



Dinâmica de uso e cobertura da terra em Rurópolis, Pará

Wesley Vicente Claudino^{1,*} , Jupiara Barauna da Silva Sanches¹ , Edgley Pereira da Silva¹ ,
Charles Caioni² , Antônio Carlos Silveiro da Silva² 

¹Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, MT, Brasil.

²Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina, MT, Brasil.

*Autor correspondente: wesleyherbam@gmail.com

Recebido: 03/08/2018; Aceito: 04/09/2019

Resumo: O uso da terra sem planejamento acarreta inúmeros problemas de ordem ambiental, como a transformação da floresta em fragmentos que alteram toda estrutura e dinâmica da paisagem natural. Os objetivos deste trabalho foram avaliar as alterações da paisagem natural do município de Rurópolis (PA), bem como o comportamento do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em relação às principais classes de uso da terra. Utilizaram-se imagens dos sensores TM e OLI, satélites Landsat 5 e 8, respectivamente, no período de 1986 a 2016, e as imagens foram classificadas em quatro classes de uso da terra, sendo: corpos d'água, solo exposto, vegetação densa e uso alternativo do solo. Os resultados mostraram que, no decorrer de 30 anos, houve reduções progressivas na vegetação densa do município em 7,3% entre os anos de 1986 a 2016 e um aumento do uso antrópico de 5,2%. O coeficiente Kappa, exatidão global, acurácia do produtor e acurácia do usuário foram aplicados para verificar a confiabilidade das técnicas utilizadas neste estudo. Com valores mais altos, a exatidão global e as acurácias do produtor e usuário destacaram-se em relação ao coeficiente Kappa. Porém, o índice Kappa apresenta maior confiança em seus resultados pelo fato de utilizar todas as células da matriz de confusão. Desse modo, recomenda-se a utilização do coeficiente Kappa para estudos de classificação de imagens orbitais.

Palavras-chave: geoprocessamento; índice de vegetação por diferença normalizada; paisagem.

Dynamics of land use and coverage in Rurópolis, Pará, Brazil

Abstract: Unplanned land use leads to innumerable environmental problems, such as the transformation of the forest into fragments that alter the entire structure and dynamics of the natural landscape. The objective of this article was to evaluate the changes in the natural landscape of the municipality of Rurópolis-PA, as well as the behavior of the normalized difference vegetation index (NDVI) in relation to the main land use classes. Images of TM and OLI satellite sensors Landsat 5 and 8, respectively, were used from 1986 to 2016, and were classified into four classes of use, namely: Water bodies, exposed soil, dense vegetation and alternative use from soil. The results showed that in the course of 30 years there were progressive reductions in the dense vegetation of the municipality by 7.3% between the years 1986 to 2016 and an increase in the anthropic use of 5.2%. The Kappa coefficient, Global Accuracy, producer accuracy and user accuracy were applied to verify the reliability of the techniques used in this study. With higher values, the Global Accuracy and the accuracy of the producer and user stood out in relation to the Kappa Coefficient. However, the Kappa Index shows greater confidence in its results because it uses all the cells in the confusion matrix. Therefore, it is recommended to use Kappa Coefficient for orbital image classification studies.

Keywords: geoprocessing; normalized difference vegetation index; landscape.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira abrange a maior área de florestas tropicais úmidas do planeta (CÂMARA et al., 2006). Contudo, ao longo dos anos, ela vem sendo submetida a fortes processos antropogênicos (FERREIRA et al., 2015), decorrentes em sua maioria do crescente aumento do uso da terra relacionado a atividades como a agricultura e a pecuária extensiva. Estima-se que 20% da floresta Amazônica já tenha sido convertida em diferentes usos da terra

(IBGE, 2010). De acordo com Godfrey e Browder (1996), em resultado a esse processo, a Amazônia pode ser vista hoje como um espaço segmentado e organizado em resposta aos diferentes usos e agentes predominantes de ocupação.

A redução da cobertura florestal pode implicar significativas mudanças no clima local e regional, por exemplo, o aumento da emissão de gases de efeito estufa, acréscimos da temperatura da superfície (BLUNDEN & ARNDT, 2014) e do ar, redução da evapotranspiração (NEPSTAD et al., 2004) e consequentemente da precipitação, entre outros.

