ANÁLISE DE DEGRADAÇÃO FLORESTAL NA RESERVA NACIONAL DE COBRE E ASSOCIADOS (RENCA) A PARTIR DO TERRACLASS E PRODES: UM ESTUDO DE CASO PARA O MUNICÍPIO DE SANTANA – AP

Douglas D. de C. Honório[1], Vinícius P. B. Pereira[2], Tahisa N. Kuck[3], Fabiano C. Nogueira[4], Gabriel Dietzsch[5] e Elcio H. Shiguemori[6]

[1,3,4,5,6]Instituto de Estudos Avançados (IEAv), Trevo Coronel Aviador José Alberto Albano do Amarante, n° 1 – Putim, São José dos Campos-SP;[1] Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acacias, São José dos Campos-SP; [2,4,5]Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE), Caixa Postal 515 – 12227-010 – São José dos Campos-SP; [1]honorio@ieav.cta.br; [2]vinicius.borges@inpe.br; [3]tahisatnk@fab.mil.br; [4]nogueirafcn@fab.mil.br; [5]dietzschgd@fab.mil.br; e [6]elcioehs@fab.mil.br

RESUMO

A Reserva Nacional do Cobre e Associados (RENCA) passou a ser foco da mídia em 2017 devido à lei e reforços que permitiram a extração mineral daquela área. Apesar da posterior revogação dessas ações, a reviravolta dos acontecimentos trouxe à tona a discussão das extrações ilegais que está em curso por anos em áreas próximas. Esse estudo tem como objetivo mapear o desmatamento no município de Santana-AP, que possui histórico de extração vegetal e mineral e uso da terra para pastagens, utilizando interpretação visual de imagens orbitais do sensor TM e OLI nos anos de 2008 e 2017. Os resultados comparados com outras estimativas de programas de mapeamento mostram discrepância entre os dados do ano de 2008 devido às diferenças nas metodologias. A comparação entre os anos de 2008 e 2017 mostra o crescimento de pastagens sobre áreas de vegetação secundária.

Palavras-chave – Desmatamento, interpretação visual, vegetação secundária, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The National Reserve of Copper and Associates (RENCA) became focused by the media on 2017 due to law and reinforcements that allowed the mineral extraction of that area, despite the subsequent repeal of those actions, the turnaround of events brought up the discussion of illegals extractions that is being ongoing by years on near areas. Therefore, this study aims to map the deforestation in the municipality of Santana-AP, which has a history of plant and mineral extraction and land use for pastures, using visual interpretation of orbital images of TM and OLI sensor on the years of 2008 and 2017. The results, compared with other estimates from mapping programs, show a discrepancy between the year 2008 data due to differences in methodologies. The comparison between the years 2008 and 2017 shows the growth of pastures over areas of secondary vegetation.

Key words – *Deforestation, visual interpretation, secondary vegetation, remote sensing.*

1. INTRODUÇÃO

Mapas de cobertura da terra correspondem a uma representação espacial dos alvos que cobrem a superfície terrestre. O mapeamento da cobertura terrestre constitui uma fonte de dados para a elaboração de diagnóstico, ordenamento e gestão do território. São elementos fundamentais em projetos de zoneamento, estudos de impactos ambientais, mapeamento de áreas de riscos, aplicação e desenvolvimento de políticas ambientais e observação de cumprimento e regimento da legislação ambiental [1].

A Reserva Nacional de Cobre e Associados (RENCA), criada em 1984 por Decreto Presidencial, é uma área de 46.450 km² localizada na divisa dos Estados do Pará e Amapá e teve o objetivo inicial de salvaguardas para a soberania nacional e posterior busca por minerais estratégicos. Após o Decreto que criou a RENCA, foram criadas reservas indígenas e unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável.

