UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO-DMAD
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS-CCAMB

GUILHERME HENRIQUE MARQUES DE OLIVEIRA

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A EXPANSÃO DO PERÍMETRO URBANO DO MUNICIPIO DE SANTANA-AP

MACAPÁ
2018

GUILHERME HENRIQUE MARQUES DE OLIVEIRA

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A EXPANSÃO DO PERÍMETRO URBANO DO MUNICIPIO DE SANTANA-AP

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Amapá, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Ambientais, sob a orientação do professor: Msc. Fabiano Luís Belém.

MACAPÁ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

631.4
O482s Oliveira, Guilherme Henrique Marques de.

Sensoriamento remoto aplicado à expansão do perímetro urbano do município de Santana-AP / Guilherme Henrique Marques de Oliveira; orientador, Fabiano Luís Belém. -- Macapá, 2018.

39 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais.

1. Sensoriamento remoto. 2. Crescimento urbano. 3. Mapeamento. 4. Uso e ocupação. 5. Análise temporal I. Belém, Fabiano Luís, orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

GUILHERME HENRIQUE MARQUES DE OLIVEIRA

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A EXPANSÃO DO PERÍMETRO URBANO DO MUNICIPIO DE SANTANA-AP

BANCA AVALIADORA

_____

Orientador: Prof. Msc. Fabiano Luís Belém
Universidade Federal do Amapá

_____

Prof. Msc. Eduardo Queiroz de Lima
Universidade Federal do Amapá

_____

Prof. Msc. Herondino dos Santos Filho
Universidade Federal do Amapá

Avaliado em:___/___/___

MACAPÁ
2018

RESUMO

Santana é a segunda maior cidade do estado do Amapá e, diante do estudo de sua área urbana este trabalho teve por objetivo realizar a identificação das alterações ocorridas na paisagem devido ao seu crescimento urbano em uma análise temporal, identificando quais segmentos do uso do solo sofreram maior pressão diante da expansão urbana partir da aplicação do sensoriamento remoto produzindo mapas de uso e ocupação. A metodologia do trabalho foi baseada no uso de ferramentas de geotecnologias, a partir da classificação de imagens gratuitas de sensores orbitais com média resolução espacial (Landsat 5 TM e Sentinel 2A), para a identificação da mancha urbana de Santana e as principais categorias identificadas para serem analisadas, como área de mancha urbana, vegetação, solo exposto e corpos d'água. A partir da categorização e mapeamento, estas áreas foram quantificadas e analisadas em ambiente Qgis 2.18, pertencente a um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Com base nos mapas de uso e ocupação de Santana identificou-se que o crescimento da mancha urbana ocorreu de forma desordenada, baseado na forma como se apresentou, sendo de maneira aleatória e dispersa e sem aparente planejamento, com supressão de vegetação e formação de áreas de solo exposto.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, Expansão urbana, Mapeamento, Uso e ocupação, Análise temporal.

ABSTRACT

Santana is the second largest city in the state of Amapá and, in view of the study of its urban area, this work had the objective of identifying the use and occupation of Santana urban spot to evaluate its urban expansion in the periods of 2006 and 2016 of remote sensing techniques. The methodology of the work was based on the use of geotechnology tools, from the classification of free images of orbital sensors with medium spatial resolution (Landsat 5 TM and Sentinel 2A), to identify the Santana urban spot and the main categories identified for be analyzed, such as areas of urban spots, vegetation, exposed soil and water bodies. From the categorization and mapping, these areas were quantified and analyzed in Qgis 2.18 environment, belonging to a Geographic Information System (GIS). Based on the maps of use and occupation of Santana, it was identified that the urban spot growth occurred in a disordered way, based on the way it was presented, being random and dispersed and with no apparent planning, with suppression of vegetation and formation of areas of exposed soil.

Keywords: Remote sensing, Urban expansion, Mapping, Use and occupation, Temporal analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cidade de Santana. 18
Figura 2. Imagem Landsat 5 TM ano 2006. 23
Figura 3. Imagem Sentinel 2A ano 2016. 23
Figura 4. Fluxograma de mapeamento e análise. 24
Figura 5. Gráfico de setores das classes mapeadas de Santana em 2006. 25
Figura 6. Mapa de uso e ocupação de Santana 2006. 26
Figura 7. Gráfico de setores das classes mapeadas de Santana em 2016. 28
Figura 8. Mapa de uso e ocupação de Santana 2016. 29
Figura 9. Gráfico comparativo das classes 2006 – 2016. 31
Figura 10. Mapa de mancha urbana 2006. 32
Figura 11. Mapa de mancha urbana 2016 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Especificações do satélite Landsat-5 em função das características espectrais do instrumento imageador TM. 19

Tabela 2- Especificações do satélite Sentinel 2A em função das características espectrais do instrumento imageador MSI. 19

Tabela 3 – Classes utilizadas na classificação de feições das imagens Sentinel e Landsat. 21

Tabela 4- Classes de uso e ocupação para o ano de 2006 na cidade de Santana. . 25

Tabela 5 - Classes de uso e ocupação para o ano de 2016 na cidade de Santana. 27

Tabela 6 – Variação das classes 2006 – 2016. 30

LISTA DE SIGLAS

ICOMI - Indústria, Comércio de Minérios S. A.

ALCMS - Área de Livre Comercio de Macapá e Santana.

SIG – Sistema de Informação Geográfica

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

TM – *Thematic Mapper*

LANDSAT - *Land Remote Sensing Satellite*

Tif - *Tagged Image File*

USGS - *United States Geological Survey*

MSI – *Multispectral Instrument*

UTM/WGS 84 - *Universal Transverse Mercator/ World Geodetic System 1984*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Shp – Arquivo *Shape*

OSGeo - *Open Source Geospatial Foundation*

GPS - *Global Positioning System*

RMS - *Root Mean Square Error*

RGB – *Red Green Blue*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 11
2.1 EXPANSÃO URBANA 11
2.1.1 Expansão urbana de Santana 12
2.2 SENSORIAMENTO REMOTO 14
2.2.1 Sensoriamento remoto em áreas urbanas 15
3 METODOLOGIA 17
3.1 ÁREA DE ESTUDO 17
3.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS 18
3.2.1 Imagens de sensoriamento remoto 18
3.2.2 Dados secundários 20
3.3 TRATAMENTO DOS DADOS 20
3.3.1 Georreferenciamento das imagens 20
3.3.2 Definição das classes temáticas mapeadas 21
3.3.3 Vetorização 22
3.4 MAPEAMENTOS E ANÁLISES 22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 24
4.1 USO E OCUPAÇÃO NA CIDADE DE SANTANA EM 2006 25
4.2 USO E OCUPAÇÃO NA CIDADE DE SANTANA EM 2016. 27
4.3 ANÁLISE TEMPORAL (2006-2016) DO USO E OCUPAÇÃO NA CIDADE DE SANTANA 29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 34
6 REFERÊNCIAS 35
APÊNDICE 39

1 INTRODUÇÃO

O ordenamento urbano de uma cidade é dependente de suas características urbanas, imprescindíveis para a solução de diversos problemas que hoje ocorrem nas cidades em seus processos de expansão, como ocupação de áreas inadequadas a moradia humana, ocasionando destruição de ecossistemas naturais, inundações e até mesmo prejuízo a saúde pública entre outros. O processo de planejamento urbano propicia um conjunto de ações ordenadas, que necessita de uma série de informações para o conhecimento da realidade de cada cidade e das carências a serem sanadas.

A expansão urbana é um processo ligado aos sistemas da cidade que explicam e resultam no seu crescimento, podendo ser analisado dentre outras formas, de acordo com a taxa de crescimento demográfico e pelo processo de expansão territorial. Este segundo processo de análise, pode ser dividido em dois grandes tipos com base na ocupação do solo, sendo pelo crescimento territorial urbano intensivo e extensivo, ambos apresentando semelhanças e peculiaridades. O crescimento territorial urbano intensivo apresenta como característica central a expressividade do uso e ocupação do solo, já o crescimento territorial urbano extensivo, a amplitude do tecido urbano (JAPIASSÚ; LINS, 2014).

O município de Santana assim como outros com características semelhantes e do próprio estado como Ferreira Gomes e Laranjal do Jarí, apresenta em seu contexto urbano vários usos do solo, dentre eles, ecossistemas naturais, como florestas densa e áreas de várzea, as quais exercem importantes funções no equilíbrio do meio ambiente estando diretamente ligados à qualidade de vida humana, mas que passam a sofrer grande pressão diante do aumento da mancha urbana. A ausência de planejamento, políticas públicas habitacionais bem como educacionais que viabilizassem uma melhor percepção e sensibilização ambiental e, diante de um contexto geográfico e cultural peculiar dos municípios da região norte passam a interferir diretamente no meio ambiente, principalmente quando ocorrem as ocupações de áreas inapropriadas para construção de moradias e para uma boa qualidade de vida, como as que ocorrem em áreas ocupadas sem amparo legal (SOUZA, 2003).

Essa crescente expansão desordenada, caracterizada pela ocupação de áreas impróprias e descaracterização de ambientes naturais essenciais ao equilíbrio do

meio ambiente, tem aumentado ao longo dos anos, mesmo em áreas protegidas por lei. Santos Filho (2011) menciona que estas áreas, por possuírem fácil acesso e, desta forma, parecerem “disponíveis”, são cada vez mais ocupadas representando grande parte do processo de expansão urbana do município, como acontece nos bairros Fonte Nova, Paraíso e Igarapé da Fortaleza. Logo, o município de Santana, como qualquer outro, deveria ter um planejamento urbano eficaz, fazendo com que o crescimento urbano acontecesse de maneira ordenada. Porém, o crescimento da mancha urbana está associado a alterações, ocupações indevidas e pressão a diversos ambientes, de tal modo que a expansão urbana do município de Santana tem acontecido de forma desordenada, caracterizada pela ocupação de áreas inapropriadas para a edificação e ocupação humana.

