

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO PERÍMETRO URBANO DE MARABÁ/PA DE 2006 A 2016

Autor: Rafael dos Santos Carvalho

Filiação institucional: Unifesspa/Instituto de Estudos do Xingu - IEX

e-mail: rafaelcarvalho@unifesspa.edu.br

RESUMO: o presente artigo tem como objetivo proceder a análise temporal da cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá/PA entre os anos de 2006 a 2016, onde houve intensa expansão urbana, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento, com a utilização do plugin Semi-Automatic Classification Plugin – SCP. Dessa forma, busca-se analisar e compreender quais foram as lógicas que intensificaram essa expansão urbana e se há correlação com os impactos provocados na cobertura vegetal do perímetro urbano. Os dados obtidos foram satisfatórios, pautados na dualidade entre a supressão da vegetação em função do avanço dos loteamentos privados, governamentais e assentamentos espontâneos de um lado e, de outro, a capacidade de recuperação da cobertura vegetal nas áreas mais afastadas dos centros da cidade.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Cobertura Vegetal; Expansão Urbana.

GT – 14: Geotecnologias e Análise Espacial no espaço urbano

1 INTRODUÇÃO

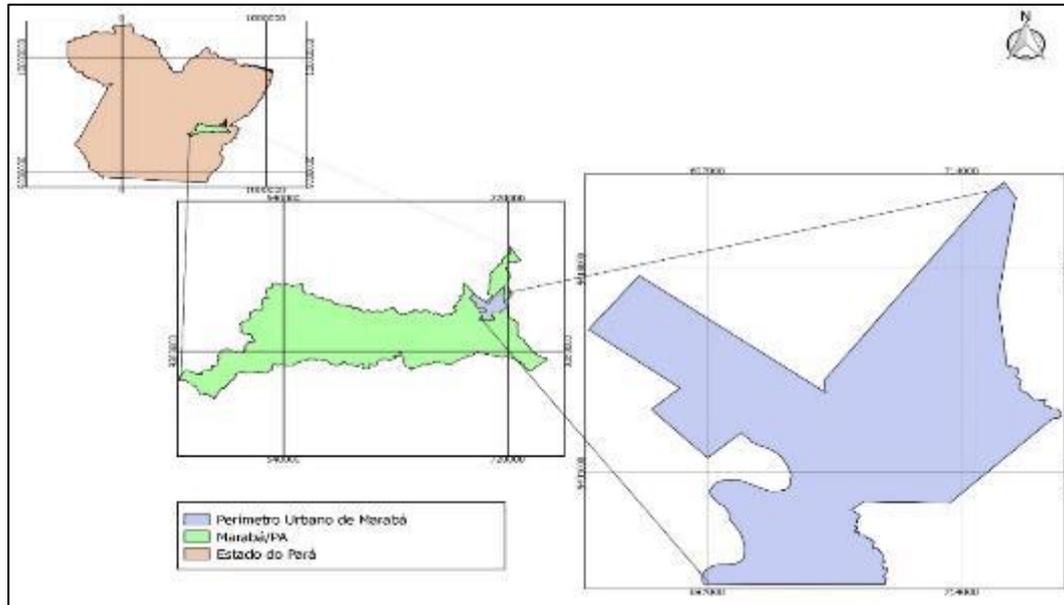
A análise temporal permite avaliar os estágios da cobertura do solo ao longo do tempo. Nela está incluída a análise da vegetação que é um importante indicador da qualidade socioambiental dos lugares onde estão inseridos. Para Lima et al. (2015), ao longo dos anos a ação humana tem alterado a dinâmica da cobertura vegetal que é responsável por funções de regulador do ciclo hidrológico, erosão, infiltrações e escoamento, fazendo-se necessário elaborar estudos direcionados que possam acompanhar a variação dessa dinâmica, essencial para o planejamento e conservação de áreas importantes e essenciais ao equilíbrio.

Os estudos da cobertura vegetal tornaram-se possíveis graças ao advento de tecnologias que são capazes de detectar do espaço a assinatura espectral de objetos constituintes da cobertura do solo, em especial a vegetação, que apresenta assinatura espectral diferenciada, o que permite uma classificação satisfatória da área, diferentemente de outras classes, como, por exemplo, as construções, sedimentos, solo exposto e estradas, que fornecem assinaturas espectrais muito próximas, e que dificultam e confundem, de certa forma, a classificação em muitos casos.

A possibilidade de uso do sensoriamento remoto e demais recursos tecnológicos de geoprocessamento são cada vez mais viáveis devido a existência de softwares livres, adquiridos de forma gratuita e que são capazes de realizar diversas operações, como as análises espaciais. De mesmo modo, a aquisição de imagem em sites de grande relevância e de forma gratuita, como o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e USGS (United States Geological Survey) tem possibilitado cada vez mais estudos dessa natureza.

Nos últimos anos, em especial a partir de 2006, a cidade de Marabá (Figura 01) tem passado por mudanças na cobertura do solo, em função do incremento das indústrias siderometalúrgicas (RIBEIRO, 2010; SOUZA, 2015), que provocaram transformações tanto na composição da mancha urbana quanto do perímetro urbano de Marabá/PA, afetando a cobertura vegetal em face do acelerado processo de urbanização que potencializa os impactos ambientais onerosos a população e ao meio ambiente.

Figura 1 - Localização da Cidade de Marabá e Perímetro Urbano



Fonte: IBGE (2010); PMM (2014). Elaborado pelo autor.

É a partir desses apontamentos que o interesse é despertado ao estudo da cobertura vegetal, buscando proceder a análise temporal da vegetação do perímetro urbano e dos núcleos de Marabá/PA, abrangendo as dinâmicas da cobertura vegetal entre 2006 a 2016, tentando revelar os lugares de maior importância e impacto na supressão da vegetação, através de mapas temáticos e dados quantitativos e qualitativos, a fim de mensurar (mesmo que simplificado) o impacto na cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá no período espaço-temporal pré-definido.

