

Levantamento da cobertura de Floresta Atlântica no Paraná por imagens Landsat: um exemplo aplicado ao município de Matinhos entre 2015 e 2017

Monitoring Atlantic Forest cover in Paraná by Landsat imagery: an example applied to Matinhos between 2015 and 2017

Luiz Augusto Macedo Mestre

Doutor em Ecologia. Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral, Matinhos, PR, Brasil
luiz.mestre@ufpr.br

Gustavo Augusto Santos Elste

Gestor Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral, Matinhos, PR, Brasil
santoselste@gmail.com

Antônio Luís Serbena

Mestre em Ecologia. Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral, Matinhos, PR, Brasil
alserbena@gmail.com

Juliana Rechetelo

Doutora em Ciências Ambientais. Instituto Federal Catarinense, Brusque, SC, Brasil
jurechetelo@gmail.com

Rodrigo Filipak Torres

Mestre em Zoologia. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Matinhos, PR, Brasil
rodrigo.torres@icmbio.gov.br

Resumo

Neste artigo descrevemos a metodologia e comparamos a cobertura de floresta nativa no município de Matinhos (PR) entre 2015 e 2017. Geramos arquivos vetoriais com base na metodologia utilizada pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) e corrigimos o mapeamento por meio de edição matricial e da comparação com imagens de melhor resolução espectral e de diferentes escalas. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 de junho de 2015 e fevereiro de 2017 para classificação e quantificação das áreas, comparadas entre si em porcentagem e visualmente com imagens publicadas de diferentes resoluções (CBERS 4, Google Earth e MapBiomias). Calculamos uma perda de 61,7 hectares de vegetação nativa no município neste período. As áreas mais afetadas estão localizadas em áreas próximas as estradas ou borda da ocupação urbana, geralmente isoladas e pouco visíveis. Considera-se o método aplicado como uma importante alternativa para o monitoramento de áreas da Floresta Atlântica.

Palavras-chave: Desmatamento; Mata Atlântica; Método PRODES; Sensoriamento Remoto

Abstract

We described the method and compared vegetation cover in the municipality of Matinhos (Paraná - Brazil) from 2015 to 2017. We generated vector files based on PRODES Digital method, corrected and compared to images with better spectral resolution and different scales. We used images from the Landsat 8 satellite from June 2015 and February 2017 to classify and quantify the areas and compared by percentages using visual correction with better resolution images (CBERS 4, Google Earth and MapBiomias). We calculated a loss of 61.7 hectares of native vegetation in this period.

The most affected areas are located in sites near roads or border of urban occupation, generally isolated and barely visible. We consider this method an essential alternative for the monitoring of Atlantic Forest sites.

Keywords: Forest clearing; Atlantic Forest; PRODES; Remote Sensing.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento do desmatamento das florestas brasileiras é um desafio constante para instituições governamentais e conservacionistas. Há algumas décadas, são usadas técnicas de sensoriamento remoto para monitorar o desmatamento das florestas tropicais (i.e. TALBOT e PETTINGER, 1981; FULLER, 2006). No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais monitora o desmatamento da Amazônia pelo projeto PRODES desde 1988, sendo pioneiro no país (SOUZA *et al.*, 2013; INPE, 2017). Além do projeto PRODES, o SOS Mata Atlântica e o MapBiomas são outras importantes iniciativas que auxiliaram significativamente o mapeamento do desmatamento de outros Biomas, incluindo a Floresta Atlântica. Estes projetos identificam áreas desmatadas com métodos diferentes, descritos a seguir.

O projeto PRODES calcula as taxas anuais de desmatamento na Amazônia com base no monitoramento por satélite (INPE, 2017). O PRODES utiliza imagens de satélites Landsat (com 30 metro de resolução espacial e taxa de revisita de 16 dias), estimando a taxa anual do desmatamento bruto na Amazônia, desde 1988 (VASCONCELOS e NOVO, 2004; CÂMARA, 2008). A extensão do desmatamento é estimada utilizando escala de 1:100.000 com área mínima de mapeamento de aproximadamente 6 hectares. As imagens e arquivos são divulgados ao governo e a população pela internet por imagens, mapas vetoriais e tabelas (INPE 2017a, <http://www.obt.inpe.br/prodes>).

O Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional Pesquisas Espaciais) é publicado desde 1990. Neste projeto, a metodologia de interpretação visual de imagens é a base para o mapeamento e a validação é feita com imagens do Google Earth, Landsat 5 e Landsat 8. O método utiliza a escala de 1:50.000, sendo que a área mínima de mapeamento abrange o equivalente 3 hectares (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE, 2017b). O Atlas do SOS Mata Atlântica/INPE usa um conceito de floresta mais restrito à vegetação conservada, sendo indicada para identificação de desmatamentos e análise da conservação da biodiversidade (ROSA, 2016).

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas) é produzido por instituições ligadas ao Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (MAPBIOMAS, 2017). O MapBiomas envolve especialistas e softwares que processam e classificam imagens gerando uma série histórica de mapas anuais de cobertura e

uso da terra do Brasil com base em imagens Landsat (MAPBIOMAS, 2017). O projeto usa uma classificação baseada em frações de solo, vegetação verde, vegetação não-fotossintética e sombra geradas através do Modelo Espectral de Mistura de imagens Landsat (semelhante ao utilizado no projeto PRODES). O MapBiomass pode ser considerado como mais detalhado e indicado para análises de fragmentação, restauração e proteção da água (ROSA, 2016).

Apesar das importantes bases metodológicas citadas e dos dados geográficos, estes métodos ainda são pouco difundidos, precisam de uma grande equipe de pesquisadores e técnicos, e por consequência dificulta mensurações de desmatamento por municípios e o monitoramento da supressão da floresta em menores regiões. Os objetivos deste artigo foram descrever os métodos utilizados e calcular a área desmatada no município de Matinhos (PR). Utilizamos o método PRODES Digital e edição matricial, realizado com imagens do satélite Landsat 8 (disponíveis na internet). O seguinte método foi testado com imagens do município de Matinhos, Paraná, comparadas entre os anos de 2015 e 2017, utilizando as mesmas bases de imagens dos métodos mais abrangentes anteriormente citados.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Classificação das Imagens

Foram utilizadas para a composição das imagens as bandas 4 (R), 5 (G) e 6 (B) do sensor OLI do satélite Landsat 8 (órbita/ponto 220/78) de 16 de junho de 2015 e Landsat 8 (órbita/ponto 220/78) de 23 de fevereiro de 2017. As imagens Landsat 8 foram georeferenciadas no software QGIS com o plugin (Georreferenciador). Estas imagens foram adquiridas do banco de dados digital do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>) e escolhidas com base nas datas e na menor cobertura de nuvens possível, menor que 11%, desobstruindo o município de Matinhos, PR. No software SPRING (SPRING Versão 5.50, 32 Bits, CÂMARA *et al.* 1996) foi criada uma imagem sintética com as três bandas especificadas e aplicado contraste sobre esta imagem composta. Em seguida, foi aplicado o modelo de mistura. Foi registrada como satisfatória a diferenciação dos pontos que representam os três componentes de classificação (Verde = Vegetação, Vermelho = Solo, Azul = Água ou sombra), dada pela representação gráfica das curvas espectrais e com base nos valores do modelo de mistura. Os planos de interesse das três imagens Landsat 8 foram determinados e diferenciaram as imagens resultantes dos modelos.

Em seguida, foi selecionada a imagem resultante do Modelo de Mistura da imagem fração “Solo”, pois foi considerada como uma fração com bom contraste entre as classes automáticas geradas pelo software SPRING. Utilizou-se a ferramenta de Segmentação, pelo método Crescimento de Regiões, sendo a banda do modelo de mistura com similaridade 8 e área de 16

pixels. Em um próximo passo, foi utilizada a ferramenta de Classificação na imagem resultante, e criado um novo arquivo de análise por tipo Regiões. Foi realizada a extração dos atributos das regiões e a classificação não supervisionada (isoseg) da imagem (com limiar de aceitação de 99%, pois neste foram geradas as imagens mais verossímeis). O algoritmo agrupa os dados, juntando regiões caracterizadas por seus atributos estatísticos de média e matriz de covariância, e também, pela área (Manual Spring; INPE, 2017c). Na sequência, foi criado um novo Modelo de Dados, como Categoria Temática. Neste modelo foram criadas as seguintes classes temáticas, a) Floresta, b) Urbana e c) Nuvens. Foram modificadas as cores dos polígonos de cada classe pela ferramenta Visual de Apresentação Gráfica. Na nova Categoria Temática criada, foram mapeadas as classes, relacionando as cores automaticamente criadas com as novas cores das categorias criadas manualmente.