Estudos recentes têm demonstrado que o conhecimento dos principais usos da terra e do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é de extrema importância para a execução de monitoramentos da paisagem natural. Para tanto, o uso do sensoriamento remoto pode ser considerado uma importante ferramenta, visto que permite, em um curto espaço de tempo, a análise de extensas áreas (NUNES et al., 2015; CAIONI et al., 2017). Conforme Freitas (2012), os dados gerados nos mapeamentos de uso e de ocupação da terra podem ainda ser de grande relevância na ampliação de políticas de fiscalização e desenvolvimento regional em diferentes escalas. Além do índice de vegetação, a classificação supervisionada é largamente utilizada em trabalhos envolvendo dinâmica de desmate, podendo ser uma ferramenta auxiliar na descrição de uso da terra, sobretudo quando se utiliza o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER). Segundo Queiroz et al. (2004), esse algoritmo é o mais comum entre os classificadores e trabalha assumindo uma distribuição normal dos dados da amostra. Avaliar como a ocupação humana influencia o ambiente natural é de suma importância para o entendimento da dinâmica de ocupação de uma região e torna-se uma ferramenta essencial no desenvolvimento sustentável, sobretudo em áreas que estão no início do processo de colonização e mudança na paisagem, como a região amazônica.

Em meio à Amazônia central, encontra-se o município de Rurópolis (PA), onde o avanço desordenado da atividade agrícola associado ao crescimento urbano têm contribuído (ao longo dos anos) para o aumento nas taxas de desmatamento na Amazônia brasileira (BONENTE et al., 2007). O município está inserido na rota de colonização da Transamazônica, entre Cuiabá e Santarém, e passou a ser habitado por imigrantes de todas as regiões brasileiras em busca de terra fértil para trabalhar na agricultura, sendo dirigido pelo Programa de Integração Nacional, baseado em pequenos investimentos para o microprodutor. Com isso, a Amazônia passou a ser vista como fonte de matéria-prima e de produtos industrializados, destinados a atender as demandas dos centros dinâmicos de economia nacional para o mercado internacional (BRITO & GUERRA, 2015). Ribeiro e Leopoldo (2003) relatam que, com a construção da Transamazônica, no início da década de 1970, a colonização dirigida pelo INCRA foi uma forma planejada de ocupação da Amazônia. Foi nesse contexto histórico que surgiu o município de Rurópolis, que foi planejado para ser um centro urbano e que, assim como outros existentes no projeto, exigia uma infraestrutura padronizada que cumprisse com as normas estabelecidas no projeto.

Nesse sentido, este trabalho teve dois objetivos:

- realizar uma análise da distribuição espacial do uso e da cobertura da terra do município de Rurópolis, organizado em uma escala temporal de 30 anos;
- verificar a adequabilidade do NDVI como auxílio na classificação supervisionada, trabalhando com uma escala de 1:750.000.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Rurópolis, o qual tem área de 7.021,294 km² (IBGE, 2017) e está situado na porção sudoeste do estado do Pará (Figura 1). Possui população de 49.093 habitantes e, de acordo com o Atlas de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2010), o índice de desenvolvimento humano (IDH-M) municipal é de 0,548, abaixo do IDH do estado, que é de 0,646, e do Brasil, que é de 0,730.

De acordo com a atualização climática realizada por Alvares et al. (2013), segundo os critérios estabelecidos por Koppen (1948), o município de Rurópolis está inserido na categoria climática Af, sendo tropical de floresta. As médias de temperatura variam entre 26,1 e 28,6°C, e a pluviosidade média anual é em torno de 2.432 mm. A vegetação predominante no município é a floresta ombrófila densa, que circunda a parte sul da bacia amazônica (IBGE, 2012).

Para análise espaço-temporal da cobertura vegetal, foram obtidas gratuitamente no *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey* — USGS) seis imagens dos sensores Thematic Mapper (TM) — plataforma Landsat-5 — e duas imagens do sensor Operational Land Imager (OLI) — plataforma Landsat-8 —, compreendendo uma série temporal de 30 anos (1986 a 2016). Optou-se ainda pela escolha de datas referentes ao período de seca na região (maio a setembro), a fim de evitar a presença de nuvens nas imagens (Tabela 1).

Após a aquisição das imagens, aplicou-se a correção atmosférica pelo modelo Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH), sendo adotadas como condições iniciais a visibilidade de 35 km, a atmosfera tropical e o modelo de aerossóis continental. O FLAASH opera na faixa espectral entre 400 e 2.500 nm e

os processamentos são feitos *pixel a pixel*. O modelo parte da imagem de radiancia que chega ao sensor e permite obter a reflectância de superfície com base na derivação de parâmetros atmosféricos como albedo, altitude da superfície, coluna de vapor e água, profundidade óptica de aerossóis e nuvens, além da temperatura da superfície da atmosfera (KRUSE, 2004). As características das imagens utilizadas são expostas na Tabela 2.

Todas as imagens provenientes do sensor TM foram ainda georreferenciadas de acordo com as imagens ortoretificadas GeoCover disponibilizadas no *site* da National Aeronautics and Space Administration (NASA) (SMITH; ZANONI; PAGNUTTI, 2004).