Conhecendo a realidade do município de Santana e baseado em Souza (2003), é possível dizer que tal município não oferece uma infraestrutura física, educacional, legal e institucional suficiente à sua população, não dispondo de serviços básicos e necessários à qualidade de vida como abastecimento de água tratada, coleta de esgoto, drenagem urbana e destinação dos resíduos sólidos, bem como planos habitacionais eficazes, assim ocorre um crescimento populacional urbano que pressiona fortemente ecossistemas naturais.

A partir disto, torna-se essencial o uso da geotecnologia como instrumento para se fazer uma análise preliminar do uso e ocupação do solo e como forma de identificação das alterações geográficas provenientes da expansão urbana, levando-se em consideração a pressão do aumento da mancha urbana exercida nos diferentes tipos de ambientes e também para estudos posteriores para o ordenamento territorial (YANG, 2011). Deste modo, o trabalho justifica-se pela importância do uso do sensoriamento remoto para se avaliar o crescimento da mancha urbana do município de Santana, identificando e caracterizando as mudanças ocorridas. Assim realizando uma análise preliminar da dinâmica espacial das áreas de uso e ocupação para gerar informações para estudos de caracterização geográfica, como medida para o planejamento urbano e identificação da pressão da mancha urbana incidentes sobre os ambientes naturais e construídos presentes em Santana.

O sensoriamento remoto aplicado a projetos urbanos tem como um de seus principais objetivos a produção de mapas de uso e ocupação do solo urbano. Este tipo de mapa está constantemente relacionado aos projetos dos gestores,

planejadores e outros que precisam estudar a estrutura urbana de cidades. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto digital e sistemas de informações geográficas são importantes, pois possibilitam o diagnóstico da evolução de áreas construídas a partir da interpretação de imagens orbitais e vem se destacando devido ao seu grande potencial nas aplicações em estudos urbanos (MCCOY, 2005). Logo este trabalho tem por objetivo realizar a identificação das alterações ocorridas na paisagem devido a seu crescimento urbano em uma análise temporal, identificando quais segmentos do uso do solo sofreram maior pressão diante da expansão urbana partir da aplicação do sensoriamento remoto produzindo mapas de uso e ocupação do solo comparando os anos de 2006 e 2016

Uma alternativa eficaz para se obter maiores chances de êxito diante dos desafios do planejamento urbano, são as ferramentas surgidas dos avanços tecnológicos na área da análise espacial, principalmente as do escopo do sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Estas tecnologias propiciam, de forma técnica, sistemática e em diferentes escalas geográficas, identificar, monitorar e analisar mudanças a respeito de uma determinada área, auxiliando no desenvolvimento de estratégias para gerenciá-la (SOUZA, 2012).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EXPANSÃO URBANA

Inerente ao surgimento de uma cidade está a expansão urbana que passa a ocorrer de forma constante, mas podendo ser de forma menos ou mais intensa. Entre outras formas, a expansão urbana pode ser analisada atrelada ao crescimento populacional ou pelo avanço físico do território da cidade. Estas formas estão intimamente ligadas, uma vez que quando uma cidade expande territorialmente, consequentemente ocorre uma mudança na disposição da população na área urbana (BRITO; SOUZA, 2005).

O crescimento territorial urbano ocorrerá de maneira intensiva ou extensiva, considerando o centro e a periferia. A maneira de expansão urbana intensiva se dá através da região central urbana, caracterizada pela verticalização de edificações, dispersão ou ampliação de residências em loteamentos residenciais. Por sua vez, a forma periférica de crescimento urbano intensivo se apresenta às margens da região central urbana. O tipo de crescimento extensivo está relacionado ao crescimento

horizontal, que alcança cada vez mais territórios e sem limites nítidos, sendo que esse processo pode ocorrer de modo fragmentado em aspectos espaciais e sociais, também de maneira uniforme se integrando à mancha urbana central (JAPIASSÚ; LINS, 2014).

De acordo com Souza (2003), na região norte brasileira em especial, a maior parte da população que não vive em área urbana dispõe de recursos que podem ser obtidos através da própria natureza como caças, frutas, peixes, entre outros que servem de alimentos e são base do sustento das famílias de regiões ribeirinhas e dos interiores, reduzindo a necessidade do capital financeiro para sobreviver. Sendo que a população que reside em regiões caracterizadas como componentes da mancha urbana é dependente quase que unicamente da renda de capital financeiro para sua sobrevivência.

As maiores parcelas de populações pobres, carentes de alimentação e moradia, estão presentes em áreas urbanas, principalmente na periferia, as quais em muitos casos são formadas em áreas que têm seu uso e ocupação alterado para moradia, como áreas de várzea, de vegetação nativa entre outros ambientes naturais dentro do perímetro urbano, e que estão no alvo dos diversos problemas existentes, como causadores e vítimas da degradação ambiental, uma vez que as precárias condições de serviços de saneamento, unidas às precariedades das habitações, à superpopulação, intensificam essa degradação do meio ambiente pelo conjunto desses fatores. Ainda segundo o autor citado, essa desigualdade entre segmentos sociais e regiões tem forte influência na geração de problemas sociais e ambientais, como o deslocamento das populações interioranas para os centros urbanos, em busca de renda e maior amparo por serviços sociais (SOUZA, 2003).

2.1.1 Expansão urbana de Santana

A cidade de Santana teve o seu crescimento ligado ao período em que houve intensa extração de manganês pela empresa ICOMI em Serra do Navio na década de 1950. A preparação e embarque do manganês em navios, no porto de Santana, eram atividades exercidas pela empresa na cidade (SOUZA, 2003). Logo, o crescimento populacional foi inevitável, resultante da vinda de pessoas da própria região e de outras regiões do país. Porém, a constante diminuição da importância da empresa sobre o impacto positivo relacionado a renda financeira que a mesma proporcionava

à cidade de Santana e ao estado acarretou em diversos problemas de cunho ambiental, social e econômico.

Outro acontecimento expressivo para a expansão urbana de Santana foi a criação da Área de Livre Comercio de Macapá e Santana. A ALCMS de Macapá e Santana foi regulamentada pela Lei Federal nº 8.387/91 e Decreto nº 517/92 aquecendo a indústria, comercio, serviços e turismo, que viabilizou um processo econômico mais dinâmico para o estado do Amapá. Entretanto, apesar dos aspectos positivos, principalmente no campo econômico, este processo também resultou em impactos negativos para o estado assim como para a cidade de Santana. Dessa forma, o crescimento demográfico diante da ausência de um planejamento urbano acarretou no crescimento desordenado urbano (SANTOS FILHO, 2011).

A indisponibilidade de áreas para moradia, principalmente nas proximidades dos centros urbanos, leva parte da população em busca de espaço para construção de sua moradia a ocupar áreas úmidas para residir, implicando na qualidade da habitação e na qualidade de vida das pessoas. O expressivo crescimento demográfico de Santana nas últimas décadas, que de acordo com o censo do IBGE mostra um crescimento populacional de 51.451 habitantes em 1991 para 101.262 habitantes no ano de 2010 e população estimada de 115.471 habitantes em 2017, dificultou o planejamento, ocasionando um déficit de empregos e infraestrutura (água, luz, saneamento básico e transporte). Para Santos Filho (2011), a inexistência de discussão social e a falta de fiscalização de órgão responsáveis agravam o problema da degradação ambiental. Corroborando que o problema governamental de atendimento às necessidades dos serviços públicos, o aumento da densidade demográfica urbana conduzindo a população de baixa renda a ocupar, como alternativa mais acessível de moradia, as áreas de ecossistemas naturais como áreas úmidas e de cobertura florestal de terra firme, as quais por exemplo, estão presentes na maioria dos bairros (Central, Paraíso, Fonte Nova, Parque das Laranjeiras, Jardim de Deus, Piçarreira, Delta do Matapi, Elesbão, Hospitalidade, Comercial, Área Portuária, Nova Brasília, Remédios I e II, Nova União, Novo Horizonte, Vila Daniel, Vila Amazonas, Igarapé da Fortaleza) de Santana.

Com base em Flexa (2006), o processo de ocupação desordenada como de áreas úmidas ocasiona inúmeros problemas ao meio ambiente local, uma vez que a população passa a ocupar áreas alagadas e insalubres, também contribuindo para o

agravamento da vulnerabilidade dos moradores dessas áreas a contrair doenças transmissíveis por veiculação hídrica, por exemplo, a cólera, dengue, gastroenterite, hepatite A e esquistossomose. Assim, a ocupação de áreas úmidas e alagadas com o objetivo de moradia tem causado uma pressão cada vez maior nesse espaço de grande fragilidade natural. De acordo com Silva et. al. (2005), a ocupação dessas áreas pela população pode causar uma perda na qualidade dos recursos hídricos, desmatamento de matas ciliares e, consequentemente, perda de biodiversidade.

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO

A definição mais conhecida ou clássica de sensoriamento remoto é que "sensoriamento remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto" (MENESES et al., 2012). Segundo Novo (2008) sensoriamento remoto é a ciência na qual se trabalha a arte de se adquirir dados referentes a um objeto, alvo, área ou fenômeno, por meio da avaliação de informações adquiridas por dispositivos cognominados sensores, que estão mediatamente em contato com os alvos em estudo. Meneses et al. (2012) também menciona que uma definição mais científica seria que "sensoriamento remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres".

