

# 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

## TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO PARA OS ESTUDOS URBANOS, AMBIENTAIS E SOCIAIS.

Gabriela de Oliveira Monteiro<sup>1</sup>; Valdir Aparecido Galiano<sup>2</sup>; Sérgio Vicente Denser Pamboukian<sup>3</sup>

**Resumo** – Este estudo apresenta recursos de Geoprocessamento que permitem a localização de aglomerados urbanos, rios e vegetação em amplitude, através da análise de imagens de sensoriamento remoto, utilizando o método de classificação supervisionada e associá-los à base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para auxiliar a verificação das informações obtidas na análise das imagens orbitais. São apresentados conceitos de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto e as técnicas utilizadas para a obtenção dos resultados. Nesse artigo estão expostos os resultados de um processo de aprendizado, mostrando a importância do estudo de Geoprocessamento para a Engenharia Civil e Ambiental. Com isso, mostra-se ao leitor que é possível reconhecer, identificar e caracterizar qualquer área, de modo a discutir e analisar todos os fatores relacionados a estudos urbanos, ambientais e sociais, através da carta criada.

**Abstract** – The objective of this paper is to show Geoprocessing resources that allow localization of urban agglomerates, rivers and vegetation in amplitude, through the analysis of remote sensing images, using the supervised classification method and associate them with the database of the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) to verify the information obtained in the analysis of orbital images. Next, we will present concepts of Geoprocessing and Remote Sensing and techniques to obtain the results. In this paper the results of a learning process will be presented, showing the importance of the study of Geoprocessing for Civil Engineering. With this, it is expected to show the reader that it is possible to recognize, identify and characterize any area, in order to discuss and analyze all factors related to urban, environmental and social studies, through the map created.

**Palavras-Chave** – Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto. Planejamento Urbano.

---

<sup>1</sup> Graduanda, Universidade Presbiteriana Mackenzie, (11) 98865-9403, gabrielaoliveiramonteiro@gmail.com  
<sup>2</sup> Eng., Msc, Universidade São Judas: São Paulo-SP, (11) 98594-5214, va.galiano@gmail.com  
<sup>3</sup> Eng., Dr, Universidade Presbiteriana Mackenzie: São Paulo-SP, (11) 2114-8120, sergio.pamboukian@gmail.com

## **1. INTRODUÇÃO**

Para um adequado planejamento urbano, territorial ou ambiental, é necessário a análise de um expressivo número de informações das mais diversas áreas. Já não mais existe planejamento unidisciplinar, não se faz planejamento urbano sem integração com o ambiental, econômico, social e geológico. Cada vez mais profissionais e pesquisadores procuram a integração do conhecimento buscando alternativas mais viáveis em todos os aspectos. Os softwares de geoprocessamento são capazes de analisar muitas informações aliadas a classificações de imagens a produzir resposta eficaz aos processos de expansão urbana existentes na atualidade.

A formação das grandes regiões metropolitanas vem de aglomerados urbanos que se concentram em torno de núcleos econômicos. O crescimento desproporcional e acelerado dos centros urbanos gerou uma conurbação das cidades, sendo necessária a migração da população para outras regiões afastadas. Para ordenar esse crescimento é necessário um estudo para entender as tendências de expansão da mancha urbana em função desta migração.

Para o entendimento da distribuição populacional para elaboração de diretrizes de planos diretores e planejamento urbano, é necessário estudar a tendência de ocupação do solo, sendo que o maior desafio consiste em articular o desenvolvimento territorial com urbanização inclusiva, com o desenvolvimento sustentável e com equidade social. Desta forma pode-se propiciar a igualdade de acesso às oportunidades do desenvolvimento urbano e do processo de urbanização e expansão urbana, com foco no planejamento da ocupação territorial e na sustentabilidade ambiental. Uma expansão urbana com o planejamento do uso do solo, com ênfase na redução de ocupação irregular, de déficit e inadequação habitacional, deve observar a disponibilidade de áreas para intervenção habitacional, a dinâmica do mercado imobiliário, a situação fundiária a dinâmica demográfica e as trajetórias de mudanças nos territórios e suas repercussões nas demandas de habitação, infraestrutura e serviços.