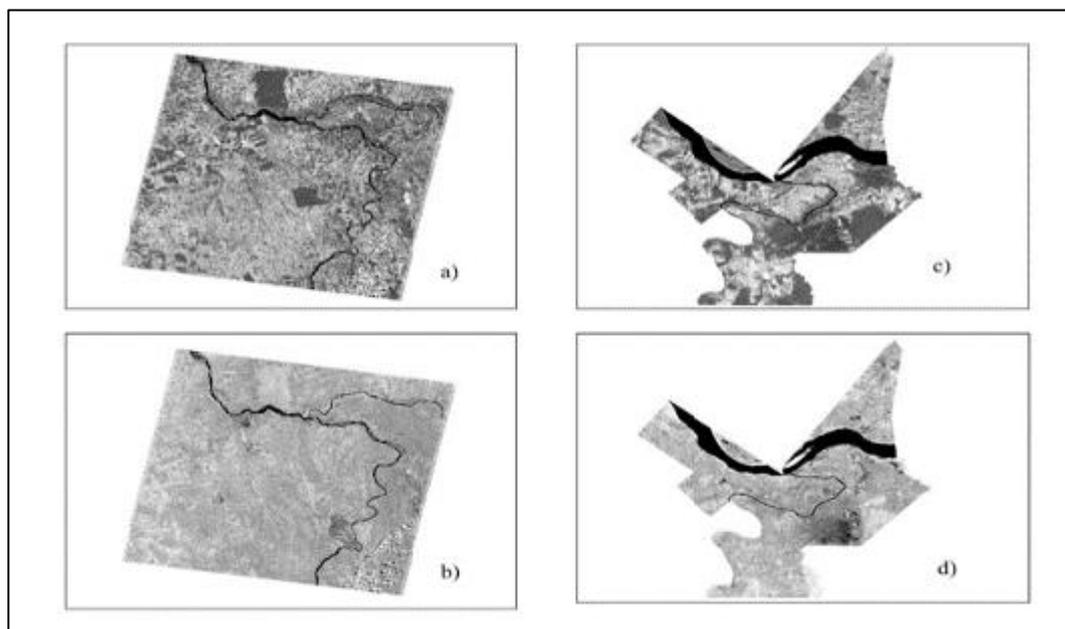
2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

As fases e etapas constituem parte indispensável do planejamento. Nesse sentido, foram estabelecidos percursos metodológicos para alcançar os objetivos de realizar a análise temporal da vegetação no perímetro urbano de Marabá/PA. Nesse sentido, utilizamos como procedimentos metodológicos a delimitação da área de estudo, levantamento documental e cartográfico, necessários à elaboração da base do projeto já no ambiente SIG. Após essa preparação inicial, foi feito o download das imagens de satélite a ser utilizadas no trabalho e, logo em seguida, a etapa de pré-processamento teve início. Na etapa de pré-processamento, realizou-se a reprojeção da imagem, correção atmosférica e o recorte pela máscara vetorial referente à área de estudo.

Estes procedimentos foram essenciais para a preparação da imagem, passando então a ser realizado a composição RGB apropriada que pudesse diferenciar os alvos; a partir desse momento, foram coletados pontos de controle, necessários para definição de macroclasses e classes do uso e ocupação do solo. Com as macroclasses e classes definidas, foi coletado amostras de treinamento na imagem, para que o algoritmo de classificação utilizado fosse treinado e pudesse classificar de forma adequada as macroclasses pré-estabelecidas.

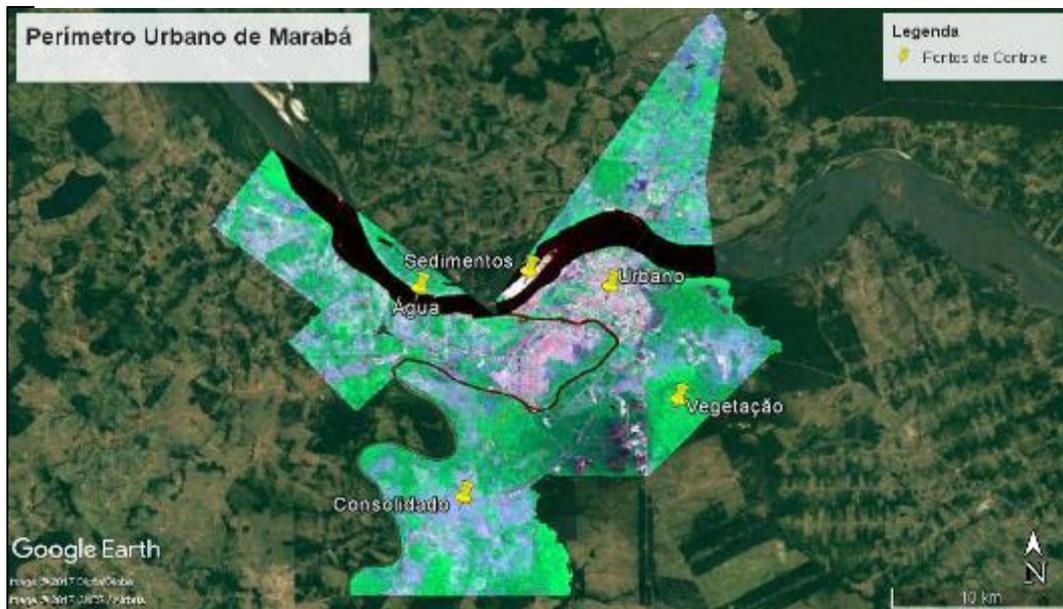
Após a classificação da imagem, seguiu-se para a fase de pós-processamento, passando a ser gerado os dados temporais da vegetação – e demais classes – e as análises comparativas entre os anos de 2006 e 2016 objeto desse estudo. Ainda nesta etapa de pós-processamento, a imagem classificada com formato GeoTIFF, foi convertida para dado do tipo shapefile, para que pudesse ser manipulado de acordo com as necessidades da pesquisa. Sucessivamente, foi gerado uma matriz de confusão para verificar o erro do processo de classificação em relação as classes definidas. Feitos esses procedimentos metodológicos, foram elaborados mapas temáticos que auxiliaram às análises espaciais e temporais da vegetação. As figuras 02, 03 e 04 e o quadro 01 abaixo sintetizam os procedimentos supracitados.

Figura 02: Recorte da imagem Landsat 5 (bandas 5 e 4, respectivamente) pela máscara vetorial do perímetro urbano de Marabá.



Fonte: USGS (2018). Elaborado pelo autor.

Figura 03 - Coleta de pontos de controle e análise de macroclasse a partir do Google Earth



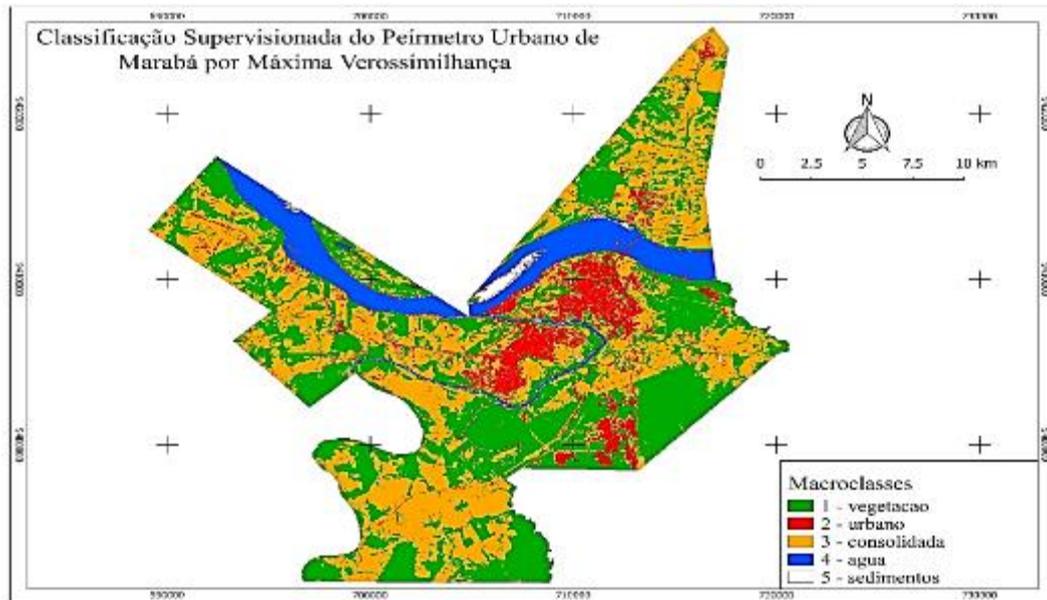
Fonte: Google Earth (2017). Elaborado pelo Autor.