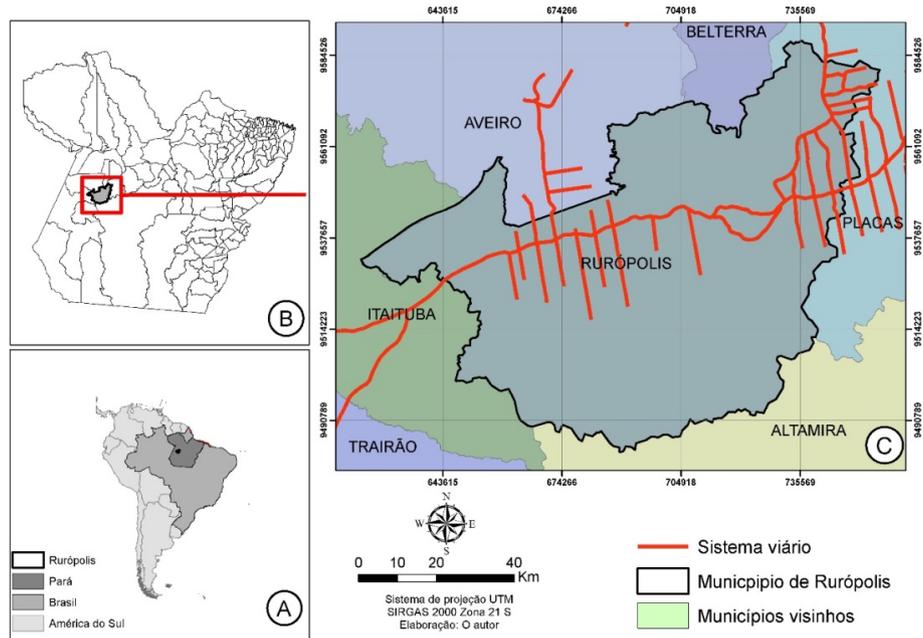


Figura 1. Município de Rurópolis nos contextos (A) sul-americano, (B) paraense e (C) municipal.

Tabela 1. Características das imagens orbitais adquiridas para o estudo.

Satélites	Sensor	Órbita	Ponto	Bandas	Resolução	Data	Fonte
Landsat 5	TM	227	63	7, 4 e 2	30	18/07/1986	USGS
Landsat 5	TM	228	63	7, 4 e 2	30	05/08/1986	USGS
Landsat 5	TM	227	63	7, 4 e 2	30	31/05/1996	USGS
Landsat 5	TM	228	63	7, 4 e 2	30	25/06/1996	USGS
Landsat 5	TM	227	63	7, 4 e 2	30	11/07/2006	USGS
Landsat 5	TM	228	63	7, 4 e 2	30	22/07/2006	USGS
Landsat 8	OLI	227	63	6, 5 e 4	30	29/06/2016	USGS
Landsat 8	OLI	228	63	6, 5 e 4	30	14/07/2016	USGS

Tabela 2. Comportamento das bandas espectrais dos sensores Thematic Mapper (TM) e Operational Land Imager (OLI), a bordo dos satélites Landsat-5 e Landsat-8.

Sensor	Bandas Espectrais	Faixa Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área magueada
TM	(B2) Verde	0,50–0,60 μm	30 m	16 dias	185 × 185 km
	(B4) Infravermelho próximo	0,76–0,90 μm			
	(B7) Infravermelho médio	2,08–2,35 μm			
OLI	(B4) Vermelho	0,64–0,67 μm	30 m	16 dias	185 × 185 km
	(B5) Infravermelho próximo	0,85–0,88 μm			
	(B6) SWIR-1	1,57–1,65 μm			

Para a obtenção da imagem do município de Rurópolis, fez-se necessária a criação do mosaico entre as imagens com órbita/ponto 227/63 e 228/63. Nessa etapa, adotou-se ainda como padrão para todas as imagens a projeção UTM, SIRGAS 2000 Zona 21 S. Após o processo de construção de mosaicos, as imagens foram recortadas com base no *shapefile* referente às áreas do município.

No sentido de obter os valores de NDVI, executou-se no *software* ArcGis 10.3 o modelo matemático proposto por Rouse Jr. et al. (1973) (Equação 1), cujo índice de vegetação é obtido por meio das refletâncias das bandas referentes à região do infravermelho próximo e do vermelho.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \tag{1}$$

Em que:

NIR = a reflectância no infravermelho próximo;

RED = a reflectância no vermelho.

Foram ainda definidos quatro intervalos de classes: corpos d'água de -1 a 0,35, solo exposto de 0,36 a 0,63, uso alternativo do solo de 0,64 a 0,79 e vegetação de 0,80 a 1.

