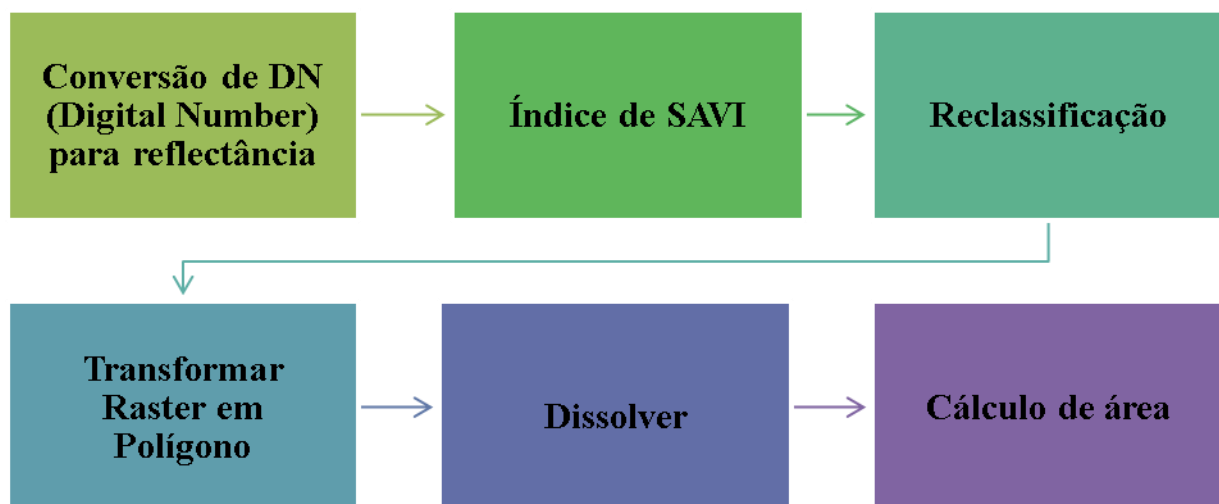
Ao longo do tempo, as preocupações associadas ao uso do solo têm aumentado tendo em vista o surgimento abundante de estudos do solo e da sua evolução ao longo do tempo, a utilização intensiva do solo leva a uma conscientização cada vez maior de que o solo é um recurso natural não-renovável, sendo necessário utilizá-lo de forma sustentável para que o recurso não se esgote (BECELATO, 2007).

Na análise foram adquiridas imagens dos satélites LANDSAT-TM 7 e LANDSAT-TM 8 em um intervalo de tempo de 8 anos, obtendo imagens dos anos de 2009, 2013 e 2017, tornando possível a abordagem do artigo, cujo objetivo é comparar a expansão urbana à ocupação do solo e se houveram problemas ambientais.

2.3. Processamento de dados

Os dados foram obtidos a partir do uso de imagens dos satélites LANDSAT 7 e 8, sendo processadas utilizando plataformas SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para obtenção de dados de Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) para obtenção de informações de solo, visando a análise da expansão territorial nos anos de referência. Foi feito índice de vegetação ajustada ao solo (SAVI), de acordo com as etapas, para quantificar o avanço urbano de Santarém, como mostra o fluxograma da Figura 3.

Figura 3: Fluxograma das etapas necessárias para o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI).



Fonte: Autores (2018).

2.4. Fórmula

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) é um índice definido pela Equação (1) a seguir, que leva em consideração efeitos do solo exposto nas imagens analisadas, para ajuste do NDVI quando a superfície não está completamente coberta pela vegetação.