Ao longo do ano de 2017, a emissão do Decreto nº 9.147 que autorizava a pesquisa mineral, concessão de lavras para exploração mineral, dentre outras autorizações de uso em partes da área da RENCA, teve bastante repercussão na mídia nacional e internacional. Mas apesar de recentemente ter sido revogado pelo Decreto nº 9.159, ainda há enfoque sobre a ocupação e exploração clandestina de minério que ocorre na área há anos.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou evidenciar a degradação florestal ocorrida entre os anos de 2008 e 2017 através da interpretação visual de imagens orbitais sobre um município próximo à RENCA que possui histórico crescente de atividades econômicas envolvendo o setor primário e atividades extrativistas (vegetal e mineral). Para o ano de 2008, foi realizada a comparação dos valores obtidos das áreas analisadas com dados oriundos dos programas TerraClass 2008 e do Censo Agropecuário de 2006 elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [2], enquanto, para o ano de 2017, observaram-se alterações de classes de cobertura da terra e expansão da degradação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A avaliação foi realizada sobre o município de Santana, Figura 1, que atualmente é o segundo com maior população

no Estado do Amapá. A expansão populacional na região foi caracterizada ao longo dos anos 50 pela descoberta de jazidas minerais e do desenvolvimento da infraestrutura também voltada à mineração. Contudo, atualmente, o setor primário na criação de gados bovino, bubalino e suíno destacam-se em conjunto com a extração madeireira na economia municipal [3].

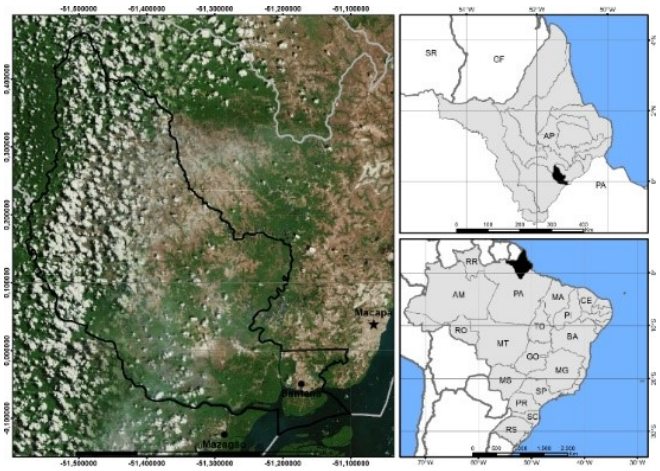


Figura 1: Área de estudo, no município de Santana localizado ao lado de Macapá, capital do estado do Amapá.

2.2. Processamento dos dados

Os produtos de sensoriamento remoto utilizados foram obtidos pelos sistemas Landsat-5 e Landsat-8, através dos sensores TM e OLI respectivamente, por intermédio do sítio da *United States Geological Survey* (USGS) pela plataforma *EarthExplorer*. As informações quanto as cenas utilizadas podem ser observadas na Tabela 1.

Satélite	LS-5	LS-5	LS-8	LS-8
Sensor	TM	TM	OLI	OLI
Path/Row	225/60	226/60	225/60	226/60
Dt.aquis.	29/09/08	19/08/08	05/08/17	12/08/17
Cob.nuv.	16%	3%	18%	10%

Tabela 1: Informações das cenas utilizadas. LS=Landsat; Dt.aquis.= Data de aquisição; Cob.nuv.= Cobertura de nuvens.

De acordo com [4] a interpretação visual pode ser prejudicada pelo efeito aditivo da atmosfera. Assim as imagens brutas foram transformadas em reflectância de superfície usando o modelo de correção atmosférica MODTRAN4+, implementado na ferramenta FLAASH, no software ENVI [5].

Através do algoritmo de distância Jeffreys-Matusita, foram selecionadas as bandas espectrais mais informativas para compor a composição colorida, assim, foram utilizadas as imagens que compreendem as faixas espectrais *NIR*(R), *SWIR1*(G) e *Red*(B) do sensor OLI, sendo esta a composição que melhor favoreceu a detecção e discriminação das classes de interesse.

O mapeamento das classes de pastagem e vegetação secundária para os anos de 2008 e 2017 foi realizado a partir da interpretação visual das imagens tendo como escala máxima de trabalho 1:10 000 (zoom máximo), aplicando contraste linear de 2 a 5% às imagens e utilizando imagens de alta resolução espacial para auxílio através do *software Google Earth Pro*.