Os sistemas sensores são equipamentos a bordo dos satélites que captam e registram a radiação eletromagnética e geram informações que possam ser transformadas em objeto sujeito a análises (MOREIRA, 2005). A obtenção concomitante de imagens em várias bandas espectrais é a característica mais importante dos sensores imageadores. A resolução espectral está relacionada a pelo menos três variáveis, sendo elas – o número de bandas que o sensor possui – a largura em comprimento de onda das bandas – as posições que as bandas estão situadas no espectro eletromagnético. Dessa forma um sensor tem melhor resolução espectral se ele dispuser de um maior número de bandas situadas em diferentes regiões espectrais e com larguras estreitas de comprimentos de onda. Essas características são primordiais por conta das diferenças relacionadas a refletância dos

materiais da superfície da terra, que permitem distinguir um material do outro, em determinados comprimentos de onda (MENESES et al., 2012).

Atualmente, a resolução espectral das imagens obtidas pelos sensores imageadores já ultrapassa centenas de bandas, possibilitando suas aplicações em cartografia de precisão, defesa, vigilância e estudos urbanos como por exemplo a estruturação adequada de um ordenamento urbano. Segundo Meneses et al. (2012) o acelerado avanço com que o sensoriamento remoto se desenvolveu em poucas décadas deve-se à revolução nos meios de se observar à Terra numa escala global e periódica, e na rapidez da monitoração dos fenômenos dinâmicos e das mudanças das feições terrestres. É uma tecnologia empregada em escala mundial e que, talvez, reúna a maior diversidade de pesquisadores e usuários, em torno de uma tecnologia de aplicação.

2.2.1 Sensoriamento remoto em áreas urbanas

A radiação eletromagnética age distinguindo os diferentes elementos na superfície da terra, caracterizando-os de acordo com sua resposta espectral. Assim, através das imagens orbitais que contém as características dos diversos alvos encontrados na superfície terrestre se torna possível sua análise e estudo (SANTOS FILHO, 2011). Dessa forma o sensoriamento remoto surge como uma técnica alternativa e bastante eficiente para avaliar o processo de crescimento do espaço urbano, pela possibilidade de se obter imagens de âmbito regional e informações em tempo real, o que permite a definição dos limites e o monitoramento urbano e possíveis problemas ambientais decorrentes do processo de expansão da mancha urbana (COSTA, 2001). De acordo com Florenzano (2002) o tipo de sitio urbano influencia nas características e na expansão de uma cidade, por meio de imagens de satélites é possível distinguir cidades planejadas como Brasília por exemplo, onde o arruamento e as formas são bem definidas, de uma cidade que nasceu e se desenvolveu espontaneamente.

Dissemelhante de outros tipos de feições ou alvos, nas regiões urbanas não se pode realizar uma caracterização de respostas espectrais de forma padronizada. Em ambientes naturais por exemplo, a vegetação, os corpos aquáticos e os solos, são superfícies relativamente homogêneas em termos de cobertura, ao mesmo tempo que em áreas urbanas há a predominância da heterogeneidade de coberturas. As áreas

urbanas são compostas por uma elevada variedade de compostos como asfalto, bases de concreto, telhados de materiais diversos, além também de solo, vegetação, água, e outras coisas mais, com formatos e medidas igualmente variados. Desse modo, quanto mais homogênea é a superfície, maior é a pureza do pixel na representação do objeto em sua resposta espectral (SOUZA, 2012).

Outro fator muito importante a ser mencionado é a mistura linear espectral, que segundo Shimabukuro e Smith (1991) a mistura linear espectral em sua análise leva em consideração a resposta de cada elemento de resolução da imagem (pixel) em qualquer banda espectral como a combinação linear das respostas dos alvos que formam a unidade de resolução no solo. Para Adams e Gillespie (2006) baseia em uma análise em que a mistura espectral pré-determina um modelo de análise, estipulando como e quais materiais na superfície terrestre serão levados em consideração, sendo assim expressos nas imagens espectrais, assim simplificando um modo de análise, uma vez que se torna muito difícil realizar a identificação de todos os atributos de dos alvos. Logo para se caracterizar uma área urbana, assim como qualquer área, a partir da assinatura espectral dos objetos é importante levar em consideração a reflectância dos objetos adjacentes ao alvo, que podem interferir na medida da reflectância do alvo. Para isso torna-se imprescindível conhecer o comportamento espectral de alguns componentes puros da superfície terrestre como vegetação, várzea (área alagada ou úmida) solo exposto e cidade.

A área de cidade que contem construções normalmente tem maior valor na faixa do vermelho, dessa forma esses valores podem estar relacionados à estrutura encontrada dentro desta área urbanizada e dependendo do tamanho do pixel, o mesmo pode conter vários elementos, como vegetação, concreto, asfalto, etc. desta forma, com base em McCoy (2005) a elevada variação de mudanças espaciais ocorridas em áreas urbanas e a grande combinação de matérias presentes nas categorias do mapa, produz diversas respostas espectrais, deixando muitas das categorias urbanas separáveis em imagens. Entretanto as respostas espectrais dos alvos urbanos podem ser comparadas as respostas espectrais semelhantes à de vegetação, solo, rocha ou água, como menciona Santos Filho (2011) que entre as estruturas que com maior influência na reflexão e análise da radiação eletromagnética estão o solo, vegetação e água, apresentando comportamentos espectrais diferentes diante das mesmas condições ambientais.

A área de vegetação mais densa apresenta grande refletância na faixa do verde na região do visível, segundo Florenzano (2002) isso se deve porque a vegetação quando verde e sadia reflete mais energia na faixa correspondente ao verde, porém a vegetação reflete mais energia e se destaca melhor dos demais objetos na faixa do infravermelho próximo. Para Pereira et al. (1996) levando-se em conta que a vegetação apresenta baixa refletância na região do visível quando comparada a região do infravermelho próximo, e tendo um baixo índice de refletância na faixa verde do visível, este índice pode estar relacionado à composição da vegetação da suposta área de várzea e sua distribuição sobre a área inundada sofrendo intervenção de refletância por conta da água.

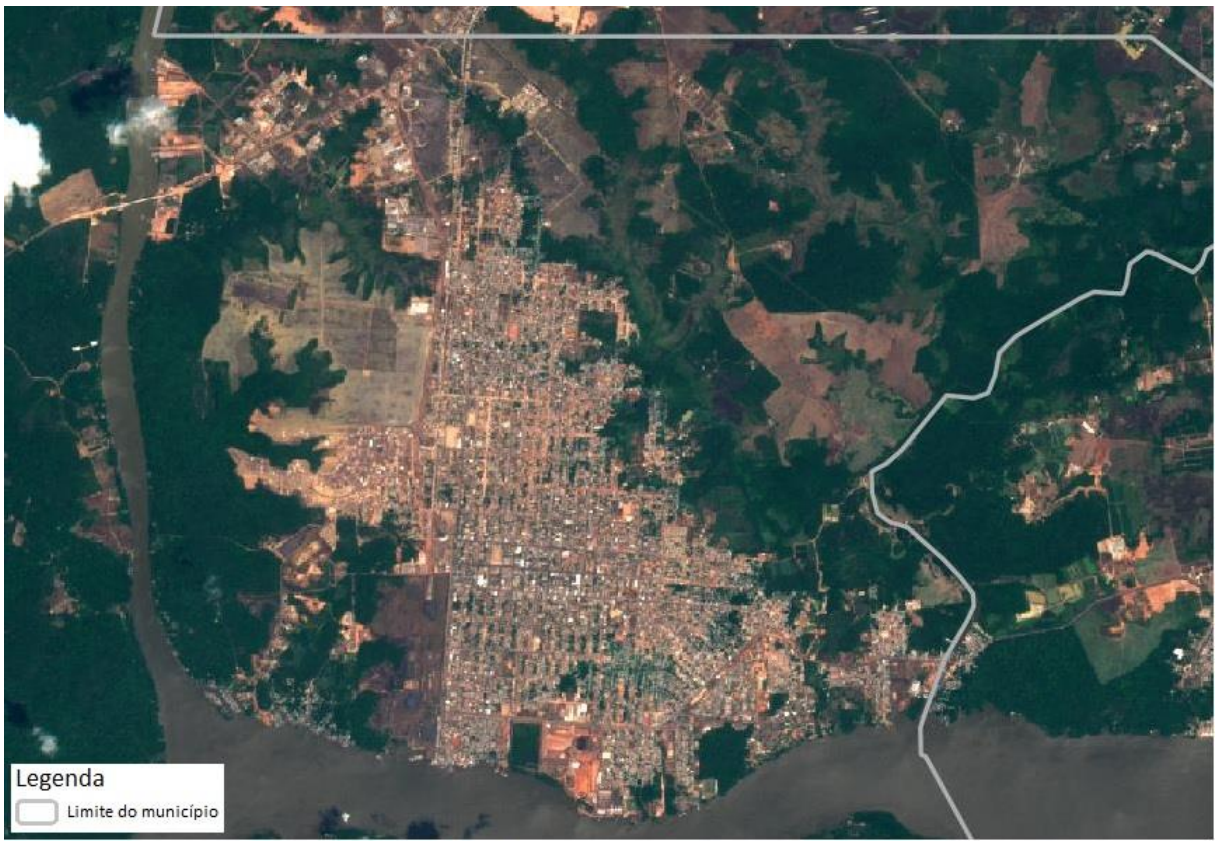
A área de solo exposto que normalmente apresenta maior índice de refletância na faixa do vermelho na região do visível, de acordo com Pereira et al. (1996), a composição desse solo que pode ser derivado de um solo argiloso avermelhado que na região do visível apresenta um pico na faixa do vermelho determinando sua cor avermelhada. Para McCoy (2005) as respostas espectrais do solo, rochas e minerais não são tão distintivas como a da vegetação e da água, pois elas tendem a produzir uma resposta espectral maior através do infravermelho próximo e na região do visível com ênfase para a faixa do vermelho. Porém, a falta de complexidade nas respostas espectrais do solo é a característica que torna o solo e a rocha tão facilmente distinguíveis da vegetação ou agua.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para este estudo foi escolhida a região urbana do município de Santana com base no ano de 2016 para análise comparativa ao ano de 2006. O município de Santana – AP Localiza-se entre as coordenadas geográficas de latitude: -0.0442179/ 0° 2′ 39″ Sul e longitude: -51.1784/ 51° 10′ 42″ Oeste (Figura 1), possui população estimada de 115.471 habitantes e área da unidade territorial de 1.541,224 km^2, sendo o segundo maior município do estado, que passa por uma expansão urbana significativa nos últimos anos, e com isso áreas impróprias para moradia acabaram sendo ocupadas.