$$SAVI = (1 + L_s) (P_4 - P_3) / (L_s + P_4 + P_3) \quad (1)$$

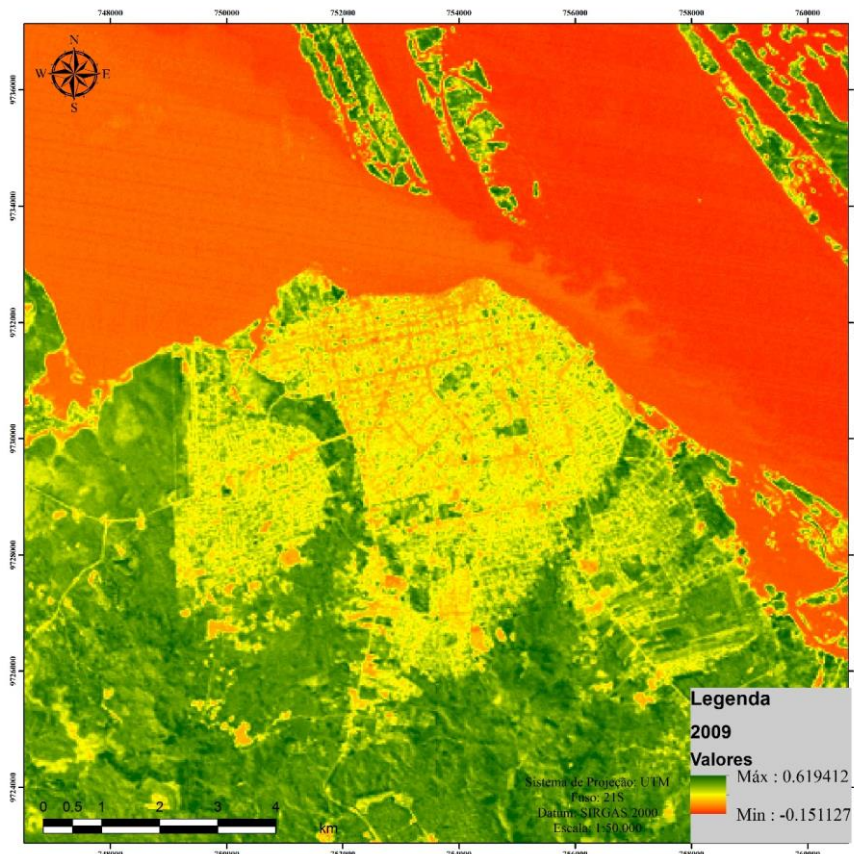
Onde P₄: banda 4 é o fluxo radiante na região vermelho do visível, sendo representado pelas bandas 5 e 4 no Landsat ETM 8 respectivamente. L é o fator de ajuste de correção do efeito de brilho do solo, onde este varia de acordo com a densidade da cobertura vegetal. L_s é uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1

dependendo da cobertura do solo. Conforme Huete (1988) um valor para Ls de 0,25 é indicado para vegetação densa e de 0,5 para vegetação com densidade intermediária, quando o valor de Ls for 1 para vegetação com baixa densidade. Se o valor do SAVI for igual a 0, seus valores tornam-se igual aos valores do NDVI. Portanto o valor de Ls mais utilizado é 0,5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

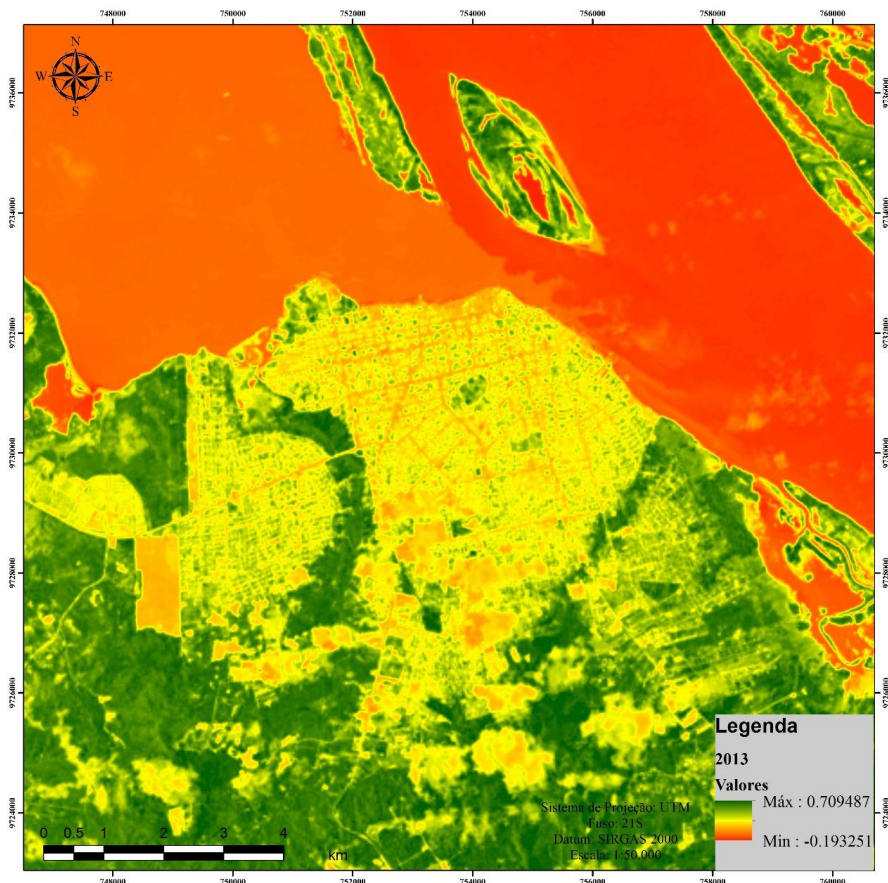
Através da análise do SAVI obtido a partir da ferramenta de SIG ArcGis, foi possível verificar a mancha urbana, por meio dos dados quantitativos de solo exposto. O estudo mostrou que os dados de 2009, 2013 e 2017 comprovam a perda de cobertura do solo por conta do processo de urbanização no município de Santarém, conforme as Figuras 4, 5 e 6.