Quadro 01 - Identificação das macroclasses, classes e amostras

ID	Macroclasse	Classe	Nº de Amostras	ID da Classe	Cor das Classes
1	Vegetação	Vegetação	30	1 a 30	Verde
2	Urbano	Área Urbana/Industrial	30	31 a 60	Vermelho
3	Consolidado	Área Consolidada	30	61 a 90	Amarelo
4	Água	Rio Tocantins/Itacaiúnas	30	91 a 120	Azul
5	Sedimentos	Areia	20	121 a 140	

Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 04 - Imagem classificada por Máxima Verossimilhança, de acordo com as macroclasses definidas.



Fonte: Gerado pelo SCP. Elaborado pelo autor

Feita a composição colorida para a área do perímetro urbano de Marabá, foi levantado pontos de controle com a utilização do Google Earth, para a geração das classes e coleta de amostras de treinamento.

Com os pontos de controle, foi definido 5 macroclasses: vegetação, urbano, consolidado, água e sedimentos, para que o treinamento do classificador fosse realizado. Para a Vegetação, considerou-se o total da área coberta por vegetação, seja ela vegetação nativa, floresta regenerada ou plantada existentes no perímetro. A macroclasse urbano corresponde às áreas construídas e de mineração, como casas, ruas, complexos industriais, residenciais, dentre outros. Consolidado, diz respeito às áreas antropizadas descobertas, onde há ausência de construções, como é o caso do solo exposto. Em relação à macroclasse água, abrange o conjunto de corpos d'água, como rios e seus afluentes existentes. Por fim, a macroclasse sedimentos representa o conjunto de grãos que quartzo que formam os bancos de areia pertencentes ao perímetro urbano analisado.

Foram coletadas 30 amostras para a macroclasse vegetação; 30 amostras para a macroclasse consolidado; 30 amostras para a macroclasse água; 30 para urbano e 20 para sedimentos.

O classificador escolhido, após a realização de alguns testes, foi o Maximum Likelihood (Máxima Verossimilhança), uma vez que apresentou a melhor classificação para as classes definidas.

O pós-processamento permite avaliar se o resultado do processamento está de acordo com os objetivos esperados. É nesta etapa que podemos analisar a imagem classificada, verificando: a) se a classificação está adequada; b) possível confusão na classificação de amostras; c) possibilidade de correção de erros; d) possibilidade de substituição de amostras.

Esses procedimentos são verificados principalmente através da matriz de confusão e/ou da resposta espectral de cada amostra que é gerada no classificador. Segundo Venâncio (2017), a matriz de confusão consiste na geração de dados de retorno que define a quantidade de pixels classificados corretamente – ou erroneamente – para cada classe.

Para que possa ser criada uma matriz de confusão, é necessário criar áreas de validação da qual se tenha grande certeza de qual classe pertença. Após criadas as áreas de validação, é feito o cruzamento dessas áreas (amostras) com a imagem classificada utilizando o método de estatística multivariada discreta, passando a gerar os dados de precisão da imagem. A avaliação é realizada principalmente através de duas formas: Matriz de Confusão e Coeficiente de Concordância – índice KAPPA.

Como descrito anteriormente, a etapa de avaliação da classificação faz parte do pós-processamento. Após essa etapa, seguiu-se, então, para a geração dos mapas temáticos e demais resultados que serão utilizados de acordo com a necessidade do estudo. Os dados que serão apresentados a seguir constituem a avaliação da classificação das imagens que auxiliaram a análise temporal da vegetação do perímetro urbano de Marabá, objeto de estudo deste trabalho.

Quadro 2 - Matriz de confusão da classificação da imagem Landsat 8

Macro Classe	ID	Vegetação	Urbano	Consolidado	Água	Sedimentos	Total
Vegetação	1	7770	1	3	0	0	7774
Urbano	2	0	1120	14	28	1	1163
Consolidado	3	0	21	2784	0	3	2808
Água	4	0	0	0	2858	0	2958
Sedimentos	5	0	0	0	0	324	324
	Total	7770	1142	2801	2886	328	14927
Precisão ao Produtor		100%	98%	99%	99%	98%	

Legenda:

	Número de pixels corretamente classificados
	Número de pixels incorretamente classificados
	Número de identificação de cada Macroclasse

Precisão Global	99%
Índice kappa	99%

Fonte: Gerado pelo SCP. Adaptado de Venâncio, 2017.

Quadro 3 - Matriz de confusão da classificação da imagem Landsat 5

Macro Classe	ID	Vegetação	Urbano	Consolidado	Água	Sedimentos	Total
Vegetação	1	6358	0	0	0	0	6358
Urbano	2	0	236	28	0	0	264
Consolidado	3	0	0	4007	0	0	4007
Água	4	0	0	0	7338	0	7338
Sedimentos	5	0	10	0	4	363	377
	Total	6358	246	4035	7342	363	18344
Precisão ao Produtor		100%	95%	99%	99%	100%	

Legenda:

	Número de pixels corretamente classificados
	Número de pixels incorretamente classificados
	Número de identificação de cada Macroclasse

Precisão Global	99%
Índice kappa	99%

Fonte: Gerado pelo SCP. Adaptado de Venâncio, 2017.

Conforme pode ser observado na matriz de confusão (quadro 02 e 03), a classificação foi bastante satisfatória. Isto porque grande parte dos pixels das amostras coletadas foram corretamente classificados para a classe de referência.

Se analisarmos, por exemplo, a coluna macroclasse urbano (ID = 2) do quadro 03, verificamos que há um total de 1142 pixels. Entretanto, apenas 1120 (número de pixels corretamente classificados, fundo verde do respectivo quadro) foram classificados satisfatoriamente. 21 pixels foram classificados na macroclasse consolidado (ID = 3) e 1 pixel foi classificado na macroclasse vegetação (ID = 1). Essa avaliação da classificação mostrou que a precisão do produtor para a macroclasse urbano foi de 98%.