Figura 1. Cidade de Santana.



Fonte: Imagem Sentinel 2A composição colorida (RGB) visível

3.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS

3.2.1 Imagens de sensoriamento remoto

A aquisição dos arquivos raster referentes as imagens do município de Santana para o período de 2006 foi realizada por meio da plataforma de imagens do INPE, a qual disponibiliza imagens para este período captadas pelo sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat-5 de forma gratuita em arquivo Tif. As imagens para o período de 2016 são disponibilizadas pela instituição científica USGS (United States **Geological Survey)** no site americano Earth Explorer captadas pelo sensor MSI (Multispectral Instrument) do satélite Sentinel 2A, entregues em formato de 100 por 100 km, conforme uma grade própria, em Sistema de projeção UTM e Datum WGS 84, ortorretificadas e em arquivo Tif.

O satélite Landsat-5 possuía o sensor ótico TM. Tinha frequência de revista de aproximadamente 16 dias, dependendo da latitude (Tabela 1).

Tabela 1- Especificações do satélite Landsat-5 em função das características espectrais do instrumento imageador TM.

Resolução espacial	30 m no multiespectral 120 m na termal (banda 6)
Resolução espectral (um)	Banda1 - 0.45-0.52 Banda2 - 0.52-0.60 Banda3 - 0.63-0.69 Banda4 - 0.76-0.90 Banda5 - 1.55-1.75 Banda6 - 10.74-12.5 Banda7 - 2.08-2.35
Faixa imageada	185 Km
Capacidade de visada lateral	Não
Quantificação	8 bits por pixel
Vida útil	29 anos
Capacidade de revista	16 dias
Altitude	705 km
Hora da passagem	09:45 am. G.M.T

Fonte: www.dgi.inpe.br

Referente ao satélite Sentinel 2A. As imagens geradas pelo mesmo possuem resolução espacial de 10 metros (multiespectral). A resolução radiométrica é de 12 bits (4095 tons de cinza) aumentando o poder de contraste e de discriminação dos alvos, algumas características técnicas desse sensor se encontram na tabela 2.

Tabela 2- Especificações do satélite Sentinel 2A em função das características espectrais do instrumento imageador MSI.

Resolução espacial	10 m no multiespectral (colorido)
Sensibilidade espectral no multiespectral	Azul: 490 nm Verde:560 nm Vermelho: 665 nm Infravermelho próximo: 842 nm
Faixa imageada	290 Km

Capacidade de visada lateral	Não
Quantificação	12 bits por pixel
Vida útil	7 anos
Capacidade de revista	A cada10 dias
Altitude	486 km
Hora da passagem	10:30 am G.M.T

Fonte: www.earthexplorer.usgs.br

3.2.2 Dados secundários

Os dados vetoriais utilizados como base para o estudo foram obtidos através do site do IBGE que disponibiliza os dados em formato shapfile (shp). Neste caso foi feito o download da base vetorial do estado do Amapá com suas divisões municipais.

3.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Para a análise e tratamento dos dados foi utilizado o QGIS 2.18, que é um programa de Sistema de Informação Geográfica, sendo um dos mais utilizados na atualidade, o mesmo tem a capacidade de manipular diversos tipos de informações espaciais, realizando mapeamento e modificação de bases cartográficas, gerenciamento de dados, auxílio em análises geográficas diversas, administração de dados avançados e desenvolvimento. O Qgis é um software livre e com código aberto, sendo um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) e apresenta um grande crescimento dos recursos fornecidos por funções básicas e “plugins” que podem ser desenvolvidos por qualquer usuário que os disponibilizem (REIS; MORAES, 2017).

3.3.1 Georreferenciamento das imagens

A imagem Sentinel 2A foi entregue ortorretificada e de acordo com a verificação através de pontos de controle obtidos com GPS na área de estudo apresentou uma boa correção geométrica, com base nisto, a imagem foi utilizada como imagem base de referência para o processo de georreferenciamento da imagem do sensor TM,

A correção geométrica utilizando o sistema de projeção UTM/ WGS 84 foi realizada através da ferramenta “Georreferenciador” do menu “Raster” do Qgis, utilizando 20 pontos de controle, obtendo erro residual médio (RMS) 0,198 pixel (Apêndice). Com base no RMS e por meio da análise visual pôde-se perceber uma

correlação coerente e satisfatória entre os pontos de controle e a distorção na imagem acerca do georreferenciamento.

3.3.2 Definição das classes temáticas mapeadas

Com base em Roessner et al. (2011), há níveis de categorização a serem utilizados em determinado ambiente urbano, de acordo com uma hierarquia de complexidade de cada área urbana, realizando uma flexibilização de acordo com a necessidade do pesquisador para seu objetivo. Assim sendo, para o presente estudo de uso e ocupação e tratando-se de uma cidade pouco desenvolvida urbanisticamente como Santana, foram delimitadas com base no autor acima citado quatro classes temáticas (tabela 3): mancha urbana, vegetação, solo exposto e corpos d'água. Desta forma, a observação das imagens foi feita na composição colorida RGB432, para imagem Sentinel e, RGB754 para Landsat.

Tabela 3 – Classes utilizadas na classificação de feições das imagens Sentinel e Landsat.

Classes temáticas	Definição	Uso	Feição
Mancha urbana	Local ocupado por logradouro público, habitações e/ou qualquer tipo de construção e componentes.	Moradia, ruas, pontos comerciais, galpões, etc.	
Vegetação	Área de floresta, campo de várzea, floresta de várzea e vegetação baixa.	Floresta, áreas úmidas e campo de vegetação.	
Solo exposto	Área desmatada com exposição do solo	Plantação e desobstrução.	

Corpos d'água	Corpos de águas que se encontram na mancha urbana e em seu entorno.	Navegação e pesca.	

Fonte: Autor

3.3.3 Vetorização

Baseado na definição das classes temáticas realizou-se o procedimento de vetorização manual. A partir disto vetorizou-se inicialmente as imagens Landsat. Em seguida foi realizada a vetorização da imagem Sentinel, identificando todas as classes temáticas por polígonos.

Também se realizou a identificação como um todo da área expandida do município de Santana comparando-se ao período de 2006, o processo de vetorização e correlação das respectivas classes baseou-se no comportamento espectral de cada alvo além do conhecimento das áreas.

3.4 MAPEAMENTOS E ANÁLISES

A partir da vetorização das imagens Landsat e Sentinel, nas quais foram feitas as categorizações das classes temáticas atribuindo aos polígonos suas classes correspondentes. No ambiente Qgis, os polígonos foram salvos para os períodos de 2006 e 2016, ambos contendo as cinco classes temáticas, bem como foi feita a categorização da mancha urbana total de Santana para 2006 (figura 3) e 2016 (figura 4). Nos arquivos shapefile, contém os dados correspondentes a cada feição encontrados na tabela de atributos. Cada classe temática foi simbolizada por uma cor diferente.

Figura 2. Imagem Landsat 5 TM ano 2006.

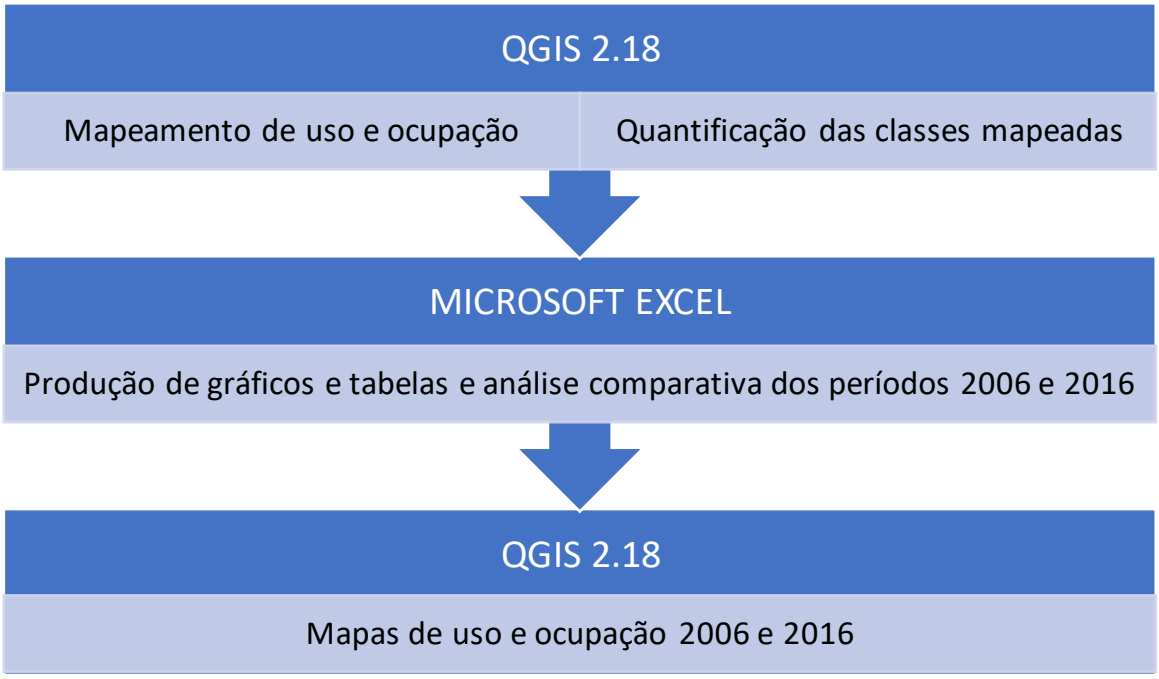
Fonte: www.dgi.inpe.br

Figura 3. Imagem Sentinel 2A ano 2016.