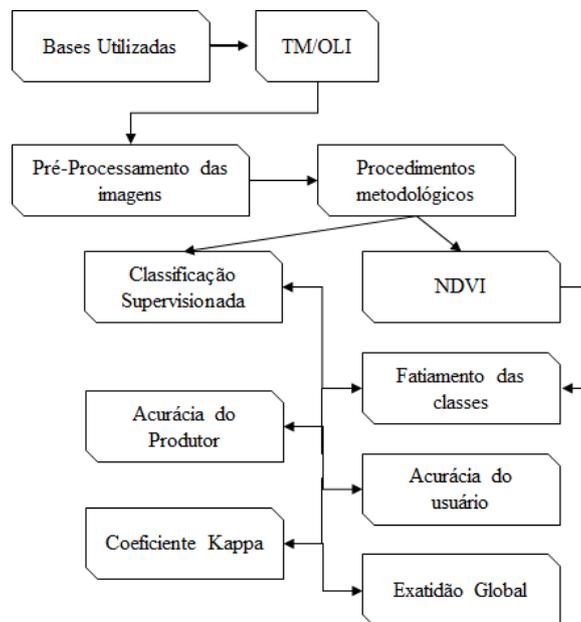
Após a obtenção das imagens, realizou-se a classificação por *pixel*, e a técnica de classificação multiespectral utilizada foi a de MAXVER. As classes de uso do solo foram escolhidas de acordo com as características apresentadas na região:

- Corpos d'água: áreas ocupadas com água livre de vegetação, englobando os rios e lagos;
- Solo exposto: consideraram-se todas as superfícies desprovidas de qualquer tipo de cobertura vegetal detectável pelo sensor;
- Uso alternativo do solo: compreendeu todos os diferentes usos da terra (lavoura, pastagem, área urbana, entre outros);
- Vegetação densa: foram considerados todos os tipos de vegetação existentes na área.

As terminologias e as descrições consideradas no mapeamento de uso e cobertura da terra foram adaptadas com base na classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical do Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982).

Para verificar a confiabilidade do NDVI em relação à classificação, calculou-se o coeficiente Kappa proposto por Congalton e Green (1998), que verifica o nível de similaridade entre duas amostras no espaço georreferenciado.

Além disso, realizaram-se as análises de exatidão global, que é calculada dividindo-se o somatório da diagonal principal pelo total de pontos amostrados da linha ou da coluna da matriz de confusão. Segundo Congalton (1991), essa é uma das técnicas mais utilizadas na realização de avaliação de acurácia da classificação de dados de sensoria-mento remoto. A sequência de processamento é exemplificada na Figura 2.



TM: Thematic Mapper; OLI: Operational Land Imager; NDVI: índice de vegetação por diferença normalizada.

Figura 2. Fluxograma com a rotina de produção do trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início do período de colonização do município, em 1986, a maior porcentagem do território era vegetação densa, com 642.991,68 ha (92,1%), seguido de 23.854,95 ha (3,4%) de uso alternativo do solo, 27.751,50 ha (4%) de solo exposto e 3.862,17 ha de corpos d'água. De 1986 a 1996, observou-se que a vegetação foi suprimida, de 642.991,68 para 620.389,60 ha, o que representou perda de 3,3%, passando de 92,1 para 88,8% do total. Houve aumento na área antropizada (uso alternativo do solo), que de 23.854,95 ha evoluiu para 38.678,22 ha, com acréscimo de 3,4 para 5,5%, evidenciando que o município estava em processo de ocupação, principalmente na zona rural (Figura 3).

Entre os anos de 1996 e 2006, ocorreu redução da vegetação de 620.389,60 (88,8%) para 607.954,3 ha (87%), ocasionando perda de 1,8%. Nesse mesmo período, o uso alternativo do solo teve acréscimo de 3,7%, de 38.678,22 (5,5%) para 63.973,7 ha (9,2%). Segundo Rivero et al. (2009), uma das atividades que mais impactaram a cobertura florestal dos estados que compõem a Amazônia Legal foi a pecuária, responsável por grande parte da conversão de florestas em outros tipos de uso.

De 2006 a 2016, o processo de ocupação ampliou o padrão de antropização com mais áreas de solo exposto pelo aumento de estradas vicinais na região e pelas derrubadas para implantação de lavouras e pecuária, haja vista a exploração dos produtores rurais em busca de maiores lucros por meio da agricultura familiar com plantios de banana, cacau e urucum, além da pecuária. Nesse período, a vegetação densa sofreu decréscimo de 607.954,30 para 592.222,10 ha, representando perda de 87,04 para 84,78% em consequência do avanço da pecuária e da implantação da agricultura. O uso