A precisão do produtor é obtida através da divisão da quantidade de pixels corretamente classificados em cada macroclasse (fundo verde) pelo total de pixels da coluna referente a cada macroclasse (soma dos valores do fundo verde + fundo vermelho). Na prática, tendo os valores da macroclasse urbano descritos acima, como referência, tem-se a precisão do produtor:

Quadro 4 - Cálculo da precisão do Produtor

$$\begin{aligned}
 & 1120 \div 1120 + 21 + 1 = \\
 & 1120 \div 1142 = \\
 & 0,98\% \\
 & \text{Onde:} \\
 & 1120 = \text{total de pixels classificados corretamente} \\
 & 1120+21+1 = \text{somas dos pixels corretos e incorretos} \\
 & 1120 \div 1142 = \text{divisão dos corretos pelo total (corretos + incorretos)} \\
 & 0,98\% = \text{precisão do produtor}
 \end{aligned}$$

Fonte: Gerado pelo SCP. Elaborado pelo autor.

Outro referencial importante obtido a partir da matriz de confusão, de acordo com Venâncio (2017) e Congedo (2016) é a precisão do utilizador. Esta precisão diz respeito à precisão da probabilidade dos produtos gerados na classificação (mapas, por exemplo) estarem corretos em relação a sua utilização em campo.

O cálculo da precisão do utilizador é semelhante ao do produtor, mas ao invés de dividir os pixels de determinada macroclasse classificados corretamente em cada **coluna** pelo total dos pixels resultantes da soma dos pixels classificados corretamente e erroneamente, na geração da

precisão do utilizador divide-se o total de pixels classificados corretamente em cada macroclasse pela soma dos pixels da **linha** – e não mais a coluna – de determinada macroclasse.

Utilizando o exemplo dado acima, verificamos que na linha urbano (ID = 2) do quadro 02, verificamos que há um total de 1163 pixels. Por outro lado, apenas 1120 foram classificados satisfatoriamente. Então, se dividirmos os 1120 (classificados corretamente na linha urbano pelo total da referida linha que é de 1163, temos a precisão do utilizador. Essa avaliação da classificação mostrou que a precisão do utilizador para a macroclasse urbano foi de 96%, conforme segue:

Quadro 5 - Cálculo da precisão do Utilizador

$$1120 \div 1120 + 14 + 28 + 1 =$$

$$1120 \div 1163 =$$

$$0,96\%$$

Onde:

1120 = total de pixels classificados corretamente

1120 + 14 + 28 + 1 = somas dos pixels corretos e incorretos

1120 ÷ 1163 = divisão dos corretos pelo total (corretos + incorretos)

0,96% = precisão do utilizador

Fonte: Gerado pelo SCP. Elaborado pelo autor

3 ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO PERÍMETRO URBANO DE MARABÁ DE 2006 A 2016

O atual processo de desenvolvimento das sociedades tem provocado mudanças socioambientais em escala local e global. O local é onde temos a percepção mais acentuada dos fenômenos que nos cerca, pois podemos perceber os efeitos diretos de ações de poluição e degradação da natureza. Nas últimas décadas, com o crescente processo de urbanização, as cidades e os centros urbanos passaram a exercer influência significativa sobre a poluição e contaminação dos espaços onde vivem a maior parte da população.

A análise temporal é importante instrumento de verificação das alterações dessas influências que impacta diretamente a vida tanto em áreas urbanas quanto nas demais áreas em constante transformação. A análise em questão está centrada apenas na cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá, para, a partir dessa variável, serem elaboradas as correlações com as outras variáveis que compõem o uso e ocupação da terra/solo.

3.1 Impactos na Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal engloba o conjunto da vegetação de determinada área, desde a vegetação nativa até a vegetação secundária. Embora a conceituação de cobertura vegetal gere interpretações conceituais diversas quando nos referimos a áreas urbanas, como exemplo: áreas verdes, livres, é utilizado neste trabalho o termo cobertura vegetal de forma análoga e abrangendo todos os outros. Em relação à cobertura vegetal, pode ser definida como a projeção da vegetação resultantes de áreas verdes e as unidades de conservação urbanas ou rurais que podem ser identificadas por fotografias aéreas. Já as áreas verdes são espaços providos de vegetação na área urbana em que o principal elemento que compõe essas áreas seja a vegetação e exerçam função estética, lazer e ecológico-ambiental, como as zonas ambientais urbanas, bosques, praças. (NUCCI e CAVALHEIRO, 1999; LUZ e RODRIGUES, 2012).

O desmatamento da cobertura vegetal nas cidades tem tronado a vida urbana cada vez mais precária, pois influencia diretamente outros aspectos, como: a qualidade da água, assoreamento das nascentes/áreas de preservação, qualidade do ar, humidade. Segundo Nucci e Cavaleiro (1999); Lima e Amorim (2006), a cobertura vegetal é relacionada pela população com função cultural e de satisfação, mas ela vai além: exerce funções físicas de estabilização dos solos, proteção de nascentes e mananciais, fornecedor de alimentos, equilíbrio da humidade, redução de ruídos, obstáculo contra os ventos, filtração do ar, ordenamento visual e organização dos espaços.

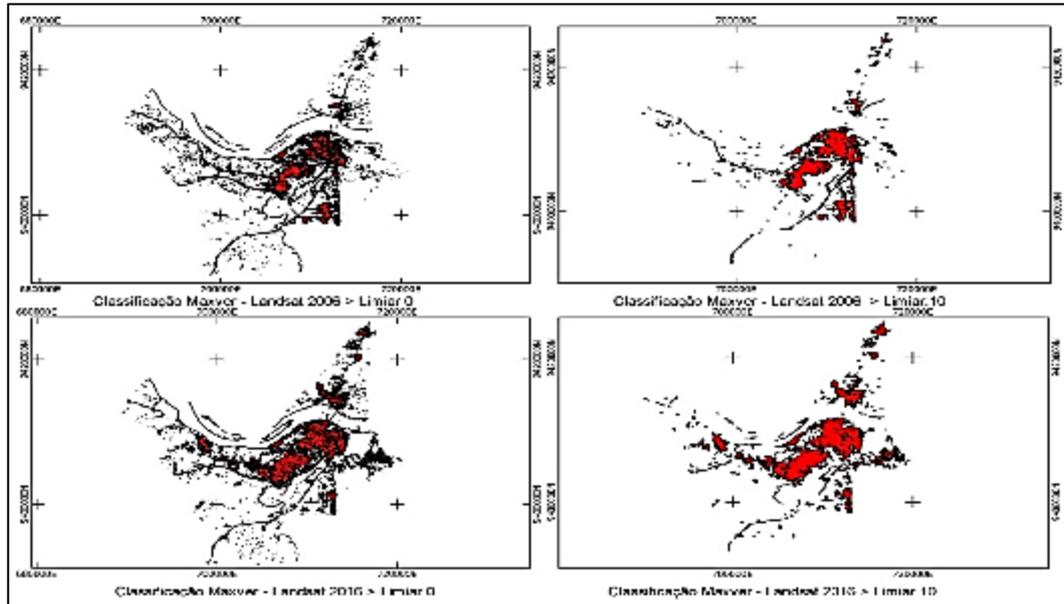
3.2 Expansão Urbana e correlação com a Cobertura Vegetal

O perímetro urbano (PU) de Marabá, sobretudo nos últimos anos, passou por mudanças significativas, seja na sua configuração ou nos processos de intensificação dos problemas socioambientais. As lógicas de produção do espaço urbano possibilitaram ocupações em áreas de interesse ambiental, matas ciliares, avanço sobre a vegetação nativa e desmatamento de áreas rurais, o que tem contribuído com impactos na cobertura vegetal dessa área, provocando desequilíbrio ambiental. Soma-se a esse desequilíbrio os provocados pelos desmatamentos de áreas cadastradas como rurais no perímetro urbano.