Fonte: www.earthexplorer.usgs.br

No software Qgis utilizando a ferramenta “Calculadora de Campo” presente na tabela de atributos realizou-se a quantificação das classes vetoriais, obtendo-se a área para cada polígono de cada classe temática. Posteriormente exportou-se os dados das tabelas de atributos dos períodos de 2006 e 2016 para o Microsoft Excel a fim de se produzir os gráficos. Com base nas classes mapeadas foi possível analisar as alterações de ocupação ao longo do tempo quanto ao tamanho, baseado na quantificação das classes obtidas nas imagens de 2006 e 2016.

Figura 4. Fluxograma de mapeamento e análise.



Fonte: Autor

Com a finalidade de demonstrar o uso do solo no município de Santana com ênfase para a área urbana, identificando as características temporais de sua ocupação foram produzidos mapas de uso e ocupação para os períodos de 2006 e 2016, demonstradas em classes temáticas diversas expostas acima, assim como mapas de evolução da ocupação da mancha urbana como um todo de Santana para ambos os períodos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir constam os resultados obtidos pela interpretação visual e análise espacial dos dados relativos ao uso e ocupação na área urbana de Santana.

4.1 USO E OCUPAÇÃO NA CIDADE DE SANTANA EM 2006

Foram determinadas quatro classes temáticas de uso e ocupação com demonstrativo da área em quilômetros quadrados e porcentagem em relação à área total estudada (Tabela 4).

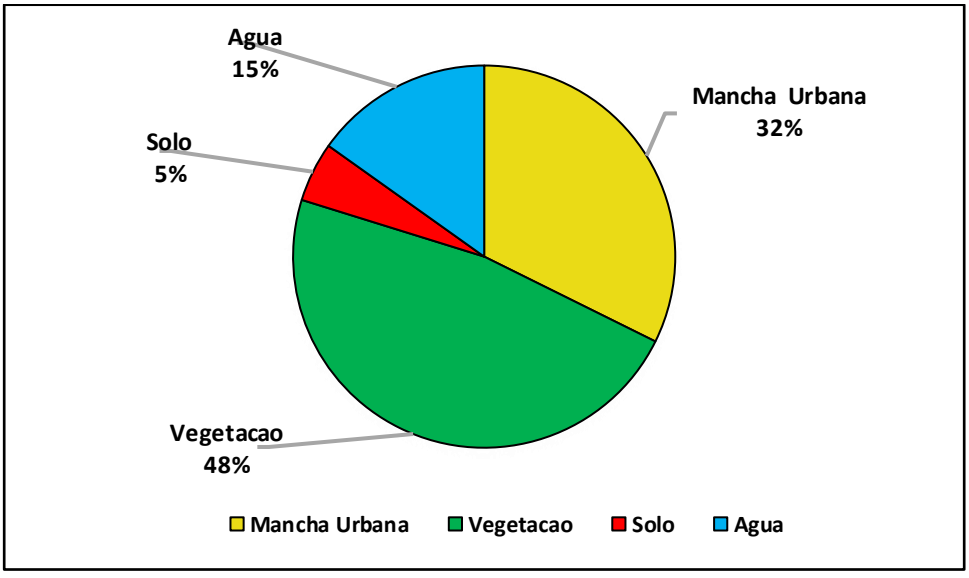
Tabela 4- Classes de uso e ocupação para o ano de 2006 na cidade de Santana.

Classes de uso e ocupação	**Área (Km²)**	**(%)**
Mancha urbana	13.403,35	32
Vegetação	19.479,58	48
Solo exposto	2.230,33	5
Corpos d'água	6.371,19	15
Total	**41.484,45**	**100**

Fonte: Autor

Em 2006 a mancha urbana de Santana tinha uma área de 13.403,35 km², representando 32% do total da área de estudo. A classe "solo exposto" de acordo com a área analisada possuí pouca expressividade com 5% e corpos d'água com 15%, sendo que a maior classe é a de vegetação representando 48% do total com 19.479,58 km², dados exemplificados no gráfico de setores (Figura 5).

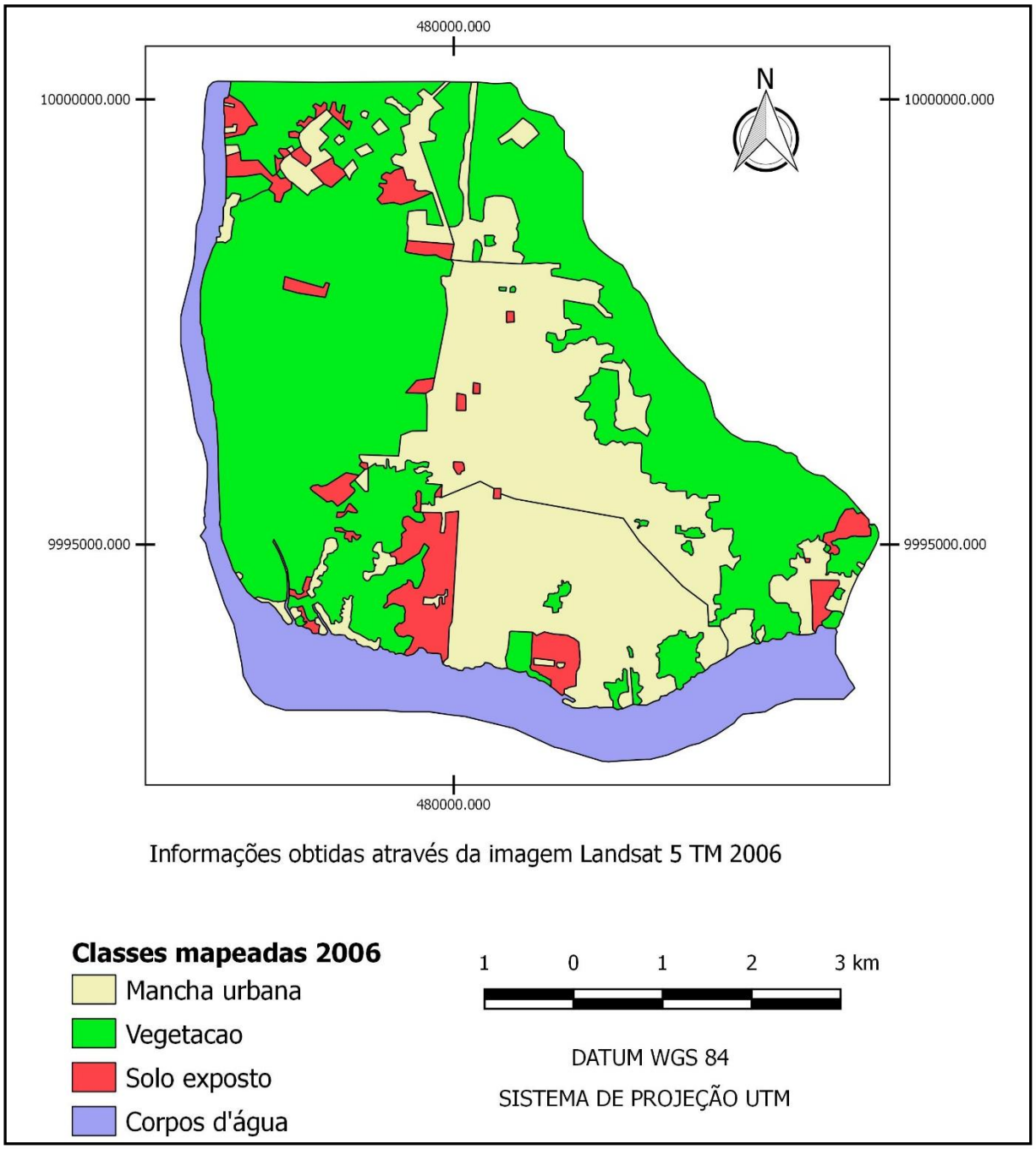
Figura 5. Gráfico de setores das classes mapeadas de Santana em 2006.



Fonte: Autor

De acordo com o mapa (Figura 6) de uso e ocupação do solo produzido, referente ao ano de 2006 da cidade de Santana, composto por quatro classes temáticas, a mancha urbana apresenta em seu entrono expressiva presença de vegetação, com a região sul da cidade banhada pelo rio Amazonas e alguns recortes representados por “solo exposto”.

Figura 6. Mapa de uso e ocupação de Santana 2006.



Fonte: Autor

A “mancha urbana” apresenta certa fragmentação em sua composição, tendo mais distante de seu centro fragmentos de ocupação caracterizado por moradias a beira do rio, assim como fragmentos da mancha urbana em meio a área de vegetação.

4.2 USO E OCUPAÇÃO NA CIDADE DE SANTANA EM 2016.

A tabela 5 mostra a relação da área em quilômetros quadrados assim como a porcentagem em relação à área total no período de 2016, apresentando sua divisão entre quatro classes temáticas.