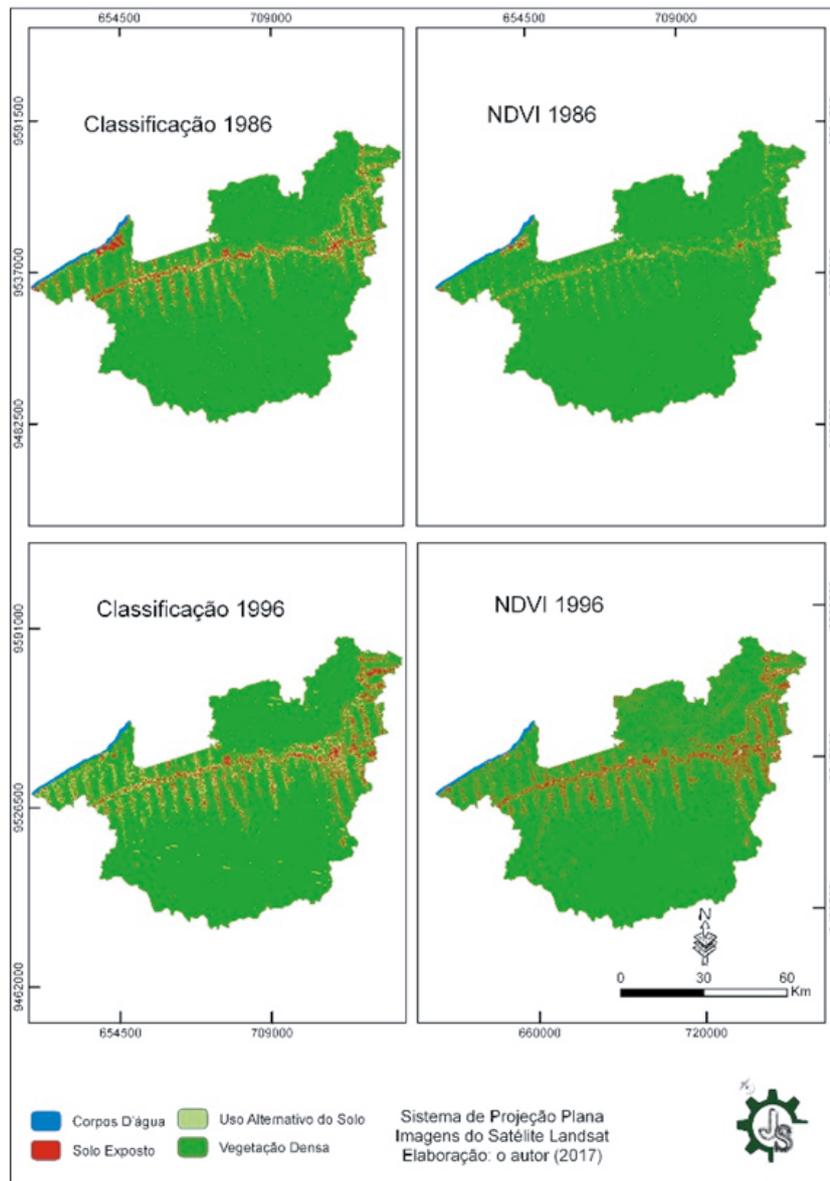


Figura 3. Uso e cobertura do solo no município de Rurópolis (PA) em 1986 e 1996.

alternativo dessa vez também decresceu de 63.973,17 (9,15%) para 60.035,76 ha (8,58%). A classe solo exposto, nesse período, cresceu de 22.621,32 (3,23%) para 42.384,51 ha (6,06%), o que explica o decréscimo na classe de uso alternativo do solo (Figura 4). Esse fato pode estar relacionado ao preparo de terra para agricultura, o que necessita da limpeza da área e da manutenção de cobertura morta nas propriedades. Os dados são exemplificados na Tabela 3.

Serrão et al. (1990) relatam que a criação de gado requer a utilização de grandes áreas, o que potencializa o processo de conversão de florestas em pastagens, sobretudo quando o manejo da produção é feito de forma extensiva. Demattê (1988) acrescenta que a baixa longevidade da produtividade associada com a baixa fertilidade dos solos da