As informações geradas a partir do mapeamento de 2008 foram comparadas aos dados do Censo Agropecuário de 2006 realizado pelo IBGE [2] e aos dados referentes ao Projeto TerraClass do ano de 2008 [6]. O mapeamento do ano de 2017 consistiu na atualização da matriz referente ao mapeamento de 2008, relatando a alterações entre as classes, expansões de áreas e novas ocorrências.

3. RESULTADOS

Analisando as áreas totais estimadas de pastagem e de vegetação secundária através do mapeamento realizado para o ano de 2008, foi verificado que houve discrepância entre o tamanho das áreas comuns identificadas tanto pelo TerraClass 2008, quanto pelo Censo Agropecuário 2006, principalmente na classe Pastagem, conforme observado na Tabela 2.

Classe	**Map. 2008**		**TerraClass 08**		**C. Agrop. 06**	
	ha	%	ha	%	ha	%
Past.	2.381	55.22	1.006	36.56	13.464	100
V.sec..	1.930	44.78	1.746	63.44	-	-
TOTAL	4.311	100	2.752	100	13.464	100

Tabela 2: Áreas totais estimadas. O valor apresentado de pastagem para o TerraClass 2008 agrupa os valores referentes as classes de pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto, já para o Censo Agropecuário de 2006 representa a área dos estabelecimentos agropecuários.

Mapeam.2008	**TerraClass 2008**	**Área(ha)**	**%**
Pastagem	Área não observ.	43,75	1,03
Pastagem	Floresta	505,76	11,85
Pastagem	Hidrografia	3,01	0,07
Pastagem	Não floresta	979,41	22,95
Pastagem	Outros	14,55	0,34
Pastagem	Pastagem	304,15	7,13
Pastagem	Vegetação secund.	196,10	4,59
Pastagem	Mosaico ocup.	256,02	6,00
Pastagem	Desflorest. 2008	55,65	1,30
Veg. secund.	Área não observ.	42,94	1,01
Veg. secund.	Floresta	828,01	19,40
Veg. secund.	Hidrografia	24,18	0,57
Veg. secund.	Não floresta	286,85	6,72
Veg. secund.	Outros	-	-
Veg. secund.	Pastagem	87,33	2,05
Veg. secund.	Veg. secund.	454,75	10,66
Veg. secund.	Mosaico ocup.	119,40	2,80
Veg. secund.	Desflorest. 2008	65,73	1,54
TOTAL		4.267,59	100

Tabela 3: Intersecção espacial entre o Mapeamento de 2008 com o TerraClass 2008. O valor apresentado de pastagem para o TerraClass 2008 agrupa os valores referentes as classes de pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto.

Na Tabela 3 se observa que a maior ocorrência da classe de pastagem foi registrada sob área entitulada de não floresta no TerraClass 2008. A ocorrência da classe não floresta corresponde a uma área de formação savânica, e compreende a 60% de todo município de Santana-AP, assim, limitado a metodologia, o TerraClass não realiza a classificação dessa área. Através do mapeamento realizado para o ano de 2008 é possível inferir que há ocorrência de pastagem nessas áreas savânicas.

O mapeamento para o ano de 2017 evidenciou a expansão de ambas as classes em comparação ao mapeamento de 2008, conforme a Tabela 4.

Classe	Mapeamento 2008		Mapeamento 2017	
	Área(ha)	%	Área(ha)	%
Pastagem	2380,60	55,22%	2795,66	56,60%
Veg. sec.	1930,17	44,78%	2143,70	43,40%
TOTAL	4310,78	100%	4939,37	100%

Tabela 4: Áreas totais da interpretação visual dos anos de 2008 e 2017.

Dado a maior fragilidade da vegetação secundária frente a ações antrópicas, esses ambientes tornam-se mais vulneráveis a degradação e ocupação com atividade tal como pastagem. Neste sentido, analisando a intersecção espacial entre os mapeamentos de 2008 e 2017, revela-se assim a maior mudança de áreas de vegetação secundária em 2008 para áreas de pastagem em 2017, conforme a Figura 2.