Um mapa de uso de solo de uma área urbana identifica e classifica suas áreas de acordo com a atual utilização, seja ela a presença de construções, rios e vegetação. Para a identificação e análise das áreas citadas podem ser utilizadas imagens de Sensoriamento Remoto (SR) e as ferramentas disponíveis nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Com a caracterização e o tratamento das imagens de satélites, através de diferentes bandas, obtém-se um reconhecimento do território, podendo se distinguir em uma imagem classificada, as áreas com solo exposto, vegetação, urbanização e água, resultando na possibilidade de identificar através dos dados obtidos, a distribuição populacional, a organização territorial, a tendência de expansão e o adensamento urbano.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA**

Este estudo é de grande importância para o diagnóstico, planejamento urbano da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), para o entendimento da dinâmica de expansão urbana e para o levantamento de estratégias para conservação e expansão das áreas estudadas.

Essa seção apresenta as aplicações básicas do geoprocessamento para a confecção do mapa de uso do solo da região metropolitana de São Paulo e as características físicas, ambientais e sociais.

## **2.1. GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO**

O Geoprocessamento consiste na utilização de técnicas computacionais e matemáticas para obter e analisar informações espaciais. Através dessas técnicas, os dados de diversos formatos e fontes são relacionados com o objetivo de gerar algum ganho de informação sobre determinado assunto. A técnica mais utilizada é o SIG, um sistema de hardware, software, informação espacial e procedimentos computacionais que faz uso integrado das tecnologias, possibilitando a elaboração de análises complexas que combinem diversos mapas com bancos de dados georreferenciados.

Para geração de mapas em um sistema SIG, temos como base as imagens matriciais e vetoriais, que geram composição de bandas e permitem a análise de dados e fenômenos. As imagens Vetoriais são formadas por elementos geométricos denominados feições, que compreendem pontos, linhas ou polígonos, já as imagens matriciais são aquelas obtidas por instrumentos como câmeras, satélites, radares, entre outros, e consistem na representação de alguma informação (relevo, por exemplo) em uma superfície bidimensional.

As imagens matriciais são obtidas e tratadas de diversas formas. Elas podem ser adquiridas em várias resoluções de forma gratuita ou paga por meio de instituições como a Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica (NASA), Instituto Nacional de pesquisas Espaciais (INPE), entre outras. As imagens criadas por sensoriamento remoto têm utilidades muito convenientes e alguns aspectos delicados de se trabalhar. Por essa razão, merecem atenção especial dentre os conceitos introdutórios da tecnologia SIG. O Sensoriamento remoto é o processo de captação dos fenômenos e feições terrestres, por meio de sensores sem contato direto com os mesmos, associado a metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento e análise destas (SILVA; MONTEIRO; PAMBOUKIAN, 2015).

Atualmente, existe uma enorme diversidade de softwares SIG, entre aplicativos proprietários e livres, o que pode levar a dúvidas na adoção de um sistema em particular. Programas livres que estão no mercado há alguns anos já são utilizados com qualidade equiparada aos programas de licenças pagas aos proprietários. Exemplos desses são os softwares Spring, Quantum GIS (QGIS) e gvSIG, por exemplo, e os comerciais ArcGIS (ESRI), MapInfo (Pitney Bowes), Map e Descartes (Bentley), Map3D (Autodesk), entre outros.

### **2.1.1. CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA**

A classificação supervisionada diz respeito à classificação em que o usuário do software identifica alguns dos pixels que fazem parte de determinadas classes (vegetação e rios, por exemplo) e o software realiza a classificação completa da imagem. Cada área a qual o usuário identifica como sendo de uma determinada classe corresponde a uma amostra de treinamento. Uma vez determinadas essas amostras de treinamento, o software compara os valores numéricos dos pixels identificados com o restante dos pixels, classificando, assim, a imagem por inteiro.