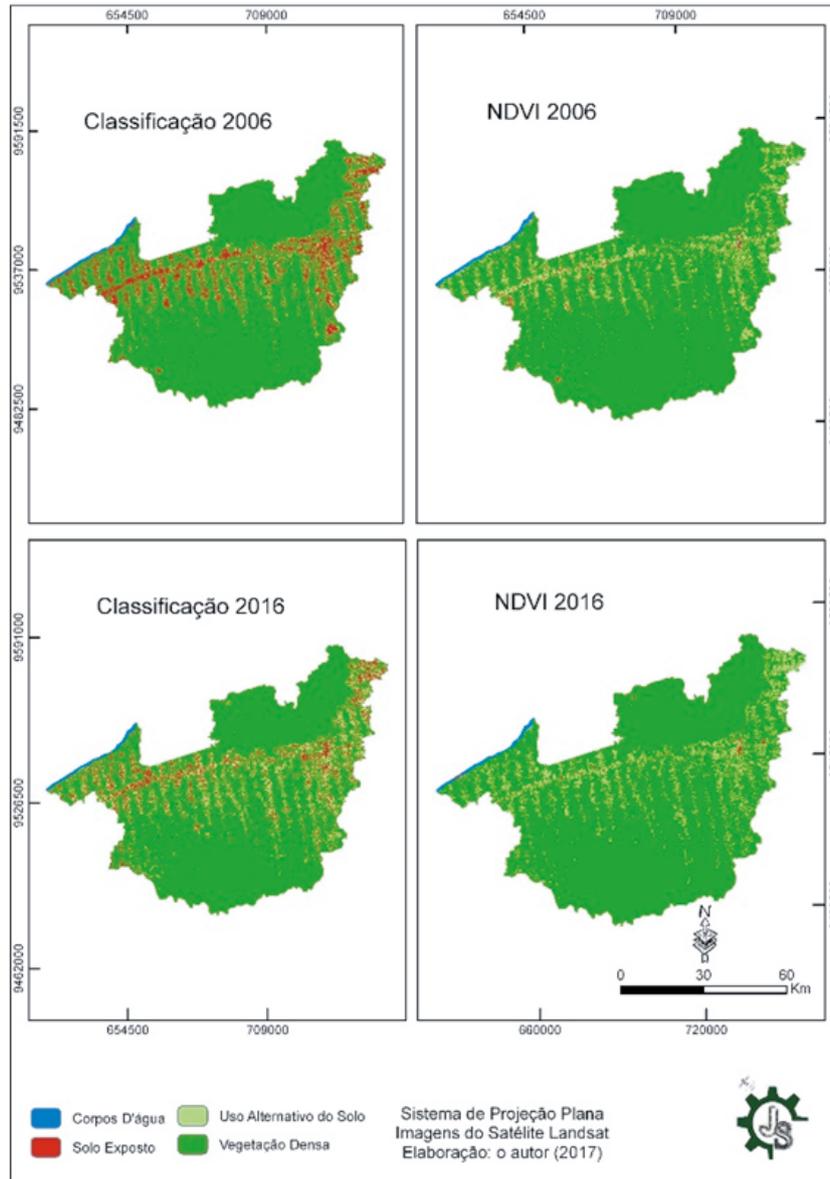


Figura 4. Uso e cobertura do solo no município de Rurópolis (PA) em 2006 e 2016.

Tabela 3. Síntese das classes de uso da terra verificadas após o processamento das imagens, considerando os anos de 1986 a 2016.

Classes	1986		1996		2006		2016	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Vegetação densa	642.991,68	92,1	620.389,6	88,8	607.954,3	87,0	592.222,1	84,8
Uso alternativo do solo	23.854,95	3,4	38.678,22	5,5	63.973,7	9,2	60.035,76	8,6
Solo exposto	27.751,5	4,0	35.530,31	5,1	22.621,32	3,2	42.384,51	6,1
Corpos d'água	3.862,17	0,6	3.862,17	0,6	3.910,98	0,6	3.817,93	0,5

Amazônia e as práticas inadequadas de manejo levam os produtores a abandonar suas áreas originais em busca de outras para a implantação de novas pastagens, em geral, avançando sobre áreas de florestas primárias.

Segundo os dados do INPE (2008), que utiliza dados do projeto PRODES, Rurópolis está entre os municípios que tiveram taxa de desmatamento de 20 a 50% entre os anos de 2000 e 2006, ficando fora da chamada fronteira consolidada do desmatamento, que são aqueles que têm a maior participação na faixa de desmatamento acima de 50%. Os dados do INPE, porém, são muito superiores aos verificados no presente estudo, o que pode ser explicado pela técnica utilizada ou mesmo pela diferente resolução espacial das imagens utilizadas no PRODES.

Rivero et al. (2009) afirmam que uma mudança significativa dos dados de 1996 para 2006 é a expansão do desmatamento para as áreas no entorno dos municípios que têm a maior intensidade de ocupação, ou seja, mais influência antrópica. As zonas onde existe aumento de antropização (municípios, áreas urbanas, vilas etc.), que têm uma taxa de desmatamento na casa de 20 a 50%, ocorrem principalmente no entorno das zonas com infraestrutura urbana já consolidada.

Para maior acurácia nos dados relativos ao desmatamento e ao mapeamento de uso do solo, os dados encontrados utilizando a classificação supervisionada foram comparados aos do NDVI. A comparação e a análise dos resultados podem aumentar a precisão desse tipo de estudo.

Os resultados do índice Kappa foram de 38, 41, 42 e 51% para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016, respectivamente (Tabela 4). Entre eles, o ano de 1986 correspondeu à concordância razoável por apresentar valor entre 20 e 40%. Os demais anos (1996, 2006 e 2016) corresponderam à concordância moderada. Os valores de exatidão do coeficiente Kappa estão pautados nos critérios definidos por Landis e Koch (1977). No entanto, a estatística descritiva da exatidão global atingiu a proporção de 93, 89, 87 e 88% para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016, respectivamente. A média dos valores do índice Kappa resultou em valor de 43%, sendo uma avaliação moderada de acordo com a tabela de referência de Landis e Koch (1977).