A partir de 2006 houve grande intensificação no processo de expansão urbana, que mantém correlação direta com a supressão da cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá. A intensificação da urbanização impactou a cobertura vegetal nos diversos núcleos de Marabá,

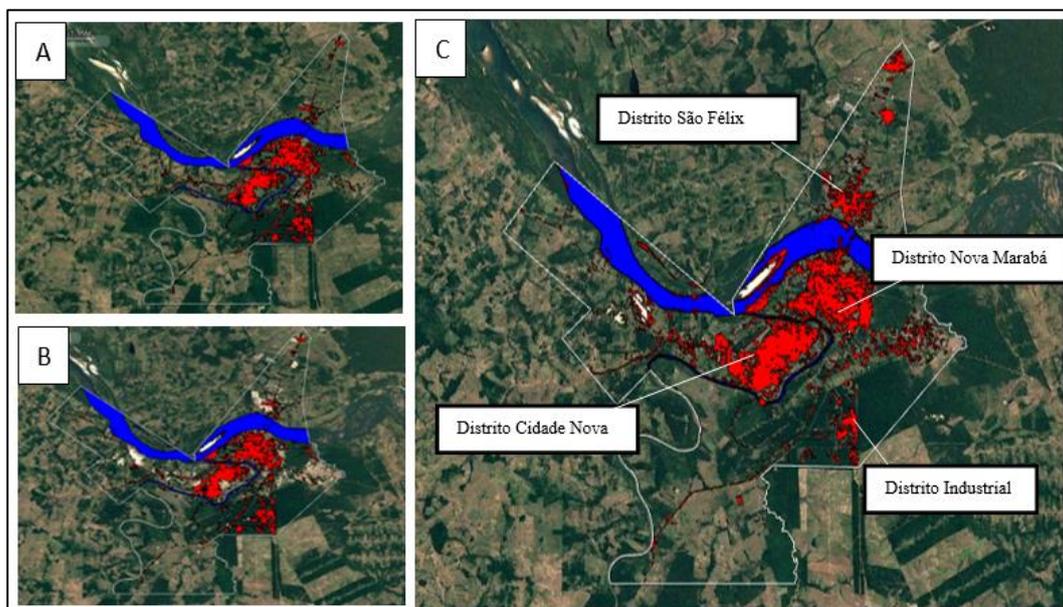
incluindo as áreas de expansão do PU. A figura 05 e 06 a seguir mostram a expansão da macha Urbana entre 2006 e 2016.

Figura 05 - Expansão da mancha urbana no período de 2006 a 2016 (com e sem limiar).



Fonte: Gerado pelo SCP. Elaborado pelo autor

Figura 06 - Comparação mancha urbana e imagem entre 2006 a 2016



Fonte: Google Earth (2016); PMM (2014). Elaborado pelo autor.

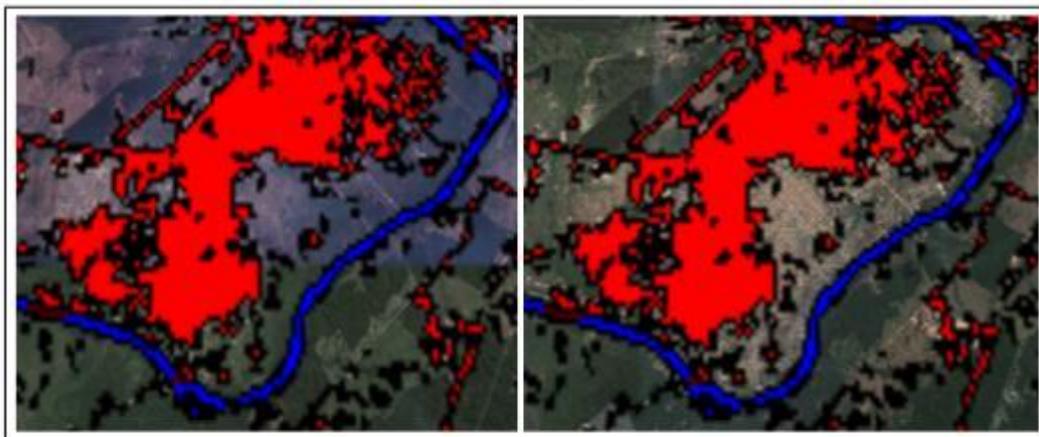
Nas figuras acima são apresentadas as comparações entre a mancha urbana de 2006 com a área urbana para os anos de 2006 e 2016. Na imagem A, temos a mancha urbana e imagem (ambas de 2006) onde é possível verificar a concentração da área urbanizada na Nova Marabá e

Cidade Nova, com baixos índices nos demais núcleos, além da manutenção da mata ciliar do rio Itacaiúnas com grande quantidade de cobertura vegetal nas áreas de proteção e interesse ambiental.

Na imagem B (com mancha urbana de 2006 e imagem de 2016) o contraste entre a mancha urbana e a expansão a partir de 2006 é bastante acentuada. A partir desse momento verificamos o avanço para os demais núcleos (como exemplo o Distrito de São Félix). Isso ocorreu devido a intensificação da urbanização em Marabá a partir do período Pós-ALPA, conforme denominado por Souza (2015). Os resultados dos intensos processos de urbanização podem ser verificados na imagem C, onde a mancha urbana em 2016, após os processos citados, demonstra grande quantidade de área urbanizada com crescimento em praticamente todos os núcleos da cidade.