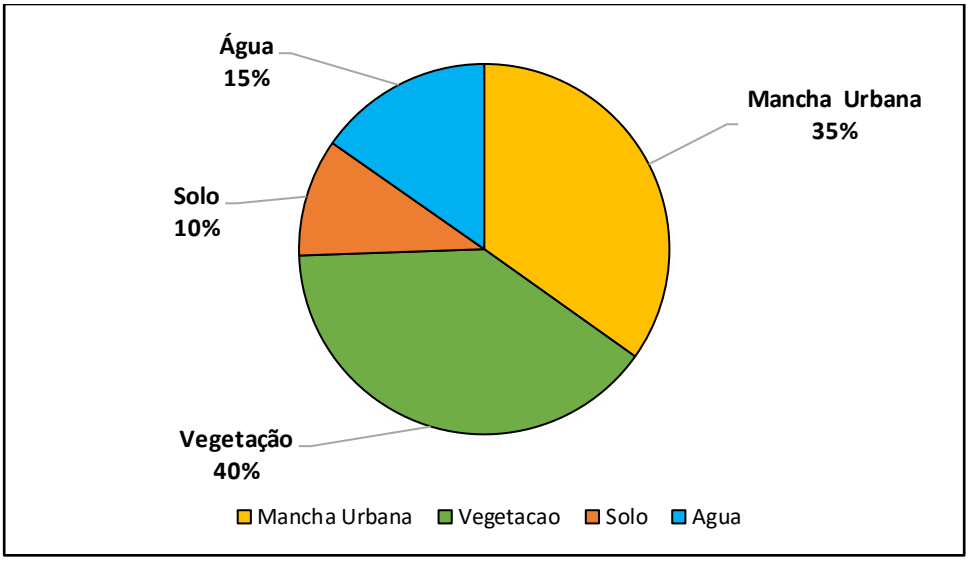
Tabela 5 - Classes de uso e ocupação para o ano de 2016 na cidade de Santana.

Classes de uso e ocupação	**Área (Km²)**	**(%)**
Mancha urbana	14.322,76	35
Vegetação	16.512,78	40
Solo exposto	4.277,72	10
Corpos d’água	6.371,19	15
Total	**41.484,45**	**100**

Fonte: Autor

Para o período de 2016 as classes temáticas mapeadas apresentaram a seguinte disposição: vegetação representando 40% da área de estudo, mancha urbana 35%, corpos d’água 15% e solo exposto 10%. Sendo que para o estudo a classe representativa da hidrografia permaneceu inalterada.

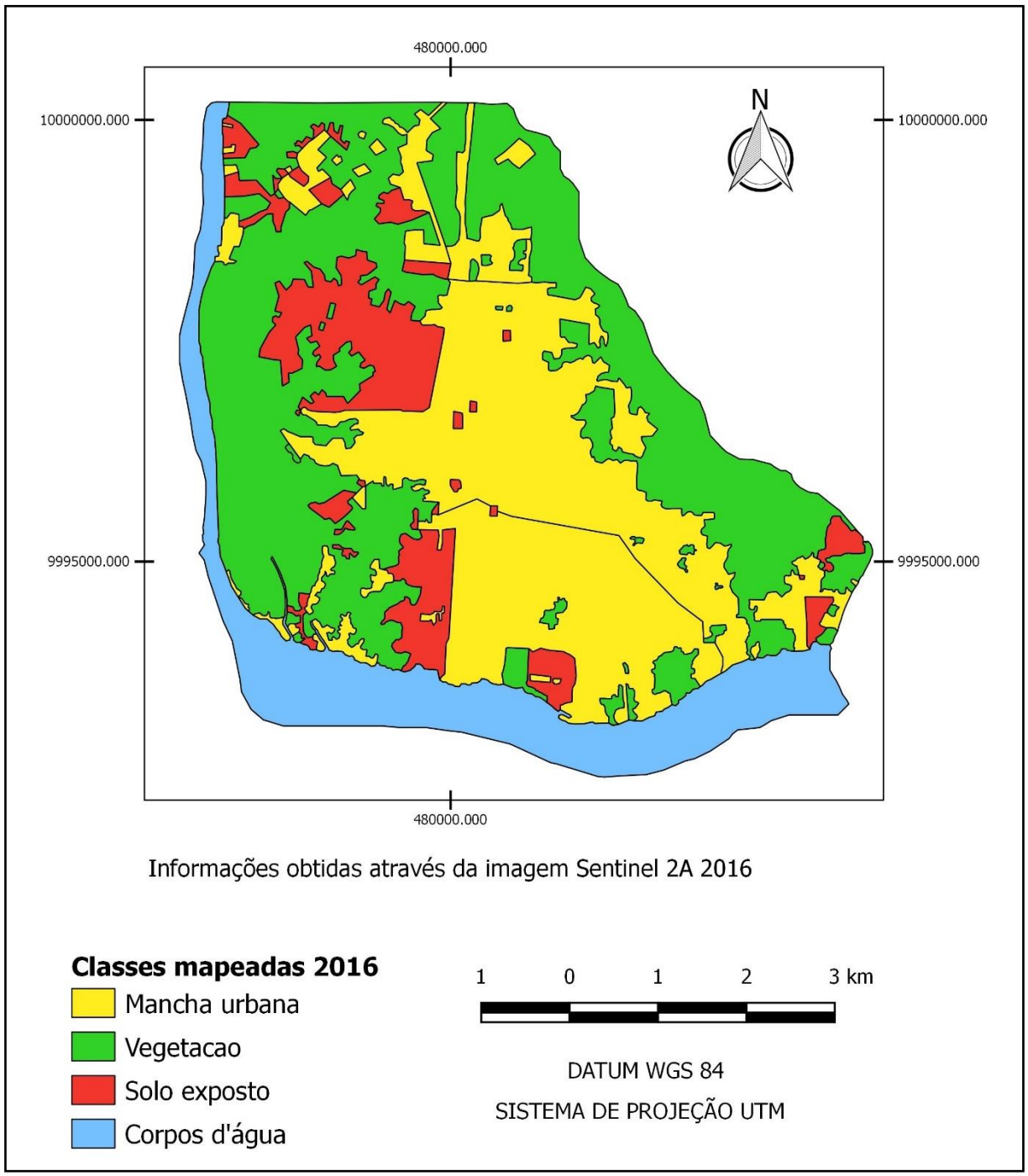
Figura 7. Gráfico de setores das classes mapeadas de Santana em 2016.



Fonte: Autor

No mapa (Figura 8) de uso e ocupação do solo para o período de 2016 seccionado em quatro classes temáticas, há uma expressividade da mancha urbana e solo exposto, com realce dos fragmentos urbanos mais distantes do centro da cidade, porém há a predominância da classe vegetação que é encontrada tanto as margens da mancha urbana quanto em seu interior.

Figura 8. Mapa de uso e ocupação de Santana 2016.



Fonte: Autor

4.3 ANÁLISE TEMPORAL (2006-2016) DO USO E OCUPAÇÃO NA CIDADE DE SANTANA

No intervalo de uma década, identificou-se o aumento de ocupação da mancha urbana de Santana em 3% com base na área utilizada para estudo conforme a tabela 6, apresentando um valor relativamente baixo de 14.322,76 km^2 no ano de 2016

comparando-se aos 13.403,35 km^2 correspondentes ao ano de 2006, tendo um aumento de pouco mais de 900 km^2. Todavia a área de vegetação, que consta nos dois períodos como predominante apresentou maior diminuição em sua totalidade, passando da representatividade de 48% no período de 2006 para 40% no período de 2016.

A classe “solo exposto” passou de uma representatividade no primeiro ano de 5% para 10%, ou seja, dobrando sua área em dez anos, o que chama atenção se analisarmos em um sistema de progressão geométrica. Sobretudo as feições de solo exposto chamam a atenção por terem tido seu aumento representado pelo surgimento de poucas áreas novas de solo exposto, mas sim pelo aumento concentrado da mesma, possivelmente acarretado pela preparação de áreas para empreendimentos de loteamentos residenciais no município.

Tabela 6 – Variação das classes 2006 – 2016.

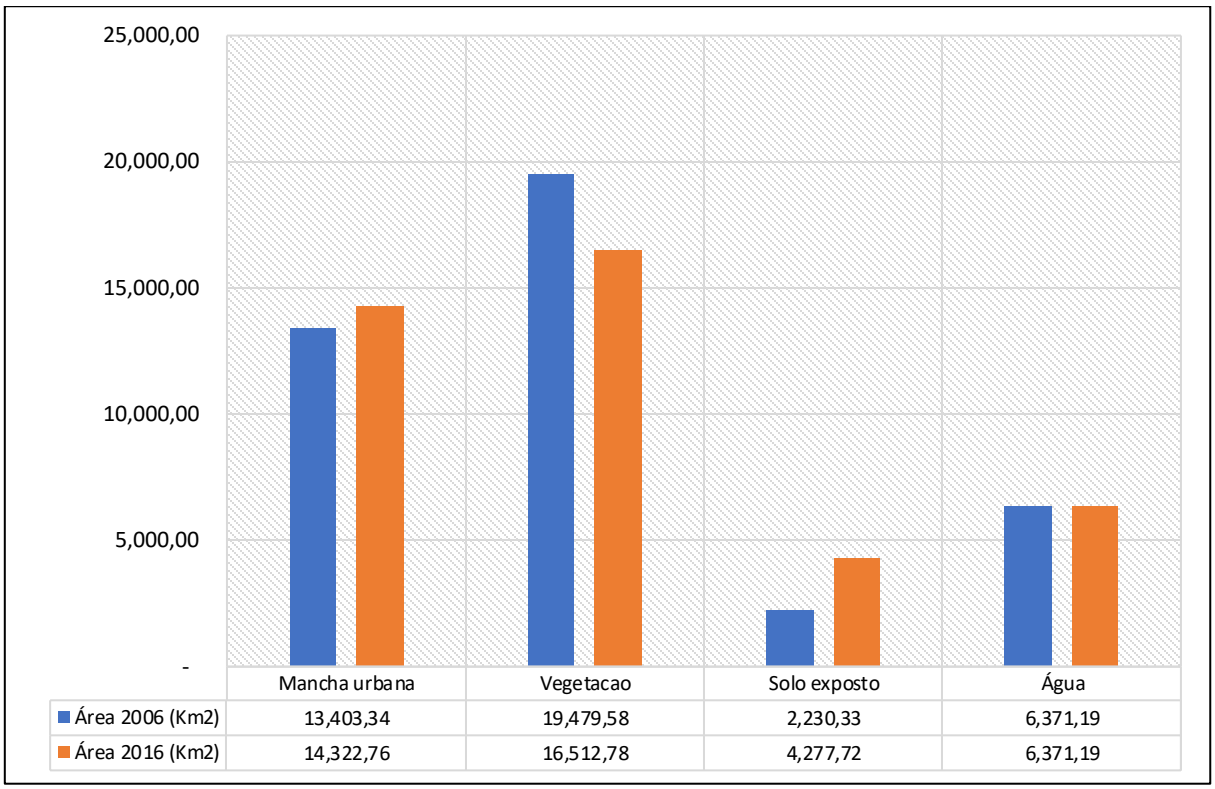
	2006		2016		Var. de área	
Classes	Área (Km^2)	%	Área (Km^2)	%	(Km^2)	Var.%
Mancha urbana	13.403,35	32	14.322,76	35	919,41	+3
Vegetação	19.479,58	48	16.512,78	40	2.966,80	-8
Solo exposto	2.230,33	5	4.277,72	10	2.047,39	+5
Corpos d’água	6.371,19	15	6.371,19	15	000	00
Total	**41.484,45**	100	**41.484,45**	100		