Figura 4: Análise da expansão urbana a partir do solo exposto no ano de 2009 utilizando SAVI.



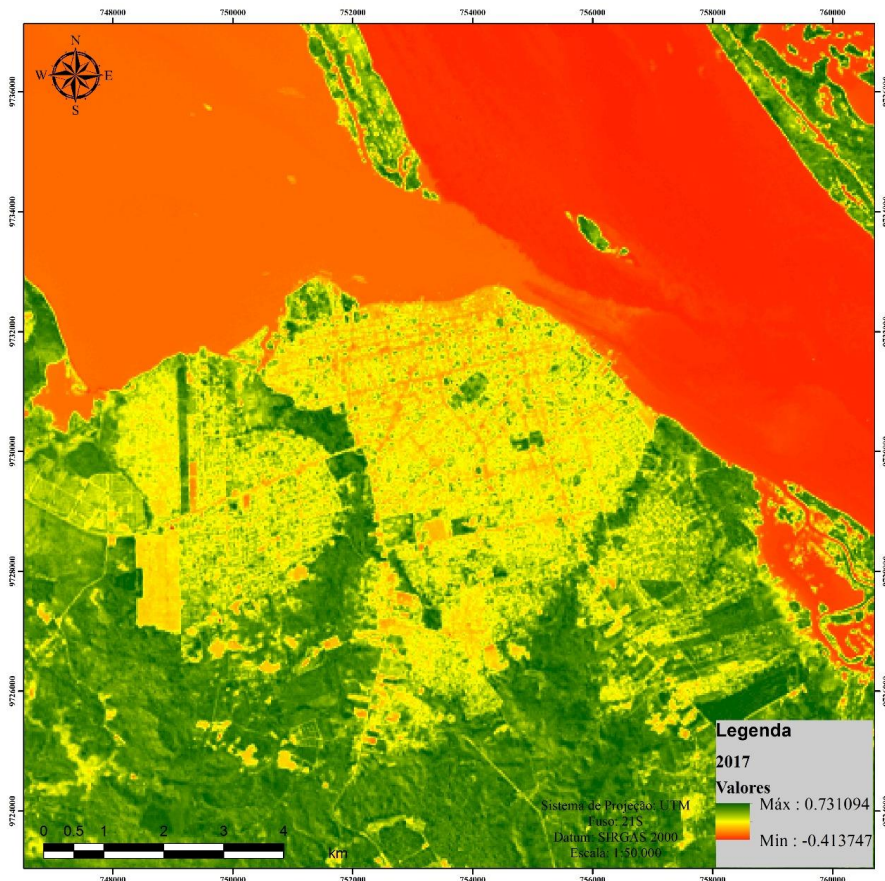
Fonte: Autores (2018).

Figura 5: Análise da expansão urbana a partir do solo exposto no ano de 2013 utilizando SAVI.



Fonte: Autores (2018).