A figura 7 abaixo traz a comparação entre duas imagens, uma de 2006 e outra de 2016, ambas com mancha urbana de 2006. Nela é possível verificar, considerando o Distrito Cidade Nova, que entre 2006 e 2016 esse distrito também passou por intensos processos de expansão, inclusive gerando impacto sobre a Zona Especial de Interesse Ambiental. A área as margens do rio Itacaiúnas aparece bastante conservado em 2006, mas em 2016, essa mesma área aparece desmatada, passando a existir grande quantidade de habitações, oriundas das lógicas de expansão do espaço urbano

Figura 7 - Comparação mancha urbana (2006) e imagem (2006 e 2016)



Fonte: Google Earth (2016). Elaborado pelo autor

A verificação da correlação entre a cobertura vegetal e a expansão urbana foi essencial para a obtenção dos resultados. Embora a expansão urbana exerça papel secundário nesse trabalho, constituiu-se elemento importante para a compreensão dos dados, pois se houve grande expansão urbana nos últimos anos (como demostramos), ela impactou diretamente outro elemento da

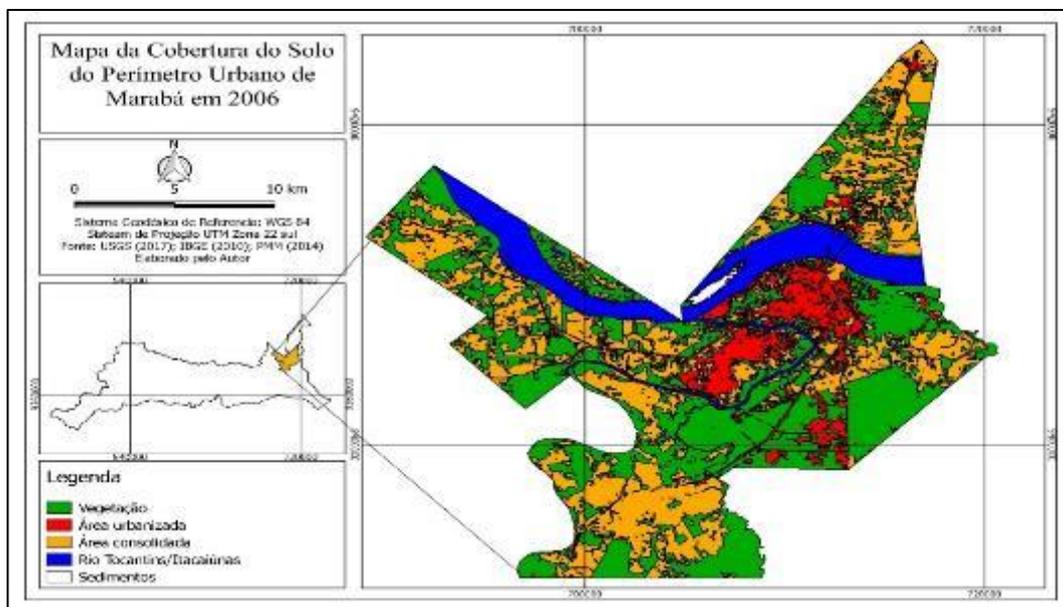
cobertura da terra/solo, e esse elemento é, quase em sua totalidade, a cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá.

3.3 Análise comparativa entre 2006 e 2016

A cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá no curto período analisado (2006 a 2016) passou por processos de supressão e ainda continua avançando. Duas frentes principais e antagônicas se destacam: a expansão urbana e o desmatamento de áreas cadastradas como rurais. De acordo com Leite et al. (2017), à medida que a os processos de expansão urbana avançam, a vegetação existente é suprimida e a cobertura vegetal é intensamente reduzida.

Para a realização da análise comparativa entre a cobertura vegetal de 2006 a 2016 foi elaborado, primeiramente, mapa temático da cobertura do solo, posteriormente extraídos os dados de vegetação – e construídos mapas temáticos comparativos entre o espaço temporal definido – e, por fim, a geração de mapas da cobertura vegetal para alguns núcleos da cidade.

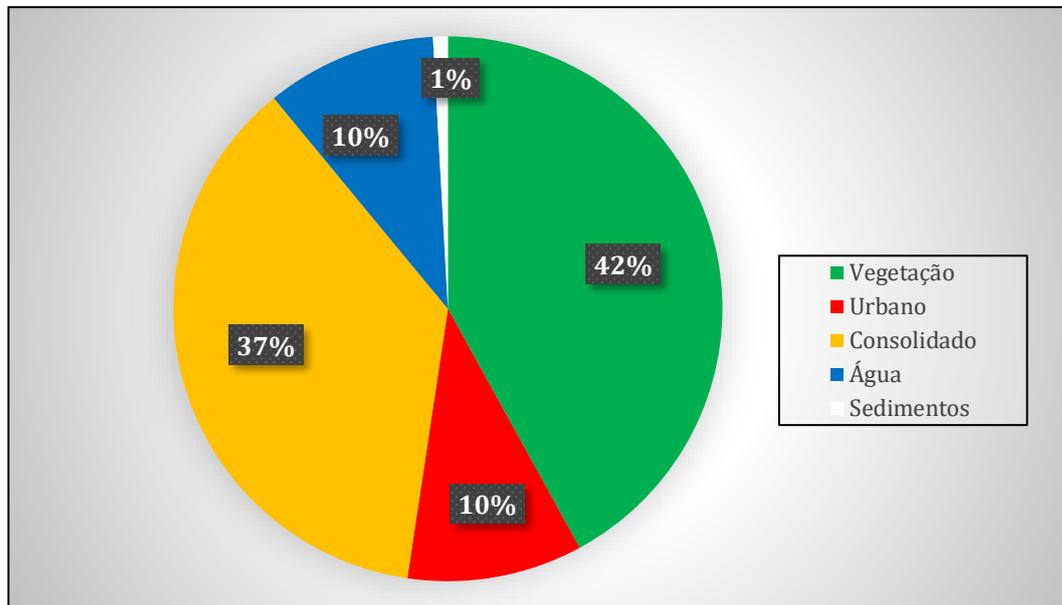
Mapa 1 - Cobertura do Solo através da Classificação Supervisionada MAXVER



Fonte: Gerado pelo SCP. Elaborado pelo autor

A elaboração do mapa de cobertura do solo foi etapa importante para a extração dos primeiros dados de observação e análise, como, por exemplo, o total da área das classes e a verificação de onde ocorreu impactos na cobertura vegetal espalhados pelo perímetro. Dessa forma, para a cobertura do solo foi gerado os seguintes dados:

Gráfico 1 - Representação do quantitativo da Cobertura do Solo em 2006.