Os índices de exatidão global foram maiores que o índice Kappa, resultado semelhante ao encontrado por outros autores (CONGALTON, 1991; FIDALGO, 1995; COSTA, 1999). A exatidão global calculada para as quatro matrizes de confusão apresentaram resultados de bons a excelentes. Com base apenas nesses resultados, este índice poderia ser considerado excelente. No entanto, Congalton (1991) alerta que, baseando-se apenas no índice de exatidão global, as inferências feitas podem gerar equívocos e conclui que o cálculo e a análise das acurácias conferem maior significado aos dados.

Na Tabela 4, observa-se que a acurácia do produtor (classificação MAXVER) apresentou valores excelentes para as classes corpos d'água e vegetação densa. Segundo Congalton e Green (2009), são valores considerados muito bons para o índice. Em contrapartida, para as classes de uso alternativo do solo e solo exposto, apresentaram-se valores muito baixos. A acurácia do produtor indica a probabilidade de um *pixel* de referência ser corretamente classificado. Assim sendo, a acurácia do produtor foi bastante eficiente para as classes de corpos d'água e vegetação densa, com quase 100% dos *pixels* classificados corretamente.

Já a acurácia do usuário (NDVI) apresentou valores excelentes, com exceção apenas da classe uso alternativo do solo, o que pode ser explicado pelo fato de o índice de vegetação em questão trabalhar nas regiões de reflectância com as bandas do infravermelho próximo e vermelho no espectro eletromagnético, identificando e separando na imagem vegetação densa, corpos d'água e solo exposto. Assim, fica explícita a deficiência de tal índice em identificar e classificar classes de uso alternativo do solo onde se tem baixa cobertura vegetal, haja vista que o NDVI se correlaciona melhor com parâmetros como área foliar, biomassa e concentração de clorofila. Os corpos d'água também são bem classificados por terem total reflectância na região da banda do vermelho (visível).

Existem diversas relações entre os índices de vegetação e o índice de área foliar pela influência da clorofila e por outras características morfológicas dos vegetais. Essa medida de acurácia ou confiabilidade é o indicativo da probabilidade

Tabela 4. Acurácia do produtor (A.P) e acurácia do usuário (A.U) das classes temáticas e índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).

Classes %	1986		1996		2006		2016	
	A.P	A.U	A.P	A.U	A.P	A.U	A.P	A.U
Corpos d'água	99,95	93,98	99,65	94,75	98,99	90,50	96,21	96,26
Solo exposto	24,86	97,26	19,96	94,80	12,29	94,95	7,96	93,34
Uso alternativo	0,63	1,41	17,21	15,83	8,60	3,79	39,34	38,51
Vegetação	99,80	94,85	98,05	94,34	98,92	95,06	99,71	93,77

que um *pixel* classificado na imagem realmente represente essa categoria no campo. Portanto as chances de, em uma verificação em campo, encontrar-se corpos d'água, solo exposto e vegetação densa seria de quase 100% das visitas.

O NDVI apresentou-se de acordo com o esperado, dadas as altas porcentagens ao classificar a vegetação densa e os corpos d'água. Os resultados obtidos pelo NDVI podem ser explicados pela vegetação apresentar baixa refletância da banda 1 a 4 e um ápice de refletância na banda 5 (infravermelho próximo). Já o solo exposto apresenta seu ápice de refletância na banda 4 (vermelho). Essa resposta espectral permite a diferenciação da vegetação, bem como o estabelecimento de relações com seus parâmetros de crescimento.

4. CONCLUSÕES

Como esperado e pelo processo de desenvolvimento da região, a classe de uso alternativo do solo apresentou acréscimos ao longo das décadas ante uma redução da classe da vegetação nativa.