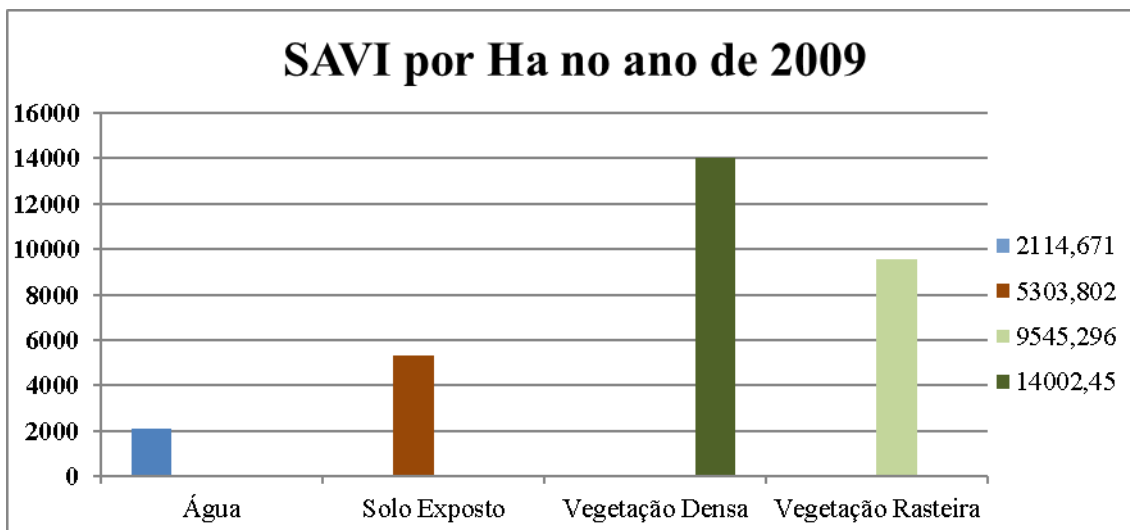
Figura 6: Análise da expansão urbana a partir do solo exposto no ano de 2013 utilizando SAVI.



Fonte: Autores (2018).

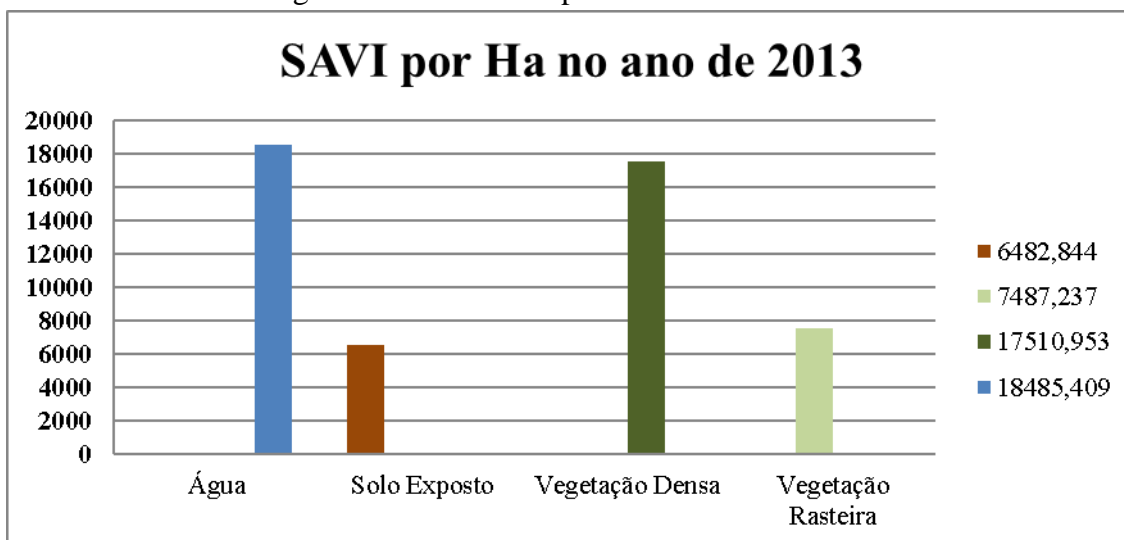
O índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) procura minimizar os efeitos da refletância do solo ao considerar a incorporação de um fator de ajuste dependente da densidade de vegetação (GILBERT Et. Al. 2002; EASTMAN, 2006). Tendo isso em vista, o índice, considerando o solo exposto nas imagens analisadas, mostrou a área em hectare de exposição do solo foi crescente, além disso, foi possível quantificar a água, vegetação densa e vegetação rasteira, que sofrem com os impactos do avanço urbano de acordo com as gráficos de cada ano decorrente na análise temporal, como mostram, respectivamente, as figuras 7, 8 e 9, os índices SAVI dos anos de 2009, 2013 e 2017.