Comparação da área desmatada

Sobre uma nova cópia da imagem em Categorias Temáticas geradas, foi recortado o plano de informação no município de Matinhos (PR), com base no polígono base dos Municípios UF do IBGE de 2005. Sobre o recorte, foram calculadas as áreas das diferentes classes da imagem classificada do município de Matinhos pela ferramenta Medidas de Classe. O cálculo das Medidas de Classe de cada imagem recortada no polígono do município de Matinhos foi feito em hectares para as duas classes (Floresta e Urbana). As áreas das classes foram comparadas em porcentagens de área de Floresta e Urbana entre as imagens de 2015 e 2017. Esta proporção foi então transformada para a área total do município de Matinhos (11.754,73 ha, Base Atlas SPRING; IBGE, 2005) para as duas imagens, possibilitando a comparação descrita nos resultados.

As imagens geradas pelo software SPRING do município de Matinhos (no ano de 2015 e 2017) foram exportadas (como *.TIF) e inseridas no software QGIS para comparação mais detalhada com outras imagens (QGIS 2.18, 2017). O Software QGIS permitiu, neste caso, uma manipulação mais ágil das imagens comparadas, utilizando o complemento OpenLayers para visualização da imagem GoogleEarth como camada. A aferição das classes foi realizada a campo e visualmente utilizando as imagens: 1) Base pancromática do satélite CBERS 4 (ponto/órbita 156/129, Sensor MUX, resolução de 10 metros) de 12 de setembro de 2015 para aferir o resultado do mapeamento realizado com base na imagem CBERS e Landsat 8; 2) Imagem base do Google Earth 2017 (complemento OpenLayers do QGIS) e o Mapa base do MapBiomias 2017 para aferir o resultado do mapeamento realizado com base na imagem Landsat de 2017.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram produzidas duas imagens finais do Município de Matinhos distinguindo as feições de áreas naturais e áreas abertas/urbanizadas com 16 meses de espaçamento temporal (Figura 1). Os resultados gerados mostraram que em 16 de junho de 2015 o município de Matinhos tinha aproximadamente 9662,1 hectares de floresta ou área de mata e 2092,6 hectares de área urbana ou desmatada. Em comparação, em 23 de fevereiro de 2017 este município tinha 9600,4 ha de floresta ou área de mata e 2154,3 ha de área urbana ou desmatada. As diferenças entre as classes das imagens nas diferentes datas mostram uma supressão de 61,7 ha de floresta (Tabela 1).

Os resultados da classificação de 2015 e 2017 (Figuras 1 e 2) foram sobrepostas as imagens CBERS, Google Earth, aos mapas disponibilizados pelo SOS Mata Atlântica (2017) e o arquivo matricial disponibilizado pelo MapBiomias (MAPBIOMAS, 2017) e mostraram uma equivalência de áreas desmatadas e não desmatadas. Esta comparação mostrou a importância de uma interpretação visual baseado no conhecimento de campo, pois áreas abertas nos topos de morros ou áreas com vegetação natural são confundidas nestes produtos. As imagens geradas neste estudo evidenciaram áreas desmatadas nas periferias da cidade de Matinhos e nos Balneários, incluindo bairros novos unindo áreas residenciais a estrada (PR 508) (Figura 2). Além disso, foram detectadas áreas abertas ou desmatadas no interior do Parque Nacional Saint Hilaire/ Lange e a menos de 50 metros do Parque Estadual Rio da Onça (PERO).

Tabela 1 - Resultado das classificações das imagens Landsat 8 de 6/10/2015 e de 23/2/2017 indicando as porcentagens de áreas naturais e áreas abertas ou urbanas quantificadas pelo estudo. Abaixo indicadas as porcentagens ajustadas para o total do município (em hectares) com base no polígono disponibilizado pelo IBGE (2005).