Fonte: Autor

O gráfico abaixo (Figura 9) mostra a relação da variação das áreas correspondentes as classes temáticas, exemplificando no gráfico de barras os valores correspondentes as áreas para ambos os períodos, o qual retrata o cenário de

supressão das áreas verdes com o aumento da expansão urbana e do desmatamento com a “desobstrução” de regiões representadas pela classe “solo exposto”.

Figura 9. Gráfico comparativo das classes 2006 – 2016.

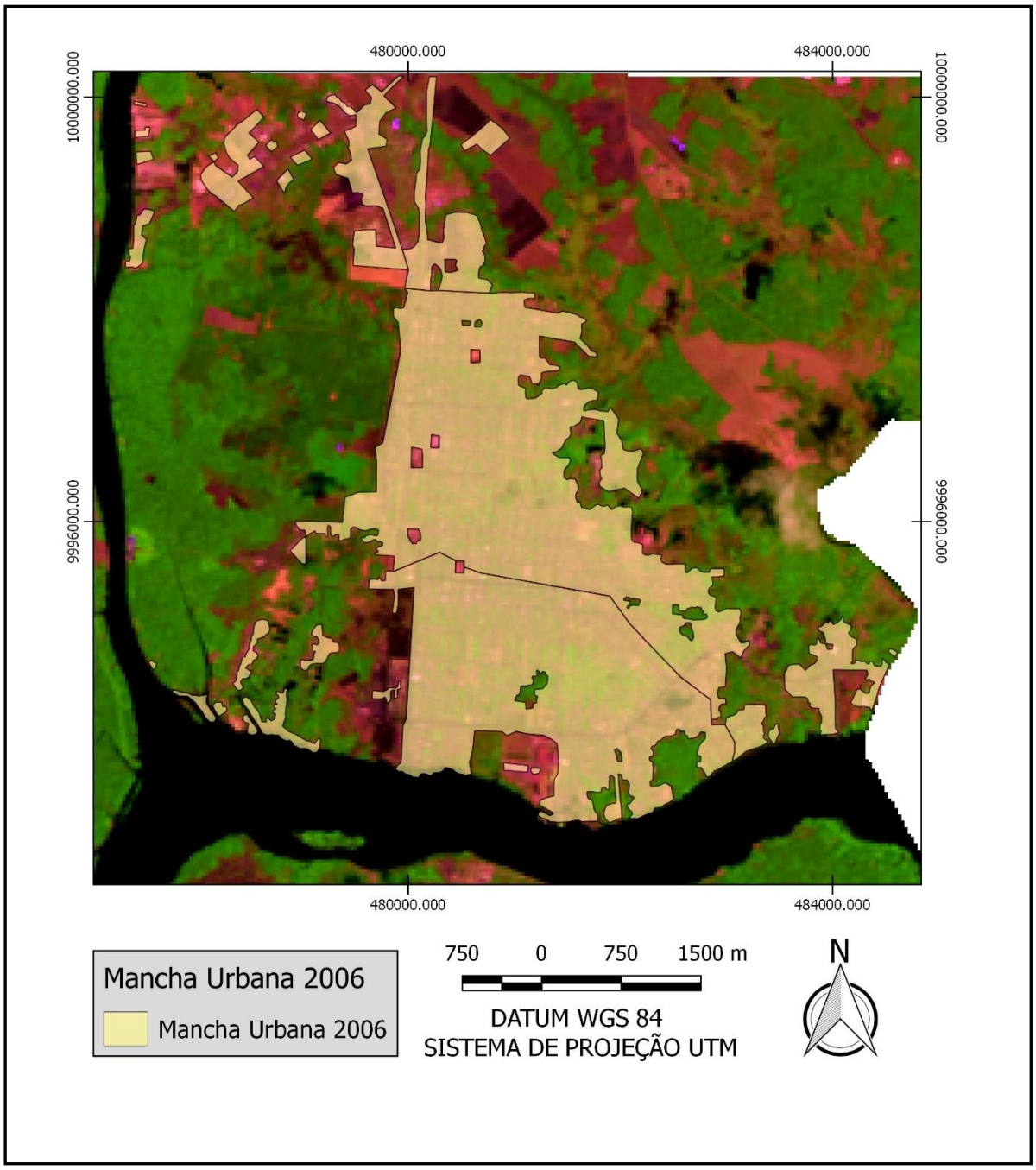


	Mancha urbana	Vegetacao	Solo exposto	Água
Área 2006 (Km2)	13,403,34	19,479,58	2,230,33	6,371,19
Área 2016 (Km2)	14,322,76	16,512,78	4,277,72	6,371,19

Fonte: Autor

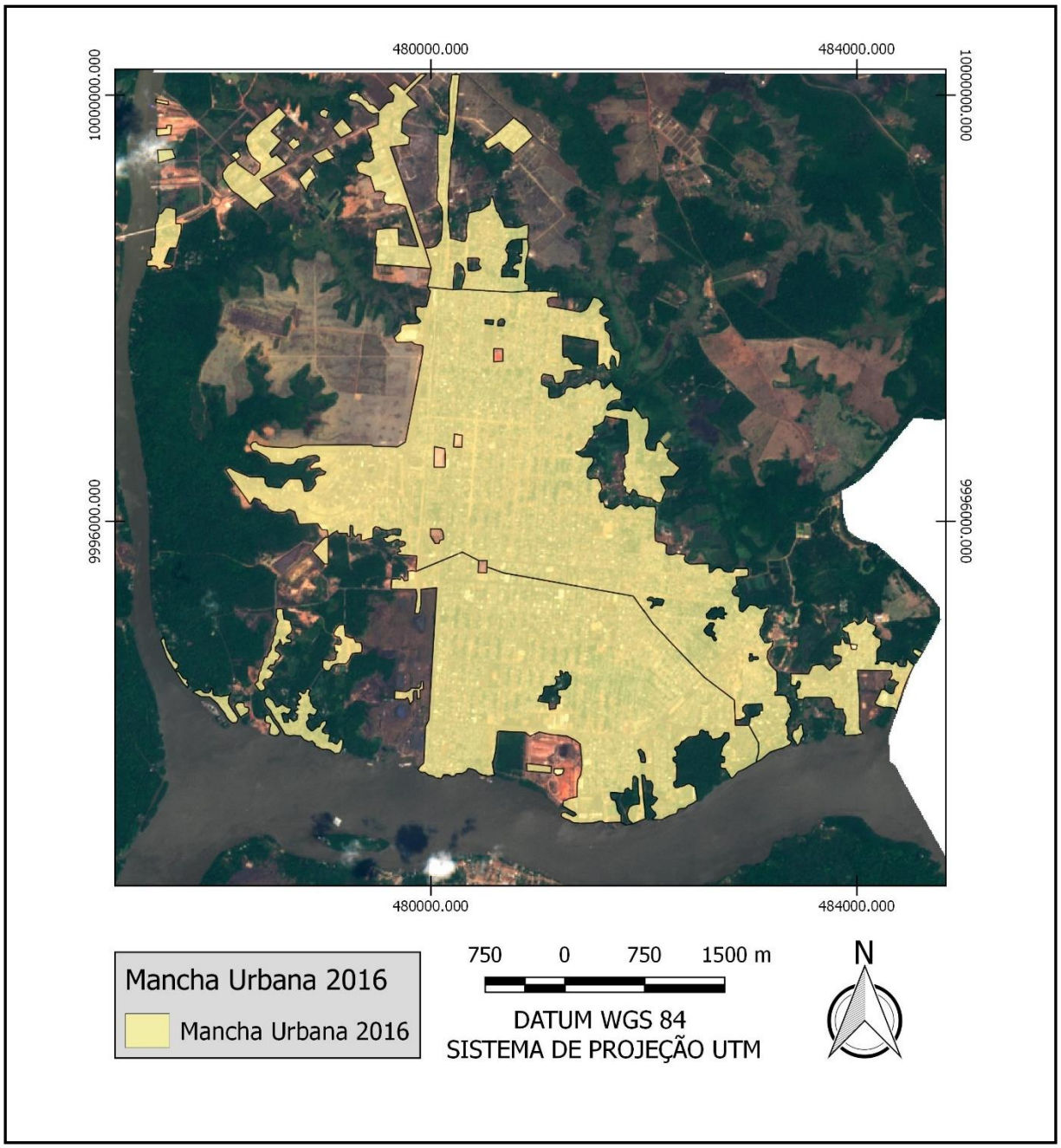
As figuras 10 e 11 representam a mancha urbana de Santana nos anos de 2006 e 2016 respectivamente, com ênfase para a identificação de como este processo ocorre, se caracterizado por uma expansão urbana ordenada, mediante o processo de surgimento de áreas mais simétricas ou se ocorreu de forma mais desordenada, evidenciado pelo aumento e surgimento dos fragmentos urbanos de maneira dispersa, sem que ficasse perceptível uma espécie de planejamento habitacional.