Fonte: Gerado pelo SCP. Elaborado pelo autor

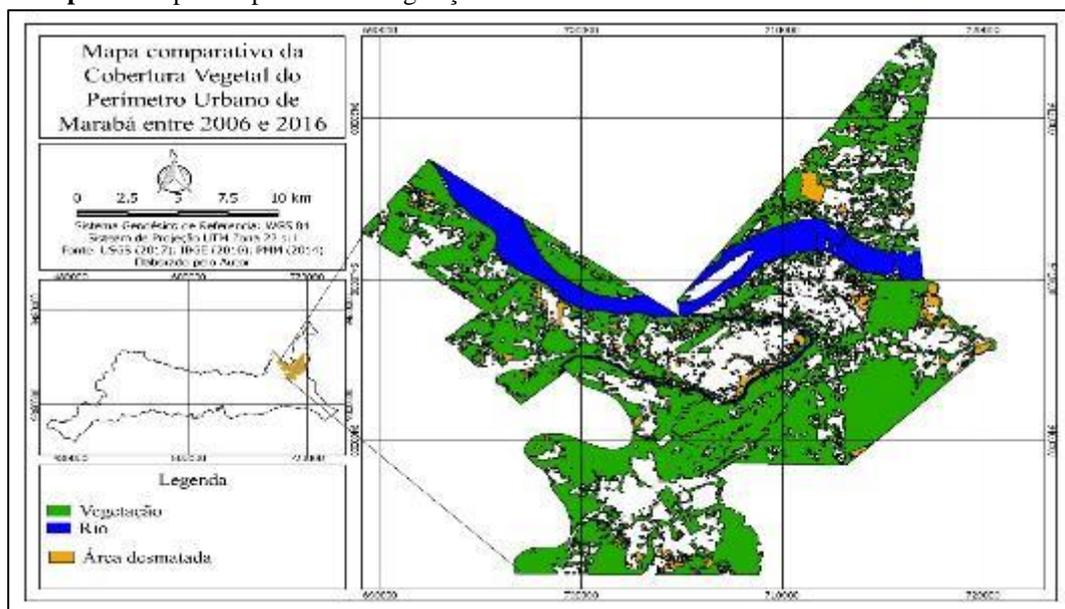
Através dos dados apresentados no mapa 01 e gráfico 01 é possível verificar que, para o total de área correspondente ao perímetro urbano de Marabá, em 2006, a cobertura vegetal apresentava 42.03%, enquanto as outras classes com maior representatividade (área urbanizada e área consolidada), somadas, chegam a apenas 47% da área total. Por outro lado, verifica-se que, por mais que a vegetação apresente dado satisfatório, a distribuição não ocorre de forma homogênea, mas pontual, o que significa que determinadas áreas apresentarão baixos índices de cobertura vegetal, enquanto outras áreas são bem providas.

A partir desses dados foi gerado mapas temáticos e comparativos da cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá entre 2006 e 2016. Na comparação realizada, três aspectos tiveram destaque:

a) ao invés do que se esperava para a cobertura vegetal (a supressão e consequente diminuição das áreas de vegetação nativa e secundária), ocorreu o contrário: o total de cobertura vegetal aumentou nos últimos 10 anos; b) realmente a expansão urbana foi responsável pela supressão de parte da vegetação do perímetro urbano, entretanto, a vegetação nas áreas do perímetro cadastradas como rurais se regenerou, ou seja, enquanto a mancha urbana avançou sobre a vegetação nos núcleos, nas áreas de expansão houve avanço da vegetação sobre as áreas consolidadas, que só foi possível através da conservação e manutenção da vegetação; c) houve acréscimo da cobertura vegetal na ZEIA da Velha Marabá, mas acentuada supressão da vegetação da mancha ciliar do Rio Itacaiúnas.

Essa contestação só é possível quando analisado a cobertura vegetal de todo o perímetro urbano de Marabá. Isso significa que se verificado apenas as áreas realmente urbanizadas nos núcleos, os dados demonstram o contrário: o impacto na vegetação dos núcleos foram bastantes significativos, principalmente nos núcleos Nova Marabá, Cidade Nova e São Félix. Todavia, o aumento da vegetação nas áreas de expansão serviu como compensação, inclusive superando o total desmatado para os núcleos, com um acréscimo de aproximadamente 4.500 hectares, conforme os dados a seguir.

Mapa 2 - Mapa comparativo da vegetação entre 2006 e 2016



Fonte: Elaborado pelo autor

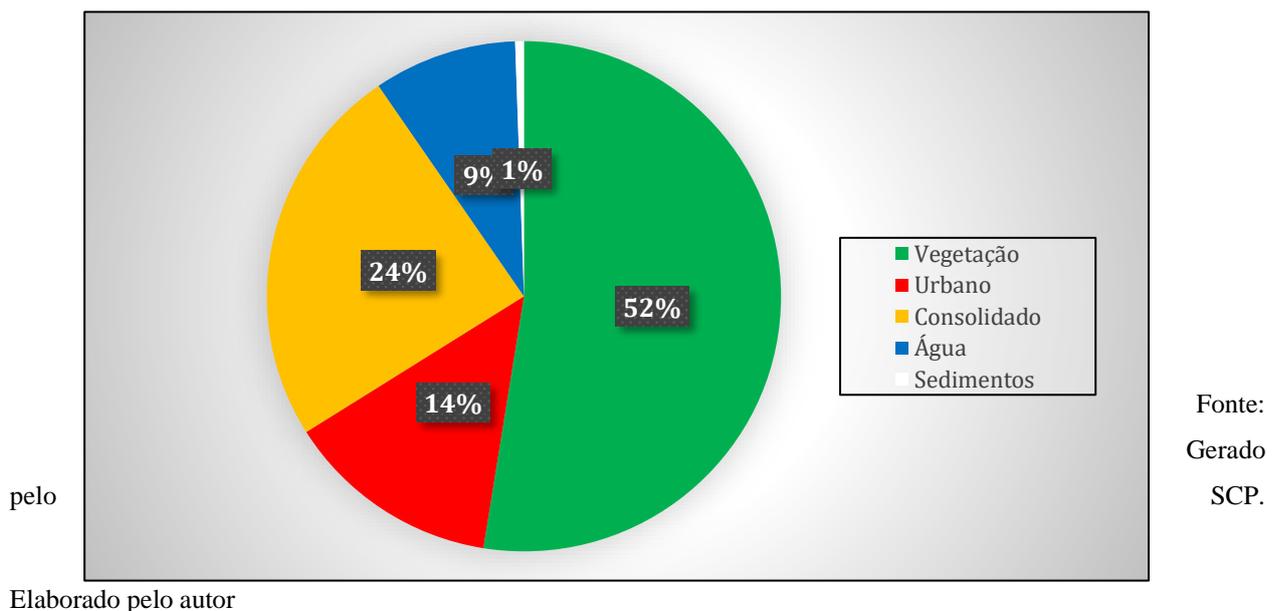
Tabela 1 - Quantitativo da Cobertura do Solo para as macroclasses do perímetro urbano de Marabá em 2016.

Macroclasses	Área	
	(ha)	(%)
Vegetação	22.749	52.54
Urbano	5.866	13.55
Consolidado	10.551	24.37
Água	3.904	9.02
Sedimentos	0,225	0,52
Total	43.291	100

Fonte: Gerado pelo SCP. Elaborado pelo autor

Como mencionado anteriormente, se analisado o total da área correspondente ao perímetro urbano de Marabá, percebemos, por mais que tenha ocorrido a expansão urbana sobre áreas de vegetação nos diversos núcleos, que o total da cobertura vegetal entre 2006 e 2016 saltou de 18.192 para 22.749 hectares, que corresponde a aproximadamente 4.557 hectares. Esse acréscimo fez com que a cobertura vegetal ultrapassasse 50% do total da área do perímetro urbano em 2016.