	Landsat 8 2015	Landsat 8 2017
Imagens Landsat 8 Data	6/10/2015	23/02/2017
Classificação		
Área natural (%)	82.198	81.673
Área aberta ou urbana (%)	17.802	18.327
Área total Matinhos		
11754.73ha	2015 ajustado	2017 ajustado
Área natural (ha)	99662.140	9600.405
Área aberta ou urbana (ha)	2092.590	2154.325
16 meses / supressão (ha)		-61.735

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

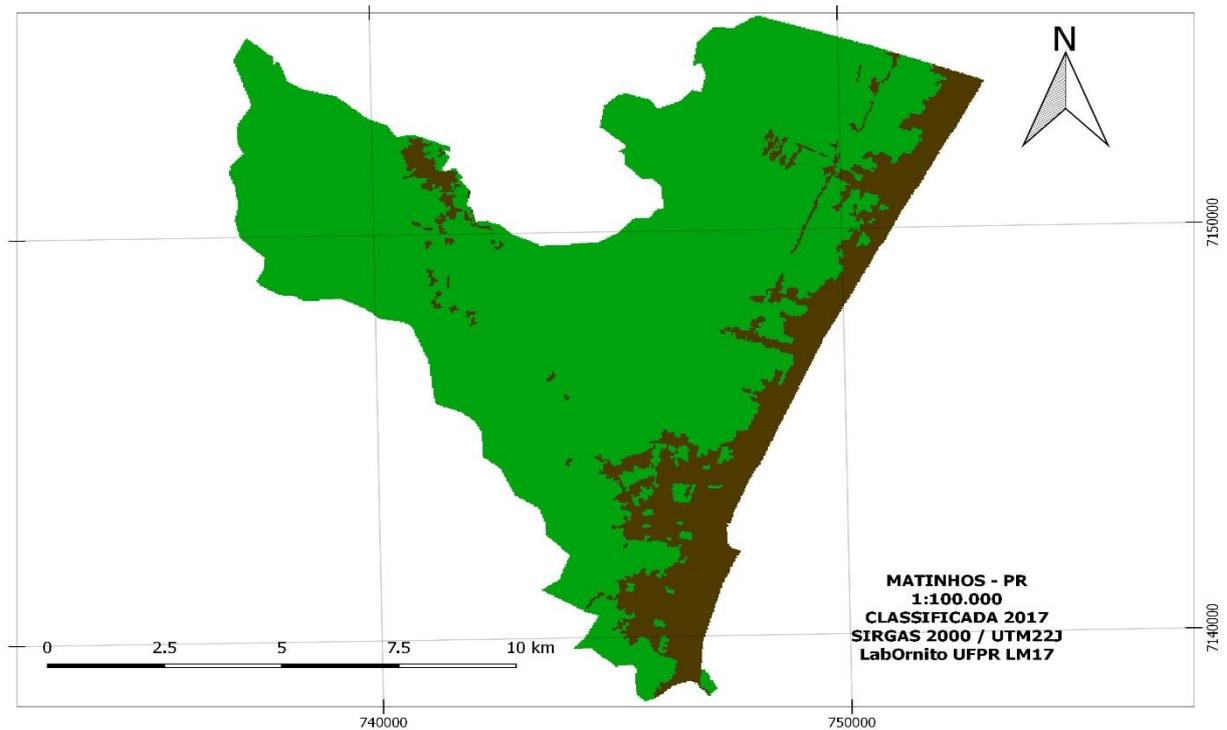


Figura 1 - Mapa do Município de Matinhos, PR, classificação nas categorias temáticas de vegetação nativa (verde) e áreas sem vegetação ou desmatadas (marrom) extraídas de imagens de 2015 (acima) e 2017 (abaixo). Imagens base LANDSAT_8, órbita/ponto 220/78 Composição bandas 4 R, 5 G e 6 B, de 16/07/2015 e 23/02/2017.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