Figura 10. Mapa de mancha urbana 2006.



Fonte: Autor

Figura 11. Mapa de mancha urbana 2016



Fonte: Autor

A partir da análise temporal da mancha urbana, foi possível perceber que a evolução da ocupação urbana seguiu uma lógica de expansão de áreas já existentes, com supressão de áreas de vegetação e conseguinte preenchimento por ocupação urbana, não caracterizando uma expansão urbana ordenada que como menciona Florenzano (2002), a característica de uma cidade planejada ou que cresce

ordenadamente, entre outros fatores se dá pelo tipo de expansão da cidade, que ocorre de maneira a criar formas bem definidas em sua composição urbana.

Há a identificação com base nos mapas de mancha urbana do crescimento urbano pela apresentação territorial, de acordo com Brito e Souza (2005) ocorre baseado no avanço físico do território da cidade por exemplo, ao invés de ocorrer caracterizado especificamente pelo adensamento urbano. Dessa forma evidenciando uma expansão territorial urbana extensiva, relacionada ao crescimento horizontal, que alcança mais território e sem limites nítidos, isto faz com que este processo possa ocorrer de maneira integrada a mancha urbana central assim como fragmentado em aspectos geográficos e sociais (JAPIASSÚ e LINS, 2014).

No primeiro período a ampla área de vegetação presente a oeste da mancha urbana e a área sudeste, referentes respectivamente ao loteamento residencial "Acquaville Tucunaré" e a uma ocupação ilegal, apresentaram as maiores alterações de ocupação urbana comparando-se ao segundo período. Também ao lado da área do loteamento residencial, identificou-se a área de solo exposto por meio da supressão de vegetação, possivelmente devido a continuação da segunda etapa do loteamento residencial. Somado a estas principais modificações, ocorreu o aumento da mancha urbana por conta da alteração de várias pequenas áreas de vegetação aderindo a fragmentos urbanos já existentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas e dados de analise permitiram identificar um aumento da mancha urbana, a partir da supressão de áreas de vegetação e a identificação do aumento considerável de área desmatada caracterizada como solo exposto.

Diante das observações pode-se perceber que a expansão urbana de Santana ocorreu de maneira desordenada, baseando-se na disposição das áreas agregadas a ocupação urbana, que surgiram em formas irregulares e dispersas sobre as áreas de vegetação.

Dessa forma as informações espaciais são imprescindíveis para o planejamento e gestão habitacional, e nesse sentido, serviram para o entendimento da análise urbana.

6 REFERÊNCIAS

ADAMS, J. B.; GILLESPIE, A. R. **Remote sensing of landscapes with spectral images a physical modeling approach**. Cambridge, England: Cambridge University, 2006.

ALVES, et al. **Análise dos processos de expansão urbana e das situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intra-urbana**. IV Encontro Nacional da ANPPAS, Brasília, 2008.

BARROS, LUIZA CALDEIRA DE. **Análise da expansão urbana de Betim através do modelo de mistura.** Belo Horizonte: UFMG, 2005.

BRITO, F.; SOUZA, J. **Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza.** São Paulo em Perspectiva, v. 19, n. 4, p. 48-63, 2005.

COSTA, SANDRA M.; BRONDÍZIO, EDUARDO S. **Dependência inter-urbana entre as cidades amazônicas: crescimento urbano, deficiências em infra-estrutura e redes sociais**. REDES, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 3, p. 211 – 234, 2009.

DURÁN, G. Y. et al. **Caracterização da refletância espectral de materiais urbanos com uso de espectroradiômetro.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 15. Foz do Iguaçu. *Anais XVI*. Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

FLEXA, G. G. **Degradação ambiental e exclusão social na Baixada do Ambrósio.** Projeto Pesquisa /SETEC/IEPA/UNIFAP. 2006

FLORENZANO, TERESA GALLOTTI. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

IBGE1. CIDADES. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=160060&search=||infogr %E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>. Acesso em: 16 maio 2017.

IBGE2. MAPAS. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso em: 08 outubro 2017.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.** Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em: 19 março 2017

JAPIASSÚ, LUANA A. T.; LINS, REGINA D. B. **As diferentes formas de expansão urbana.** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 02, n. 13, p. 15-25, 2014.

MCCOY, Roger M. **Field Methods in Remote Sensing.** Nova Iorque: Guilford Press, 2005.

MENESES, PAULO ROBERTO. et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: UnB, 2012.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação/Maurício Alves Moreira**. 3a. Edicao. Vicosa: UFV, v. I, 2005.

MOURA, H. A.; MOREIRA, M.M. **A população da Região Norte: processos de ocupação e de urbanização recentes.** Revista Parcerias Estratégicas, n. 12, p.214-238, set. 2001

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

PEREIRA, J. L. G. et al. **Reflectância de Coberturas Vegetais na Amazônia.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8. Salvador. Anais VIII. Salvador: INPE, 1996.

REIS, Filipe Augusto Costa dos; MORAES, Loçandra Borges de. **Análise dos softwares Philcarto, Gvsig e Qgis visando a produção de mapas digitais de Anápolis destinado ao público escolar**. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO, ENSINO E EXTENSÃO DO CCSEH – III SEPE, 3., 2017, Jundiaí. **ÉTICA, POLÍTICA E EDUCAÇÃO NO BRASIL CONTEMPORÂNEO.** Anápolis: Ueg. p. 1 – 8, 2017.

ROESSNER, SIGRID. et al. **Potential of hyperspectral remote sensing for analyzing the urban environment.** In: Urban Remote Sensing: Monitoring, Synthesis and Modeling in the Urban Environment. Chichester: John Wiley & Sons, cap. 4, p. 49 – 61, 2011.

SANTOS FILHO, Herondino dos. **Mapeamento e classificação das áreas de ressaca na região metropolitana de Macapá-AP utilizando imagens do satélite CBERS-2B**. Dissertação de Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional; Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SAUSEN, TANIA MARIA. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais.** São José dos Campos: INPE, 2007.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, nº 29, v. I, p.16-20, 1991.

SILVA, A.Q.; TAKIYAMA, L.R., SILVEIRA, O.F.M, VALE, L.F. COSTA NETO, S.V.C, 2005. **Carta ambiental da bacia hidrográfica da bacia do igarapé da Fortaleza.** Disponível em: <http://www.sema.ap.gov.br/>. Acesso em: 19 abril 2017.

SOUSA, M. A. DE; RIBEIRO, R. J. C.; CARNEIRO, P. J. R. **Aplicações do sensoriamento remoto e do geoprocessamento. Estudo de caso: bacia do rio do Sono, TO – Brasil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais**... Brasília: UCB, p. 2241-2248. 2009.

SOUZA, ÍRIS DE MARCELHAS E. **Sensoriamento remoto orbital aplicado a estudos urbanos.** São José dos Campos: INPE, 2012.

SOUZA, JOSIANE DO SOCORRO AGUIAR DE. **Qualidade de vida urbana em áreas úmidas: ressacas de Macapá e Santana – AP.** Brasília: UnB-CDS, 2003.

USGS. **United States Geological Survey: Science for a changing world**. Disponível em https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: 11 setembro 2017.

YANG, XIAOJUN. **Urban Remote Sensing: Monitoring, Synthesis and Modeling in the Urban Environment.** Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Dados *Root Mean Square Error* (RMS) gerados pelo software Qgis 2.18.

Tabela GCP

Visível	ID	Fonte X	Fonte Y	Dest. X	Dest. Y	dX (pixels)	dY (pixels)	Residuais (pixels)
☑	0	480683	-5996,71	480642	9,99403e+06	-0,0637753	-0,00130356	0,0637886
☑	1	480916	-6014,42	480885	9,99402e+06	0,150359	-0,361561	0,391579
☑	2	480109	-4644,42	480058	9,99538e+06	-0,0956184	0,216673	0,236833
☑	3	479969	-4080,67	479922	9,99595e+06	0,105967	0,125128	0,16397
☑	4	479519	-1756,43	479460	9,99828e+06	-0,0148663	-0,146866	0,147616
☑	5	481285	-1150,45	481254	9,99887e+06	0,0810463	0,0228261	0,0841994
☑	6	480907	-1855,56	480868	9,99817e+06	0,0035397	0,000396564	0,00356185
☑	7	481648	-4024,59	481624	9,996e+06	0,101436	-0,164167	0,192977
☑	8	480259	-3326,78	480216	9,9967e+06	0,101769	0,0673413	0,122032
☑	9	482179	-5892,81	482157	9,99412e+06	-0,119287	-0,0339971	0,124037
☑	10	482491	-6509,53	482472	9,9935e+06	-0,158656	0,175575	0,23664
☑	11	481507	-4666,33	481469	9,99535e+06	-0,298183	0,150876	0,334181
☑	12	482840	-5992,63	482837	9,99402e+06	0,216244	-0,178375	0,280319
☑	13	481421	-6772,84	481392	9,99325e+06	0,00603411	0,0388646	0,0393302
☑	14	480212	-1663,97	480160	9,99837e+06	-0,118082	-0,0479956	0,127464
☑	15	480034	-5900,31	479988	9,99413e+06	0,08066	-0,0808379	0,114196
☑	16	480575	-4584,97	480533	9,99544e+06	-0,0408895	0,0403672	0,0574583
☑	17	481446	-3366,25	481414	9,99665e+06	-0,0600753	-0,0164788	0,0622944
☑	18	481779	-4689,98	481758	9,99532e+06	0,121718	0,193222	0,228364
☑	19	480689	-5588,2	480649	9,99444e+06	0,000659197	0,00031255	0,00072954

Transformar: Polinomial 1 Erro médio: 0.198999 | 484317,-4273 | EPSG:32622

Fonte: Autor