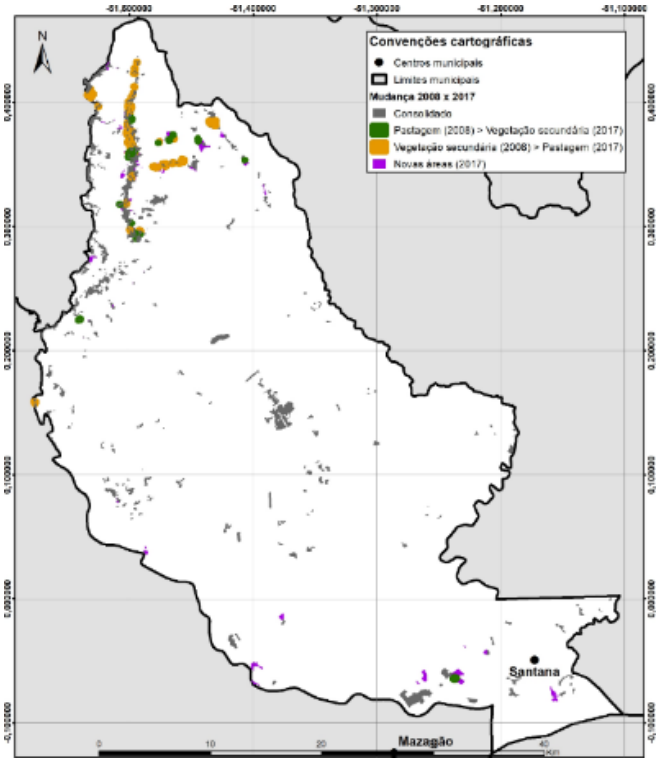


Figura 2: Áreas de uso consolidado (não mudança), alteração de classes entre os anos de 2008 e 2017 (extrapolação do contorno de mudança para melhor visualização) e as novas áreas classificadas para o ano de 2017.

4. DISCUSSÃO

Através da diferença metodológica existente na elaboração dos estudos é possível explicar a discrepância entre os valores constantes na Tabela 2. Assim, mesmo sendo utilizados dados oficiais para definir diretrizes de planejamento e controle urbano e rural, a imensa diferença apresentada pela área de pastagem do Censo agropecuário de 2006 realizado pelo IBGE não pode ser considerada válida, uma vez que o levantamento de dados não representou toda a população vegetal analisada [7], sendo o critério de amostragem diferente do utilizado no mapeamento deste trabalho. O método de levantamento dos dados do Censo é realizado a partir de entrevista direta com os responsáveis pelo estabelecimento agropecuário, mediante o preenchimento de um questionário, sem consulta visual ou computacional de imagens orbitais [2].

Em relação ao TerraClass 2008, ao apresentar valores menos discrepantes na classe de pastagem (em comparação ao do Censo agropecuário de 2006) e valores próximos para a classe de vegetação secundária é importante ressaltar que apesar do TerraClass utilizar a interpretação visual de imagens orbitais, a metodologia ainda se diferencia por alguns aspectos como o uso do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) que resulta nas componentes sombra, solo e vegetação para cada pixel, e principalmente na limitação da classificação apenas aos polígonos de desflorestamento já registrados pelo Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia (PRODES/INPE). Portanto, apesar de apresentar certa semelhança nos valores de área, a intersecção espacial entre o mapeamento realizado para o ano de 2008 com o TerraClass 2008 evidencia a diferença dos resultados adquiridos, conforme observado na Tabela 3.

A alta quantidade de interseções da pastagem e de vegetação secundária sob áreas de floresta pode ser justificada pelo fato de que a área mínima mapeada pelo PRODES é de 6,25 hectares. Assim, áreas menores que a área mínima mencionada não são classificadas como desflorestamento e não entram para classificação no projeto TerraClass. Já a intersecção da pastagem com a classe vegetação secundária e classe mosaico de ocupação, ambas do TerraClass, é justificado pela utilização de imagens de alta resolução espacial para auxilio e consulta, resultando na distinção mais precisa dos elementos observados durante a interpretação visual no mapeamento do ano de 2008 [8].