Figura 7: Índice SAVI por hectare no ano de 2009.



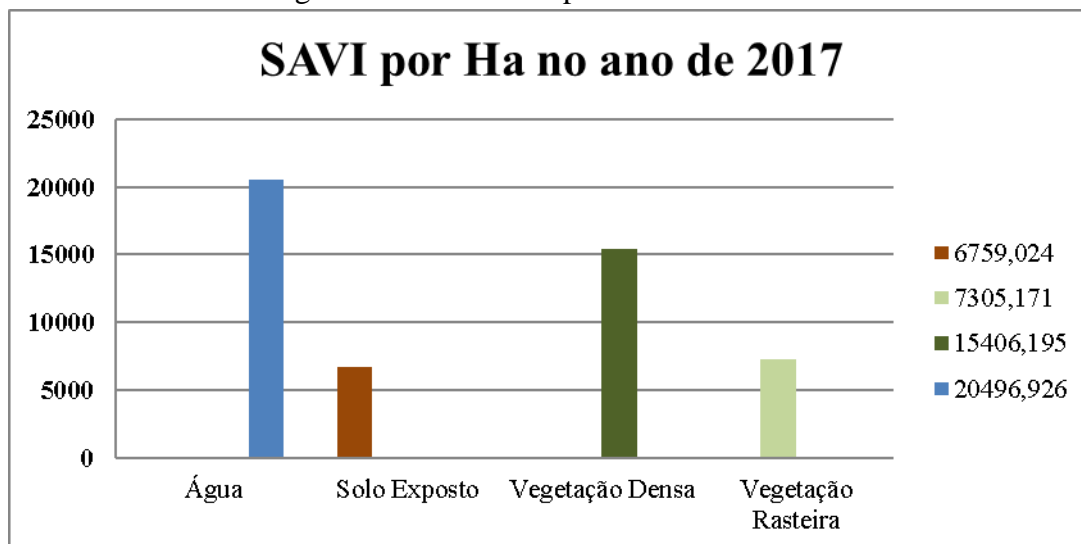
Fonte: Autores (2018).

Figura 8: Índice SAVI por hectare no ano de 2013.



Fonte: Autores (2018).

Figura 9: Índice SAVI por hectare no ano de 2017.



Fonte: Autores (2018).

Os fatores de vulnerabilidade e o grau de vulnerabilidade do solo através do método de análise por imagens tratadas em software SIG ArcGIS, de acordo com a Tabela 1, baseia-se em Crepani et al. (2001), que apresenta um intervalo de valores para mostrar a classificação na paisagem de acordo com a perda natural do solo por degradação natural e antrópica.

Tabela 1: Classe de vulnerabilidade e/ou estabilidade à degradação de acordo com Crepani.

Escala de Vulnerabilidade	Grau de Vulnerabilidade
1,0 a 1,3	Estável
1,4 a 1,7	Moderadamente Estável
1,8 a 2,2	Medianamente estável/Vulnerável
2,3 a 2,6	Moderadamente Vulnerável
2,7 a 3,0	Vulnerável

Fonte: Modificada de Crepani et al., (2001).

Os valores obtidos através da análise do SAVI das imagens tratadas em software SIG ArcGIS, permitiu obter os valores representados abaixo dos anos de 2009, 2013 e 2017, respectivamente, nas tabelas 2, 3 e 4. E os índices encontrados podem ser relacionados à classe de vulnerabilidade da tabela 1, de Crepani, fundamentada na análise morfodinâmica da paisagem natural feita à partir dos princípios da ecodinâmica (TRICART, 1977), estabelecendo categorias diferentes resultantes de morfogênese e pedogênese.

Tabela 2: Valores obtidos por SAVI no ano de 2009.

Classes	Valores obtidos por SAVI 2009
Água	-0,151127-0,096654
Solo Exposto	0,96654-0,268892
Vegetação Rasteira	0,268892-0,383718
Vegetação Densa	0,383718-0,619412

Fonte: Autores (2018).