Alguns dos métodos de classificação supervisionada são: método do paralelepípedo, método da distância mínima e método da Maxver (ou método da máxima verossimilhança gaussiana).

O método do paralelepípedo, consiste em considerar uma área ao redor da amostra de treinamento na forma de quadrado ou paralelepípedo como sendo da mesma classe determinada. Essa área é determinada a partir do contador de máximo e mínimo dos pixels que fazem parte da amostra de treinamento. O método da distância mínima atribui cada pixel não classificado à classe mais próxima. A determinação da classe mais próxima envolve dados estatísticos (SILVA; MONTEIRO;

PAMBOUKIAN, 2015). O método de Maxver determina a probabilidade de cada pixel pertencer a cada classe determinada. Assim, o pixel é atribuído à classe da qual tem maior probabilidade.

Utilizando-se a técnica de Sensoriamento Remoto, obtém-se as imagens de satélites. As imagens para a elaboração do Mapa 1, foram fornecidas pelo INPE imagens do ano de 2015, e estas são resultantes da combinação das três cores básicas (azul, verde e vermelho), associadas através de filtros das 6 imagens individuais obtidas neste projeto em diferentes comprimentos de onda. Cada imagem individual é conhecida como banda e o SIG dispõe de ferramentas que permitem a composição delas. Se fez necessário especificar ao software a ordem na qual as bandas foram compostas, em virtude de cada combinação resultar em uma imagem que destaque uma característica específica da superfície retratada.

O software utilizado foi o Quantum GIS (QGIS), e a disposição das bandas vermelha, verde e azul foram 1, 2 e 3 sucessivamente para o estudo do uso do solo e expansão urbana. Para caracterização das áreas foi definido azul para água, rosa para construções, amarelo para solo exposto e verde para vegetação.

Uma das alternativas da realização da classificação supervisionada é através do plugin "Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). O SCP é um complemento desenvolvido para o QGIS que possibilita a classificação pixel a pixel supervisionada de imagens. As ferramentas disponíveis realizam o pré-processamento de imagens, o pós-processamento de classificações e álgebras de mapas. Com o SCP é possível criar áreas amostrais de forma rápida, denominadas de ROIs (Regions of Interest), no qual seleciona-se amostras homogêneas definindo suas classes, e são salvas em arquivos de formato shapefile (.shp). Em seguida, o plug-in copia as áreas de treinamento para um arquivo que base geração de um gráfico de assinaturas espectrais, que são calculadas automaticamente e podem ser visualizadas no histograma da imagem. Quando as visualizações apresentaram coerência com as imagens, gera-se um arquivo raster em formato .tiff no qual é possível visualizar a classificação completa da imagem de acordo com as cores pré-estabelecidas para cada classe.

## **2.2. A REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

A precariedade habitacional nas áreas metropolitanas apresenta a situação mais crítica: favelas adensadas, loteamentos irregulares e precários nas periferias, cortiços insalubres nas áreas centrais, ocupações em áreas ambientalmente frágeis e protegidas, ou em áreas de risco ambiental, sujeitas a enchentes e deslizamentos. Para o enfrentamento dos desafios advindos da necessidade habitações e do planejamento urbano regional, são necessárias estratégias e ações integradas do poder público que reflitam as necessidades habitacionais e de desenvolvimento urbano e que envolvam todas as especificidades territoriais e a complexidade e funcional que se apresenta no contexto metropolitano. A eficiência da política de desenvolvimento urbano em âmbito metropolitano está associada à qualidade da gestão pública das cidades, em grande parte conurbadas e constituindo aglomerações urbanas. Como amostra para um estudo de tendência de crescimento populacional e impactos ambientais foi selecionada a Região Metropolitana de São Paulo

Para a realização deste estudo e para a elaboração de um produto cartográfico, a Carta de Uso de Solo das áreas de expansão urbana, que englobe os 39 municípios da RMSP através de recursos de SIG, é necessário o emprego de metodologias e recursos de geoprocessamento e georreferenciamento, associados a metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento e análise destas informações, que conduzam a obtenção de produtos cartográficos precisos e representativos, e para que possam

ser utilizados como mapa base para estudos futuros, e para o planejamento urbano regional (Galiano, at. al., 2016).