Quanto a análise da intersecção entre vegetações secundárias é importante ressaltar que apesar da identificação visual dessa classe ter correspondido a áreas irregulares e regulares de tonalidade vermelho claro e textura levemente rugosa, semelhante à metodologia para mapeamento de vegetação secundaria na Amazônia Legal [9] a máscara de classificação do TerraClass vem de polígonos de desflorestamento gerados desde 1988, assim, no período de 20 anos (até 2008) houve a regeneração de áreas desflorestadas as quais não são mais passíveis de identificação visual através da imagem isolada do ano de 2008.

A análise das divergências entre os dados estudados neste trabalho evidencia-se no uso de metodologias diferentes (mapeamento usando dados de satélite e outro através de censo). Uma busca em diminuir erros de inclusão e aprimorar

a interpretação é necessária, visto existir semelhança espectral entre áreas de formação savânica (classificada como não floresta, segundo o TerraClass) e áreas de pastagem. Há a possibilidade de que a classificação das áreas de formações savânicas tenha sido prejudicada nesse processo.

Apesar de existir a possibilidade de uma análise temporal de índices vegetativos como o da Diferença Normalizada (NDVI) ou o melhorado (EVI) aprimorando, assim, a detecção de áreas de pastagens. Porém, a grande ocorrência de nuvens na região inviabiliza a aplicação dessa metodologia.

5. CONCLUSÕES

Esse estudo teve como objetivo mapear o desmatamento no município de Santana-AP, que possui histórico de extração vegetal e mineral e uso da terra para pastagens, utilizando interpretação visual de imagens orbitais do sensor TM e OLI nos anos de 2008 e 2017. O estudo comparou o resultado do mapeamento através de ininterpretação visual com dados do Censo Agropecuário e do TerraClass.

As comparações dos dados adquiridos através de diferentes metodologias evidenciaram suas respectivas influências sobre seus resultados, mesmo ao utilizarem produtos semelhantes (imagens orbitais). Assim, o aprimoramento da metodologia pode resultar em um mapeamento que segue a realidade local, possibilitando o melhor manejo das diretrizes de planejamento regional.

Uma análise utilizando imagens de sensores SAR (Radar Aperture Radar) poderia ser uma saída ao problema de nuvens da região, visto serem estes sensores uma alternativa de aquisição de imagens com menor influência de condições climáticas adversas e a região em estudo estar sob persistente cobertura de nuvens durante o ano.

6. REFERÊNCIAS

[1] E. Crepani, J. S. Medeiro, P. H. Filho, T. G. Florenzano, and V. Duarte. USO DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ZONEAMENTO ECOLÓGICOECONÔMICO. In *Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, pages 129–135, Salvador/BA, 1996.

[2] IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA EESTATÍSTICA. Censo Agropecuário - CENSO AGRO: Conceitos e métodos.

[3] Banco de dados da BIONORTE. .Arranjos Produtivos Locais – APLs, 2015.

[4] J. A. Richards. *Remote Sensing Digital Image Analysis An Introduction*. 5th edition, 2013.

[5] A. Berk, P. Conforti, and F. Hawes. An accelerated line-by-line option for MODTRAN combining on-the-fly generation of line center absorption within 0.1 cm-1 bins and pre-computed line tails. In Miguel Velez-Reyes and Fred A. Kruse, editors, *Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XXI*, volume 9472 of *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, page 947217, May 2015.

[6] C. A. de Almeida, A. C. Coutinho, J. C. D. M. Esquerdo, M. Adami, A. Venturieri, C. G. Diniz, N. Dessay, L. Durieux, and A. R. Gomes. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, 46(3):291–302, sep 2016.

[7] C. D. Rennó. Avaliação de Classificação. Estatística: Aplicação ao Sensoriamento Remoto. Notas de Aula da disciplina SER 204. Technical report, 2017.

[8] Coordenação Geral de Observação da Terra INPE. PRODES – PROJETO DE ESTIMATIVA DO DESFLORESTAMENTO DA AMAZÔNIA. Technical report.

[9] C. A. Almeida, T. F. Pinheiro, A. M. Barbosa, M. R. B. S. Abreu, F. L. Lobo, M. Silva, A. R. Gomes, L. W. R. Sadeck, L. T. B. Medeiros, M. F. Neves, and L. C. T. Silva. METODOLOGIA PARA MAPEAMENTO DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA NA AMAZ ÔNIA LEGAL. Technical report, 2009.