Tabela 3: Valores obtidos por SAVI no ano de 2013

Classes	Valores obtidos por SAVI 2013
Água	-0,207536-0,155788
Solo Exposto	0,155788-0,386547
Vegetação Rasteira	0,386547-0,494562
Vegetação Densa	0,494562-0,838247

Fonte: Autores (2018).

Tabela 4: Valores obtidos por SAVI no ano de 2017.

Classes	Valores obtidos por SAVI 2017
Água	-0,391299-0,1107
Solo Exposto	-0,1107-0,169898
Vegetação Rasteira	0,169898-0,450496
Vegetação Densa	0,450496-0,731094

Fonte: Autores (2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do SIG com o Sensoriamento Remoto foi eficaz para análise da expansão urbana, mostrando que a expansão urbana aumentou 22,23% de 2009 para 2013, e comparando 2017 em relação a 2009 aumentou 27,43%. Os valores obtidos dos índices apresentados (SAVI) estão focados na perda de vegetação, quanto mais próximos e -1,5 maiores são as exposições do solo e quanto mais próximo de 1,5 menores. A observação temporal deixou evidente a rápida expansão multidirecional na região diretamente ligado ao crescimento urbano, mostrando através dos baixos índices a perda de vegetação, e o aumento da degradação do solo devido o rápido aumento populacional, que é proporcional ao aumento do território, o que leva a diversas consequências se tal aumento não for acompanhado de planos de estruturação.

As doenças geradas pela urbanização comprometem a integridade física e psicológica dos habitantes, como por exemplo, o estresse gerado por engarrafamentos, a poluição visual,

poluição sonora e até mesmo doenças respiratórias associadas aos gases tóxicos emitidos por indústrias de vários setores e por meio de transportes, sabendo que os transportes públicos, caminhões e muitos automóveis não passam por revisões periódicas, tornando-se os principais causadores da poluição atmosférica nos centros urbanos. Além do mais, a ausência de rede coletora e estações de tratamento de esgoto contaminam a água dos rios, mares, lagoas e até poços, gerando doenças de veiculação hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, EDNA F. Trabalho feminino e participação política como instrumentos para a manutenção e renovação da qualidade de vida. In: FURTADO, LOURDES GONÇALVES FURTADO. (orgs). **Amazônia: desenvolvimento, sociodiversidade e qualidade de vida**. Belém: UFPA. Núcleo de Meio Ambiente – NUMA, 1997. 165 p.

RECEIATO Valter FERREIRA Francisco CARRAI, José B. P. FIGUEIREDO, Olívia A. R. NETO, Sílvia I. R. **Monitoramento do uso e ocupação do solo em Área de influência do município de Fazenda Rio Grande** – Região Metropolitana de Curitiba – PR. R. RA'É GA, Curitiba, nº14, p. 217-227, Editora UFPR. 2007.

RECKER, BERTHA K. MIRANDA, MARIANA. MACHADO, Lia O. **Fronteira amazônica: questões sobre a gestão do território**. Brasília: 1990.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Superintendência Regional de Belém. **Situação do espaço municipal de Santarém**. Belém: 1997. (CD-ROM).

EDSON, CREPANI. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: 2001. Disponível em: < <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>> Acesso em: 23 Jun. 2018.

GENTIL, MARÍLIA. **Expansão urbana e periferização de Santarém-na. Brasil: questões para o planejamento urbano**: Disponível em :<<http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/268.htm>>.

GILBERT, M.A; GONZÁLEZ-PIQUERAS; J; GARCÍA-HARO, F.J; MELIA, J. **A generalizedsoil-adjustedvegetation index. Remote SensingofEnvironment**. v. 82. p. 303–310. 2002

OLIVEIRA, IANETE, MARÍLIA GENTIL, COIMBRA DE. **Expansão urbana e periferização de Santarém-PA. Brasil: questões para o planejamento urbano**. Diez años de cambios en el Mundo en la Geografía y en las Ciencias Sociales 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica. Universidad de Barcelona, 26-30 de mayo de 2008. Disponível em :<<http://www.ub.es/geocrit/-xcol/268.htm>>.

PAULA, I.M; LÚCIO, REINALDO. **Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais**. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81753/1/Aplicacao-indices.pdf>>

SOUZA, DEMÉTRIUS COELHO. **O meio ambiente das cidades**. São Paulo: ATLAS, 2010.