Esta pesquisa realiza uma análise espacial da RMSP, para identificar as áreas em processo de expansão urbana e localizar áreas de possíveis conflitos. Desta forma, esta pesquisa inclui em seu processo de desenvolvimento a obtenção de mapas intermediários como a Carta de Uso do Solo, de cada município separadamente, para a análise e classificação das áreas de expansão urbana de cada município. O produto cartográfico final é composto pela união dos mapas intermediários de todos os municípios, obtendo desta forma, a mancha urbana completa da RMSP NA Carta de uso do Solo da Região Metropolitana de São Paulo.

O mapa 1 apresenta a expansão da mancha urbana como resultado do processamento de imagens do satélite LANDSAT fornecidas pelo Instituto Nacional de pesquisas Espacial (INPE).

Observa-se através da mancha urbana (em rosa) do Mapa 1 que, 20 dos 39 municípios que compõem a RMSP têm suas áreas urbanas conurbadas, ou seja, constituem um contínuo urbano quase totalmente impermeabilizado. São eles: Barueri, Carapicuíba, Diadema, Embu das Artes, Ferraz de Vasconcelos, Franco da Rocha, Guarulhos, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Poá, Santo André, São Bernardo, São Caetano do Sul, São Paulo, Suzano e Taboão da Serra.

### **2.3. CARACTERÍSTICAS URBANAS**

A RMSP abrange uma área 7.946 Km<sup>2</sup>, correspondendo a pouco mais de 3% do território paulista. A área urbanizada compreende 2.200 Km<sup>2</sup>. Entre 1962 e 2002, a mancha urbana passou de 874 km<sup>2</sup> para 2.209 km<sup>2</sup>. A metrópole sofre com o processo de conurbação, o qual fez com que as cidades perdessem seus limites físicos, devido ao crescimento da área urbana de São Paulo em direção às cidades vizinhas, dando origem a uma mancha urbana contínua e em constantes processos de crescimento. A área de crescimento urbano da região metropolitana é superior a 5.000 Km<sup>2</sup>, onde existem os mais diferentes processos de desenvolvimento urbano-regional (EMPLASA, 2015).

### **2.4. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS**

Se há um avanço do crescimento populacional conseqüentemente há a diminuição de vegetação. Além disso, agrava-se problemas como poluição do ar, falta de saneamento ambiental e de áreas verdes, moradias precárias em áreas de risco, constantes enchentes e ocupação desordenada do solo em locais com déficit de ocupação populacional.

## **3. ÍNDICES OBTIDOS ATRAVÉS DA CLASSIFICAÇÃO**

A localização de áreas urbanizadas foi realizada através da combinação de 3 técnicas diferentes: através de imagens de sensoriamento remoto, classificação supervisionada e através de dados do Censo IBGE 2010.

O processo de classificação dividiu-se em 3 etapas básicas:

1.) Definição do que se quer extrair da imagem, ou seja, que classes se pretende obter. As classes escolhidas para o desenvolvimento desta pesquisa foram: Solo Exposto, Vegetação, Área Urbanizada e Água.

2.) Criação das amostras homogêneas para treinamento do algoritmo de classificação. A classificação foi realizada com análise da superfície dos terrenos nas fotografias aéreas georreferenciadas cedidas pela empresa Empresa Paulista de Planejamento Urbano S/A (EMPLASA), que possui boa resolução e possibilitou a verificações de todas as feições e usos do solo existentes em cada local estudado.

3.) E por fim, a transformação das classes em vetores, para análise dos atributos da região em estudo. Esta fase faz parte do pós-processamento e inicia com a criação do shapefiles que contém os dados amostrais.

O Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) utilizado foi o SIRGAS 2000 / UTM zona 23S (EPSG:31983).