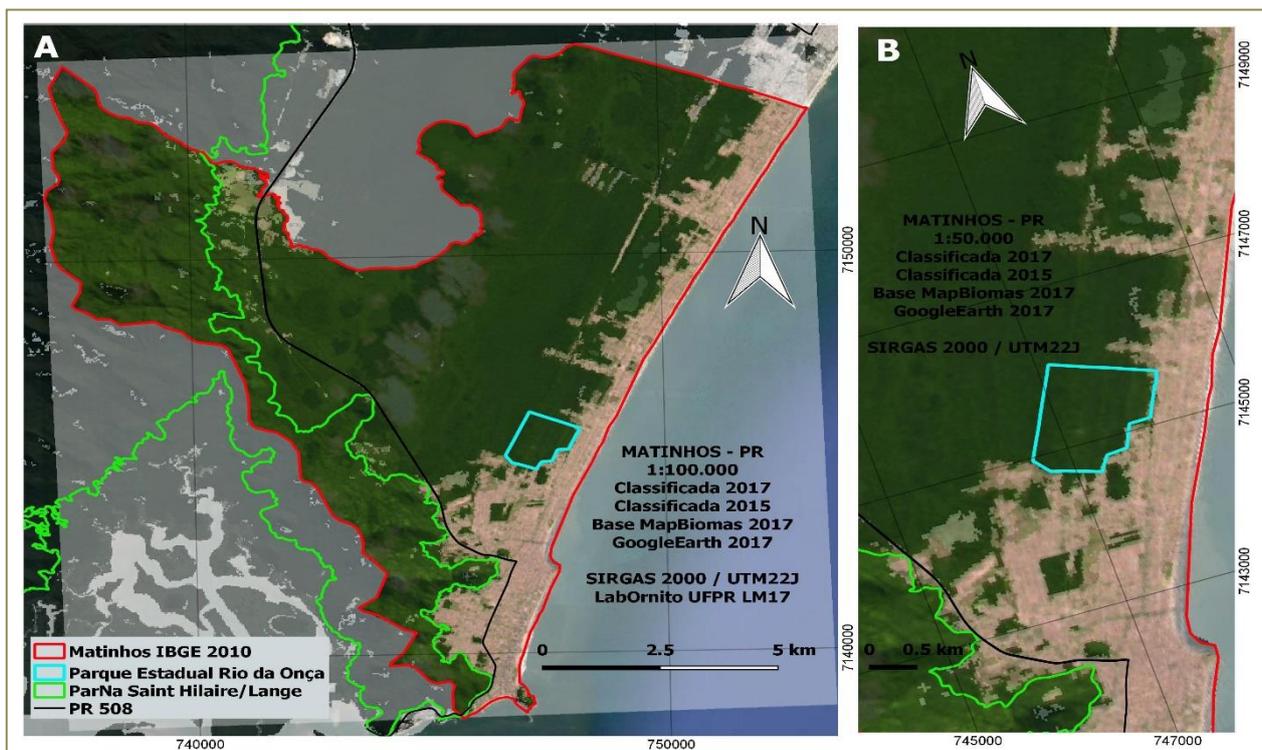


Figura 2 - A) Mapa do Município de Matinhos, PR, classificado nas categorias temáticas de vegetação nativa (verde) e áreas sem vegetação ou desmatadas (marrom) sobreposição dos arquivos gerados neste estudo (2017), das imagens do projeto MapBiomias e GoogleEarth. B) Aproximação das imagens sobrepostas mostrando áreas mais claras como desmatadas ou abertas em 2017. Base Imagens LANDSAT 8, órbita/ponto 220/78 Composição bandas 4 R, 5 G e 6 B, de 16/07/2015 e 23/02/2017.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Esse estudo mostrou que modelos lineares de mistura são ferramentas importantes para realizar o monitoramento do desmatamento da Floresta Atlântica. A técnica usada resultante do modelo de mistura da fração “solo” mostrou resultado eficiente na diferenciação das classes “floresta” e “urbano”. O resultado visivelmente diferencia as porções de floresta na imagem, o que parece razoável para o objetivo de comparação de área com floresta e sem floresta. O estudo de VASCONCELOS e NOVO (2004) também mostra a fração “solo” como importante para separar áreas alteradas de áreas de floresta e distinguir áreas sujeitas a sombreamento, causado pelo relevo, das áreas de atividade agrossilvopastoril. Além disso, a comparação visual com as imagens CBERS e Google Earth de maior resolução espacial possibilita uma detalhada aferição de imagens, o que torna possível principalmente pela pequena dimensão do Município de Matinhos.