Gráfico 2 - Representação do quantitativo da Cobertura do Solo em 2016



No gráfico 02 podemos verificar o aumento da área urbana e da vegetação, enquanto a área consolidada diminuiu consideravelmente. Isso porque, se a expansão urbana teve influência sobre a cobertura vegetal, esta, por sua vez, avançou sobre as áreas consolidadas.

Como citado anteriormente, esse aumento só é possível quando analisamos o total da área do perímetro, onde as áreas de expansão urbana exercem uma “compensação” da cobertura vegetal em relação ao total desmatado nos núcleos urbanos e áreas realmente urbanizadas. Mas se analisarmos por núcleos, onde se encontra as construções de casas, prédios, indústrias e assentamentos, a percepção é de que a cobertura vegetal foi e continua sendo impactada, conforme nos mostra os dados abaixo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de geoprocessamento envolvendo o conjunto de procedimentos são essenciais para os estudos socioambientais diante do crescente impacto que são causados pelas sociedades capitalistas. Essas técnicas cumpriram com os objetivos desse trabalho de proceder a análise temporal da vegetação do perímetro urbano de Marabá, perpassando momentos de aquisição e preparação das imagens até a geração dos mapas temáticos, em que os resultados do processamento foram satisfatórios.

No que concerne a cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá, algumas conclusões merecem destaque: Nos últimos anos houve intenso processo de expansão urbana que impactou a cobertura vegetal, mas esse impacto foi sentido, quase em sua totalidade, apenas nos distritos urbanizados, como exemplo: Cidade Nova, Nova Marabá e São Félix. Em contrapartida, as áreas mais afastadas dos núcleos urbanos, como o distrito de Expansão Urbana, não sofreram muitos impactos, o que fez com que a vegetação se mantivesse preservada e se regenerasse. Essas áreas onde houve regeneração da vegetação apresentam áreas preservadas, como Reserva Legal, que contribuiu para a manutenção da Cobertura Vegetal.

É perceptível o impacto causado na vegetação pela expansão urbana entre 2006 a 2016, mesmo que esse impacto seja pequeno para o período analisado. Entretanto, em termos quantitativos, esse impacto não provocou diminuição na cobertura vegetal quando considerado o total do perímetro, pois mesmo havendo a supressão da vegetação nos distritos urbanos, a capacidade de regeneração da vegetação nas áreas mais afastadas foi superior à área desmatada, fazendo com que no período de 10 anos analisados, houvesse saldo positivo de vegetação de aproximadamente 4.500 ha. Esse crescimento (cerca de 4.500 hectares) ocorreu sobretudo nas áreas de preservação mais afastadas dos Distritos consolidados, onde ainda há a presença da vegetação nativa (remanescentes) que estão localizadas nas áreas cadastradas como rurais no CAR. Esse é um dado importante, pois ao passo dá lógica do desmatamento de áreas rurais em geral, nessas áreas pertencentes ao perímetro urbano de Marabá que estão cadastradas como rurais não só houve preservação como também processos de regeneração da vegetação, mesmo ainda mantendo índices de supressão da vegetação.

A regeneração da vegetação ocorreu de forma pontual, o que significa que as áreas onde houve intensificação da expansão urbana possui baixos índices em relação às áreas mais afastadas que fizeram a cobertura vegetal ter saldo positivo para o total do perímetro. Quando analisado os

distritos de forma isolada, alguns distritos apresentaram saldo negativo na comparação entre 2006 e 2016 para a cobertura vegetal, demonstrando resultados mais preocupantes ainda quando este impacto ocorre sobre áreas de APP e ZEIA, tendo a Velha Marabá como elemento de contradição à lógica defendida, pois houve avanços na cobertura vegetal em função da preservação e regeneração de áreas consolidadas e de proteção, além apresentar pequeno índice de supressão da vegetação que foi compensado pelo crescimento apresentado de 300.000m².

O Distrito da Cidade Nova entre 2006 a 2016 passou por intensos processos de expansão urbana, fazendo que a cobertura vegetal dessa área sofresse impacto de 89 hectares, que corresponde a aproximadamente 890.000m². Esse desmatamento ocorreu principalmente nas margens do rio Itacaiúnas, o que torna essa supressão mais prejudicial, pois ela impacta não apenas a vegetação, mas o rio e suas diversas funções de indicador da qualidade ambiental.

Mesmo com um acréscimo positivo de 45.570.000m² na cobertura vegetal do perímetro urbano de Marabá, é preciso haver conscientização da importância da manutenção e conservação da vegetação que é essencial para o equilíbrio ambiental e que mantém influência sobre os solos, protegendo-os e impedindo o avanço do assoreamento dos rios, além de tantos outros benefícios apresentados ao longo desse trabalho.

Por fim, é preciso estar atento às dinâmicas recentes, no que diz respeito às legislações que autorizam a regularização e parcelamento de áreas rurais com destinação urbana, visando a expansão em direção às áreas de maior cobertura vegetal, o que pode impactar significativamente o equilíbrio ambiental e as condições de vida da população.

5 REFERÊNCIAS

CONGEDO, Luca. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. [S.l.: s.n], 2016. Disponível em: <http://semiautomaticclassificationmanualv5.readthedocs.io/pt_BR/latest/introduction.html>. Acesso em: 19/03/2018.

LIMA, Carlos Eduardo Santos et al. **Análise multitemporal da cobertura vegetal do município de Garanhuns - PE, através dos dados de NDVI**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 17., 2015, João Pessoa-PB. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 0163-0170. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/>>. Acesso em: 20/06/2017.



LIMA, V; AMORIM, M. C. C. T. **A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades.** Revista Formação, São Paulo, v. 1, n. 13, dez. 2006. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/853>>. Acesso em: 19/03/2018.

NUCCI, J. C; CAVALHEIRO, F. **Cobertura vegetal em áreas urbanas: conceito e método.** Revista GEOUSP – espaço e tempo, São Paulo, n. 6, nov. 1999. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123361>>. Acesso em: 19/03/2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARABÁ (PMM). **Revisão do Plano Diretor Participativo de Marabá, Pará:** relatório de leitura técnica. Marabá: PMM/Diagonal, 2011. 218p.

RIBEIRO, Rovaine. **As cidades médias e a reestruturação da rede urbana amazônica: a experiências de Marabá no Sudeste Paraense.** 2010. 136f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SOUZA, Marcus Vinicius Mariano de. **O Projeto ALPA e a produção do espaço urbano em Marabá (PA): a cidade mercadoria e as desigualdades socioespaciais.** 2015. 297f. Tese (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, programa de Pós-graduação em Geografia, Uberlândia, 2015.

VENÂNCIO, Pedro. **Deteção remota e processamento digital de imagens com o QGIS e o Semi-Automatic Classification Plugin.** In: Encontro Nacional de Software Aberto para Sistema de Informação Geográfica (SASIG), 7., 2017, Porto-Portugal. Disponível em: <<http://osgeopt.pt/sasig2017/index.html>>. Acesso em: 19/03/2018.