As cores utilizadas para cada classe foram: rosa para áreas urbanizadas, amarelo para solos expostos, azul para água e verde para vegetação. Posteriormente foi realizado o cálculo das áreas das classes contidas dentro do produto cartográfico pela ferramenta Calculadora de Campo do QGIS, para se obter uma análise quantitativa, além da análise visual.

O que se tem de literatura relacionado a este tema, são os mapas fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no qual as datas da maioria das imagens que serviram de base para o mapeamento estão compreendidas entre os anos de 2005 e 2007. O IBGE disponibiliza para download o produto Áreas Urbanizadas do Brasil - 2005. Tal produto refere-se ao mapeamento (vetorização) de áreas urbanizadas a partir de imagens de satélite CBERS-2B em escala de 1:100.000.

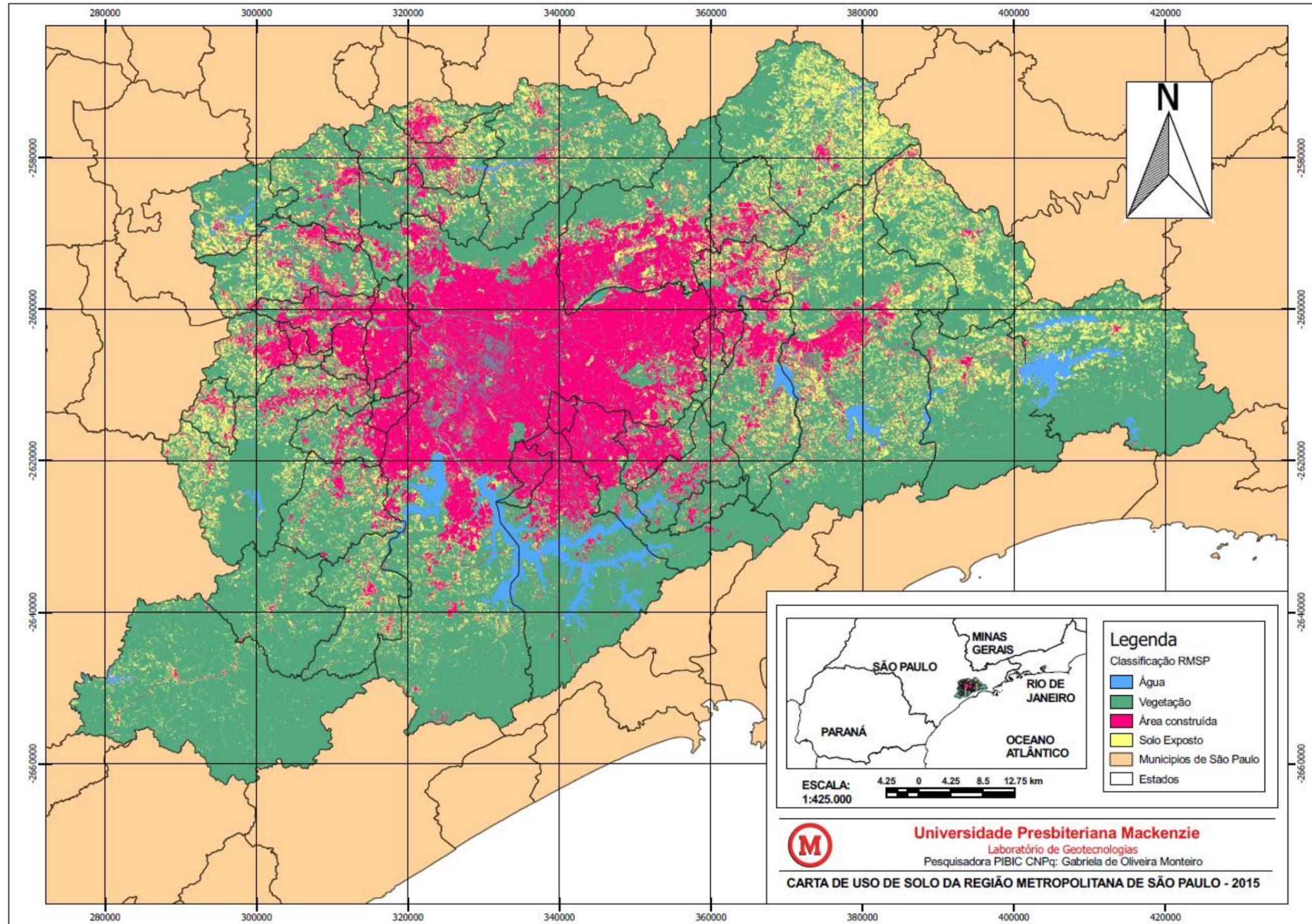
Foram fornecidas pelo INPE imagens do satélite LANDSAT 5, 6, 7 e 8 do ano de 2015. Nesse caso, primeiro foi realizada a classificação supervisionada das classes de cada município com auxílio do QGIS. Com os resultados das classificações e consequente identificação das feições, foram calculadas e comparadas as áreas de cada município e identificada a área urbanizada atual.