Quando comparamos os resultados deste estudo com os dados publicados pelo SOS Mata Atlântica (SOS MATA ATLÂNTICA, 2017), observamos diferentes resultados. Ambas as análises utilizam imagens do sensor OLI do Satélite Landsat 8, porém diferentes métodos. O método utilizado pelo SOS Mata Atlântica foi a classificação manual, realizada por um intérprete que identificava e classificava as áreas em imagens com escalas 1:50.000. O método apresentado neste estudo (e utilizado no projeto PRODES, INPE, 2017) utilizou uma ferramenta matemática do software SPRING e foi refinado por uma classificação manual. A área total do município de Matinhos é ligeiramente diferente nas bases de dados trabalhadas, no entanto os dados foram calculados e descritos em porcentagens nos dois estudos (base utilizada no relatório SOS Mata Atlântica área de Matinhos como 11.791 ha comparada a Base IBGE 2005 utilizada neste estudo área de 11.754,73 ha). O Relatório do SOS Mata Atlântica descreve Matinhos como possuindo 72,7% de áreas com vegetação natural (arquivo disponível: Atlas-municípios-SOS-paraná-OK), porcentagem menor que a apresentada neste estudo (82,5%).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo a ferramenta utilizada classificou como áreas naturais algumas pequenas áreas silvipastoris e com vegetação pioneira aumentando a proporção quando comparada aos dados do SOS Mata Atlântica (SOS MATA ATLÂNTICA, 2017). Por outro lado, observamos grande semelhança entre o arquivo raster disponibilizado pelo MapBiomas (2017) e o gerado neste estudo. Apesar desta relação, os métodos deste estudo incluem uma detalhada comparação visual, usando outras fontes, discernindo locais naturais ou urbanos. Nesta base, o modelo linear de mistura aliado a um ajuste manual mostra-se uma importante ferramenta para a identificar áreas desmatadas na região de Floresta Atlântica. Estas técnicas, realizadas por instituições independentes são importantes para monitorar e divulgar o desmatamento ilegal dos últimos remanescentes da Floresta

Atlântica. Além disso, podem subsidiar ações de recuperação de áreas degradadas, planejamento de corredores ecológicos e de mosaicos de áreas protegidas, ferramentas importantes para pressionar órgãos competentes e promover a conservação da biodiversidade.

Concluimos que os mapas gerados neste estudo destacam as duas categorias temáticas (vegetação nativa, e sem vegetação ou desmatadas) são semelhantes a imagens disponibilizadas por outros projetos. No Município de Matinhos foram modificados 61,7 ha em um período de apenas 16 meses. O modelo linear de mistura aliado a um ajuste manual é uma importante ferramenta para a separar classes na região de Floresta Atlântica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Professora Suely Franco Siqueira Lima pela atenciosa revisão deste artigo. Agradecemos também aos revisores anônimos e a Luiz Eduardo Panisset Travassos pelas importantes sugestões ao manuscrito.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, G.; VALERIANO, D.; VIANEI, J. (Revisado por M. Motta e L. Maurano, 2013). **Projeto PRODES Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Coordenadoria Geral de Observação da Terra Programa Amazônia. São José do Campos: INPE, 2006. 24p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

FULLER, D. Tropical forest monitoring and remote sensing: A new era of transparency in forest governance? **Singapore Tropical Geography**, v. 27, n. 1, p. 15-29, 2006.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - GEOCIÊNCIAS. **Malha municipal do Estado do Paraná. 2010**. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 20 abr. 2017.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto PRODES DIGITAL Apresentação**. 2017a. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/apresentacao_prodes.pdf>. Acessado em: 29 abr. 2017.

INPE. **Projeto PRODES DIGITAL Metodologia**. 2017b. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>>. Acesso em: 2 mai. 2017.

INPE. **Manual SPRING**. 2017c. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em: 2 mai. 2017.

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. 2017**. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/map#coverage>>. Aceso em: 2 jun. 2017.

QGIS Development Team / Version 2.18 (2017). **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: 2 mai. 2017.

ROSA, M. R. Comparação e análise de diferentes metodologias de mapeamento da cobertura florestal da Mata Atlântica. **Boletim Paulista de Geografia** v. 95, p. 25-34, 2016.

SOS M. A. Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica - Período 2015-2016. Relatório técnico**. São Paulo. 2017. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2015-2016_relatorio_tecnico_2017.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2017.

SOUZA, C.; SIQUEIRA, J.; SALES M.; FONSECA, A.; RIBEIRO J.; NUMATA, I.; COCHRANE, M.; BARBER, C.; ROBERTS, D.; BARLOW, J. Ten-Year Landsat Classification of Deforestation and Forest Degradation in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing** v. 5, p. 5493-5513, 2013.

TALBOT, J. J.; PETTINGER L. R. Use of remote sensing for monitoring deforestation in tropical and subtropical latitudes. **Ciência Interamericana** v. 1, n. 4, p. 61-73, 1981.

VASCONCELOS, C.; NOVO, E. M. L. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. **Acta Amazônica**. v. 34, n. 3, p. 487-493, 2004.

Trabalho enviado em 29/01/2019
Trabalho aceito em 12/12/19