O NDVI apresentou um resultado favorável no auxílio da classificação supervisionada, com as maiores acurácias obtidas nas classes vegetação e corpos d'água. Esse fato pode ser relacionado com a calibração do índice, que não possui ajuste para a classe uso alternativo do solo onde se tem baixa cobertura vegetal, sendo indicado seu uso em estudos que tratam exclusivamente de vegetação arbórea.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BLUNDEN, J.; ARNDT, D.S. State of the Climate in 2013. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.95, n.7, p.1-22, 2014. <https://doi.org/10.1175/2014BAMSStateoftheClimate.1>
- BONENTE, D.; COSTA, R.G.C.P.; RESQUE JÚNIOR, F. Análise do padrão de desmatamento no município de Rurópolis, na área de influência da BR-163, utilizando o mapeamento participativo. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais eletrônicos** [...]. Florianópolis, 2007.
- BRANDÃO, Z.N.; BEZERRA, N.V.C.; FREIRE, E.C.; SILVA, B.B. Determinação de índices de vegetação usando imagens de satélite para uso em agricultura de precisão. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2005. **Anais** [...]. 2007.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radambrasil**, 1982. v. 28.
- BRITO, M.N.S.; GUERRA, G.A.D. Posseiro ou assentado? Reflexos do processo de interdição de assentamentos no território da transamazônica e Xingu. **Revista IDEAS**, v.9, n.1, p.189-226, 2015.
- CAIONI, C.; NEVES, S.M.A.; CAIONI, S.; PARENTE, T.L.; RODRIGUES, B.P. Uso e ocupação da terra em áreas de preservação permanente no município Alta Floresta, Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, v.14, n.25, p.1222-1230, 2017. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017A100
- CÂMARA, G.; VALERIANO, M.D.; SOARES, V.J. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: INPE, 2006.
- CONGALTON, R.G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.37, n.1, p.35-46, 1991. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. Nova York: Lewis, 1998. 137 p.
- CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. Nova York: Lewis, 2009.
- COSTA, T.C.C. **Avaliação de estratégias para classificação de imagens orbitais em mapeamento de uso e cobertura da terra**. 109f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- DEMATTÊ, J.L.I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988.
- FERREIRA, J.; BLANC, L.; KANASHIRO, M.; LEES, A.C.; BOURGOIN, C.; FREITAS, J.V.; GAMA, M.B.; LAURENT, F.; MARTINS, M.B.; MOURA, N.; OLIVEIRA, M.V.N.; SOTTA, E.D.; SOUZA, C.R.; RUSCHEL, A.R.; SCHWARTZ, G.; ZWERTS, J.; SIST, P. **Degradação florestal na Amazônia: como ultrapassar os limites conceituais, científicos e técnicos para mudar esse cenário**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. 29 p.
- FIDALGO, E.C.C. **Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no estado de São Paulo, a partir de imagens TM-Landsat**. 186f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

- FREITAS, E.P. **Análise Integrada do Mapa de Uso e Ocupação das Terras da Sub bacia do Rio Jundiá-Mirim para fins de Gestão Ambiental**. 120f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, 2012.
- GODFREY, B.; BROWDER, J.O. Disarticulated Urbanization in the Brazilian Amazon. **The Geographical Review**, v.86, n.3, p.441-445, 1996. <https://doi.org/10.2307/215507>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Prodes**: Desflorestamento nos municípios da Amazônia Legal. 2008. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 15 jun.2017.
- KRUSE, F.A. Comparison of ATREM, ACORN, and FLAASH atmospheric corrections using low-altitude AVIRIS data of Boulder. *In: JPL AIRBORNE GEOSCIENCE WORKSHOP*, 13., 2004. **Anais [...]**.Pasadena, 2004.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- NEPSTAD, D.; LEFEBVRE, P.; LOPES DA SILVA, U.; TOMASELLA, J.; SCHLESINGER, P.; SOLÓRZANO, L.; MOUTINHO, P.; RAY, D.; GUERREIRA BENITO, J. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: A basin-wide analysis. **Global Change Biology**, v.10, n.5, p.704-717, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00772.x>
- NUNES, E. J. D. S.; SILVA, E. P. D.; SOUZA, E. D.; ROCHA FILHO, J. A. D.; SILVA, D. S. N. D. Geotecnologias no diagnóstico de conflitos de uso do solo de uma microbacia do município de Alta Floresta-MT. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 689- 697, 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509819619>.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas de Desenvolvimento Humano**. PNUD, 2010. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/SobrePNUD.aspx>>. Acesso em: 6 maio 2017.
- QUEIROZ, R.B.; RODRIGUES, A.G.; GÓMEZ, A.T. Estudo comparativo entre as técnicas máxima verossimilhança gaussiana e redes neurais na classificação de imagens IR-MSS CBERS 1. *In: WORKCOMP SUL*, 1., 2004. **Anais [...]**. 2004.
- RIBEIRO, U.F.; LEOPOLDO, P.R. Colonização ao Longo da Transamazônica: Trecho km 930-1035. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.3, n.2, 2003.
- RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v.19, n.1, p.41-66, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512009000100003>
- ROUSE JR., J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. *In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM*, 3., 1973. **Anais [...]**. Washington, p.309-317, 1973.
- SERRÃO, E.A.; TOLEDO, J.M.; ANDERSON, A.B. The search for sustainability in Amazonian pastures. *In: ANDERSON, A.B. (org.). Alternatives to deforestation: steps towards sustainable use of the Amazon rain forest*. Nova York: Columbia University Press, 1990. p.195-214.
- SMITH, C.M.; ZANONI, V.; PAGNUTTI, M. **Geopositional Accuracy Assessment of EarthSat Geocover Landsat Orthorectified Imagery**. United States: Nasa, 2004.