Houve alguns conflitos na classificação da classe "Água", mas para isso, realizou-se a criação manual de uma nova camada vetorial, contornando a região em conflito, obtendo uma nova feição do tipo água.

E por fim, foi elaborada a Carta de Uso e Ocupação do solo do território completo da RMSP, através dessas imagens como observado no Mapa 1.

Para efetuar o cálculo da área de cada classe, transformou-se os valores de todos os pixels da imagem, que se encontram na faixa de valores de 0 a 100, em valores na faixa de 1 a 5, representando a classe correspondente. Esta transformação de identificadores das feições é possibilitada pelo aplicativo denominado "Calculadora Raster" no QGIS". A partir dessa ferramenta, pode-se observar nos atributos da camada, a área de cada camada e elaborar uma tabela para organização dos dados no software Microsoft Excel, como a tabela 1.

Mapa 1- Carta de Uso de Solo do território da RMSP pelas imagens do LANDSAT



Fonte: O autor, segundo dados fornecidos pelo IBGE

Tabela 1- Extensão territorial e resultados da classificação supervisionada.

	Água	Vegetação	Construção	Solo Exposto			
Municípios	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	Classificada	Área IBGE	Diferença
Aruja	0,33	51,25	18,41	28,07	98,07	96,167	1,90
Barueri	1,34	17,05	36,60	13,10	68,09	65,701	2,39
Biritiba	6,28	259,30	10,02	43,77	319,37	317,406	1,97
Caieiras	0,31	68,00	14,20	15,81	98,32	97,642	0,68
Cajamar	0,71	83,49	20,01	28,37	132,58	131,386	1,19
Carapicuíba	0,26	5,76	23,02	5,59	34,63	34,546	0,08
Cotia	3,74	195,53	43,27	87,80	330,34	323,994	6,35
Diadema	0,57	6,50	22,08	1,51	30,65	30,732	-0,08
Embu	0,26	36,41	20,79	13,93	71,39	70,398	0,99
Embu-Guaçu	0,87	121,05	7,39	27,10	156,42	155,641	0,78
Ferraz de Vasconcelos	0,01	10,09	13,52	5,95	29,58	29,564	0,01
Francisco Morato	0,01	18,98	12,87	18,82	50,68	49,001	1,68
Franco da Rocha	1,59	65,46	30,82	36,82	134,70	132,8	1,90
Guararema	1,44	124,84	9,07	144,87	280,22	270,8	9,42
Guarulhos	2,31	134,32	144,10	40,84	321,57	318,68	2,89
Itapeçerica da Serra	0,85	103,10	16,87	31,14	151,96	150,742	1,22
Itapevi	0,16	39,44	20,94	23,79	84,33	82,658	1,68
Itaquaquecetuba	1,20	12,72	45,76	23,56	83,23	82,62	0,61
Jandira	0,04	4,08	9,54	4,03	17,69	17,449	0,24
Juquitiba	3,68	489,09	4,05	25,23	522,05	522,169	-0,12
Mairiporã	3,92	233,97	18,01	67,33	323,22	320,697	2,52
Mauá	0,34	19,94	33,11	8,65	62,04	61,909	0,13
Mogi das Cruzes	17,87	461,17	78,60	165,96	723,59	712,54	11,05
Osasco	0,65	9,32	50,08	5,90	65,95	64,954	1,00
Pirapora do Bom Jesus	4,49	73,56	5,42	26,75	110,22	108,489	1,74
Poá	0,05	3,21	10,46	3,61	17,32	17,264	0,06
Ribeirão Pires	5,33	62,64	20,39	14,13	102,49	99,08	3,41
Rio Grande da Serra	0,16	29,67	3,63	2,93	36,40	36,341	0,06
Salesópolis	12,77	347,81	5,20	61,94	427,71	424,997	2,72
Santa Isabel	4,42	167,58	19,96	176,84	368,80	363,33	5,47
Santana de Parnaíba	2,31	104,71	31,96	52,00	190,98	179,95	11,03
Santo André	6,55	105,32	58,03	6,53	176,43	175,782	0,64
São Bernardo do Campo	65,81	263,97	66,86	16,40	413,04	409,53	3,51
São Caetano do Sul	0,19	1,35	13,15	0,53	15,23	15,331	-0,10
São Lourenço da Serra	0,44	170,76	2,25	12,81	186,26	186,456	-0,20
São Paulo	63,15	468,77	764,77	245,41	1542,09	1521,11	20,98
Suzano	7,85	84,01	55,76	64,64	212,27	206,24	6,03
Taboão da Serra	0,09	3,68	15,01	1,61	20,39	20,388	0,00
Vargem Grande Paulista	0,09	17,99	6,79	19,85	44,72	42,489	2,23
Área Total	222,44	4475,8865	1782,78	1573,93	8055,03	7946,97	108,06

Fonte: O autor

De acordo com as áreas municipais disponíveis no IBGE, e a tabela 1 deste estudo, alguns municípios a diferença de área foi desprezível, porém em outros houve diferenças um pouco mais significativas.

Ao analisarmos o município de São Caetano do Sul como amostra, observa-se que a área total classificada é de 15,23 km<sup>2</sup>, sendo que sua extensão territorial é de 15,33 km<sup>2</sup>, encontramos uma margem de erro de 0,1 km<sup>2</sup>. A hipótese de se considerar as grandes diferenças de áreas entre a classificação e a extensão territorial de cada município serem dadas por ocorrência de maiores áreas foi desconsiderada ao analisar que o município de Juquitiba, com área de 522,2 km<sup>2</sup> e área reconhecida pelo QGIS de 522,61 km<sup>2</sup>, e também no município de Salesópolis com uma área aproximada de 425 km<sup>2</sup>, foi reconhecido 427,97 km<sup>2</sup>.

Em contrapartida, o Município de São Paulo constou a maior diferença, sua área de extensão territorial segundo o IBGE é de 1521,11 km<sup>2</sup> e o SCP classificou 1542,09 km<sup>2</sup>, dando uma diferença de 20,98 km<sup>2</sup>.

Foi realizado um procedimento gerando a matriz de confusão para estimativa da eficiência da acurácia. Ao analisar o município de São Paulo através da acurácia obteve-se o seguinte resultado:

Tabela 2- Matrix de erro do SCP

<b>ERROR MATRIX</b>					
V Classification	0	1	2	3	Total
0	3653	0	1	0	3654
1	8	1025	0	43	1076
2	0	0	1	272	273
3	1	0	71	71	143
Total	3662	1025	73	386	<b>5146</b>
Diagonal =					4750

$$KAPPA = K = (K1-K2)/(1- K2) = 0,908583$$

Fonte: O autor, segundo dados de acurácia do SCP

Tabela 3- Escala de valor Kappa

<b>Coefficiente Kappa</b>	<b>Força de concordância</b>
<i>Menor que zero</i>	Pobre
0 a 0,2	Desprezível
0,21 a 0,4	Suave
0,41 a 0,6	Moderada
0,61 a 0,8	Grande
0,81 a 0,1	Quase perfeita

Fonte: O autor, segundo dados de acurácia do SCP

Portanto, concluímos que apesar da diferença ser aproximadamente 20 km<sup>2</sup> entre a classificação e sua extensão real, concluímos que esta margem é tolerável para esta classificação.

## 4. CONCLUSÕES

O planejamento territorial é necessário de modo a evitar que a população cresça e se espalhe dentro da mesma lógica de uso e ocupação do presente. Essa estruturação foi moldando a paisagem da megametrópole paulistana. Trata-se de uma megametrópole cada vez mais inóspita, poluída e dependente de suporte tecnológico sofisticado para superar e solucionar problemas sociais decorrentes deste modelo de expansão urbana, verificado no produto cartográfico apresentado. Muitos dos problemas socioambientais que ocorrem na metrópole da atualidade demonstram que houve um crescimento acima de suas condições de absorção dos impactos decorrentes de sua estruturação urbana.

Podemos analisar nos resultados um avanço da área urbanizada sobre zonas frágeis do ponto de vista ambiental, como por exemplo as áreas de preservação permanente, relacionado a proteção de mananciais e vegetação natural definidas pela própria legislação municipal de parcelamento, uso e ocupação do solo, bem como por leis estaduais de proteção ao meio ambiente. Em torno das represas Billings e Guarapiranga, por exemplo, notamos uma vasta mancha urbana, que resulta no comprometimento dos recursos hídricos e das condições de drenagem do solo que pode ser citado como uma das conseqüências nefastas deste padrão de crescimento.

É imprescindível que todos se conscientizem de que essa expansão se propagou por todos os tipos de terrenos: várzeas, encostas dos morros, divisores de águas e as serras que limitam a bacia sedimentar e para que todos os espaços pudessem ser capitalizados, foi preciso implantar todo o tipo de estrutura urbana que, de certo modo, serviu para sujeitar os atributos naturais, aterrando e drenando áreas úmidas, mudando cursos dos rios, canalizando e retificando meandros, drenando e rebaixando o lençol freático, removendo vegetação nativa, eliminando o solo, alterando a topografia original.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e CNPq pelo fomento à pesquisa e às bolsas de pesquisa, e ao Laboratório de geotecnologias da universidade Presbiteriana Mackenzie pelo suporte oferecido.

## REFERÊNCIAS

- EMPLASA, Empresa Paulista de Planejamento Urbano S/A. Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: < <http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/Indicadores/gsp.asp>>. Acesso em 22 de abril de 2015.
- GALIANO, V. A.; LORANDI, R.; DE LOLLO, J. A.- *Proposta de ordenamento territorial da bacia hidrográfica do Rio das Pedras (SP) na escala 1:50.000. potencial à escavabilidade dos maciços de solo*. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. Nº36 Pag. 29-39. 2016. Buenos Aires. Argentina.
- SILVA, J. de C.; MONTEIRO, G. de O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. *Introdução ao Geoprocessamento*, Revista Alice, São Paulo, BIENAL 2014/2015, p. 155-164, 2015.
- SILVA, J. de C.; MONTEIRO, G. de O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. *Sistema de Informações Geográficas (SIG)*, Revista Alice, São Paulo, BIENAL 2014/2015, p. 205-203, 2015.
- PAMBOUKIAN, S. V.D. Sensoriamento Remoto. 2015. Disponível em: <[http://labgeo.mackenzie.br/fileadmin/LABGEO/Curso/08.\\_Aula\\_08/0803.\\_Sensoriamento\\_Remoto.pdf](http://labgeo.mackenzie.br/fileadmin/LABGEO/Curso/08._Aula_08/0803._Sensoriamento_Remoto.pdf)>. Acesso em: 10/07/2018