



VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL NA MUDANÇA DA PAISAGEM NO MUNICÍPIO DE ACRELÂNDIA, AC

Daise Moura de Freitas¹, [Rafael Coll Delgado](mailto:rafaelcolldelgado32@gmail.com)², Rafael de Ávila Rodrigues³
Leonardo Paula de Souza⁴

1. Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre
Campus Floresta – Cruzeiro do Sul/Acre – Brasil
2. Professor Pós Doutor da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta-
Cruzeiro do Sul/Acre – Brasil (rafaelcolldelgado32@gmail.com)
3. Pós-Doutorado da Universidade Federal de Viçosa
Viçosa/Minas Gerais – Brasil
4. Professor Mestre da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta -
Cruzeiro do Sul/Acre – Brasil

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

As técnicas de sensoriamento remoto (SR) permitem estimar a evolução das áreas de agricultura, pastagens e correlacioná-las com dados observados, neste caso, com dados do censo agrícola oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O objetivo deste trabalho foi analisar as mudanças da paisagem e sua evolução no espaço e no tempo ocorrido no município de Acrelândia, Acre. Com base no cálculo do viés médio (VM), o presente estudo mostrou que os dados estimados apresentaram boas correlações com dados do censo, já que os valores das áreas de pastagens do censo foram ligeiramente subestimados, mas não sendo significativos com valor de 3.147 hectares em 2007 (sensor TM). As áreas de agricultura verificadas foram superestimadas e subestimadas com valores de 282 e -320 hectares em 2008 e 2004, respectivamente. Os valores demonstraram avanço das áreas de agricultura (5.000,00 hectares em 1994 para 15.000,00 hectares em 2009) e pastagens (20.000,00 hectares no ano 1995 para 50.000,00 hectares em 2007) em todo município. A classificação não supervisionada demonstrou aumento destas áreas e conseqüentemente queda acentuada da cobertura florestal. Os resultados obtidos indicam a eficiência do sensoriamento remoto com sensor TM do satélite Landsat-5 para identificação das mudanças de paisagem no espaço e no tempo.

PALAVRAS CHAVE: Sensoriamento remoto, classificação não supervisionada, mudança da paisagem, Acrelândia.

SPACE-TIME VARIABILITY IN LANDSCAPE CHANGE IN THE CITY OF ACRELÂNDIA, AC

ABSTRACT

The techniques of remote sensing (RS) to estimate the evolution of agriculture, pasture and correlate them with observed data, in this case with agricultural census data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The objective of this study was to analyze the landscape changes and their evolution in space and time occurred in the municipality of Acrelândia, Acre. Based on the calculation of the average bias (VM), the present study showed that the estimated data showed good correlations with census data, since the values of the grazing areas of the census were slightly underestimated, but it is not significant with a value of 3147 hectares in 2007 (TM sensor). The agricultural areas checked were overestimated and underestimated values of -320 and 282 hectares in 2008 and 2004, respectively. Values showed advancement of agricultural areas (5000.00 hectares in 1994 to 15,000.00 hectares in 2009) and grassland (20,000.00 hectares in 1995 to 50,000.00 hectares in 2007) throughout the municipality. The unsupervised classification showed increases in these areas and consequently sharp decline in forest cover. The results indicate the efficiency of remote sensing sensor of Landsat TM-5 to identify landscape changes in space and time.

KEYWORDS: Remote sensing, unsupervised classification, change of landscape, Acrelândia.

INTRODUÇÃO

A floresta amazônica vem sofrendo grandes alterações em seu ecossistema, as causas principais dessas transformações são as crescentes mudanças no uso da terra que vem aumentando significativamente nas últimas décadas. O processo de colonização e avanço das fronteiras tem transformado os ecossistemas naturais em sistemas de produção agropecuária (LORENA, 2003).

A mudança na cobertura vegetal da Amazônia pode ser resultante de atividades de grande impacto sobre a vegetação, tais como desmatamento, queimadas e exploração madeireira. O monitoramento desses impactos pode ser realizado por meio de técnicas utilizando imagens de satélite e já foram testadas para a detecção e quantificação de áreas em processo de conversão. Muitos autores têm empregado diversas técnicas de mapeamento de detecção de mudanças em áreas florestais da Amazônia (SANTOS et al., 2001, ARAGÃO et al., 2001, ESPÍRITO-SANTO & SILVA 2002, GRAÇA et al., 2005).

De acordo com o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD), o desmatamento ocorrido em agosto de 2010 a março de 2011 foi 3% menor do que o desmatamento do período anterior (agosto de 2009 a março de 2010). Em termos relativos, houve redução de 84% em Roraima e de 47% no Pará. Por outro lado, houve aumento de 671% em Tocantins, 300% em Tocantins, 142% em Rondônia, 54% no Acre, 31% no Amazonas e 22% no Mato Grosso (IMAZON, 2011).

A crescente ocupação de forma desordenada desse ecossistema resulta em atividades antrópicas como formação de pastagens e agricultura, esses processos tiveram início no estado do Acre a partir da década de 60, com a chegada de imigrantes do Sul do Brasil (LORENA, 2003). Para ALTMANN et al. (2009) o mapeamento do uso e cobertura das terras retrata as atividades humanas que pode

significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. As classes de uso e cobertura são identificadas, espacializadas, caracterizadas e quantificadas. A vegetação é um elemento sensível às condições e tendências da paisagem reagindo de forma distinta e rápida às variações. Seu estudo permite conhecer as condições naturais do território e as influências antrópicas recebidas.

Para estudar a dinâmica da paisagem é necessário mapear os padrões de uso e cobertura da terra para com isso avaliar como cada elemento da paisagem se relaciona com o outro espacialmente e temporalmente SOARES FILHO (1998).

Segundo DELGADO et al. (2010) através de técnicas de sensoriamento remoto podemos obter informações sobre evolução da agricultura e de áreas de pastagens em áreas extensas sem a necessidade de supervisão no local, além de quantificar a área e fornecer estimativas da área plantada na região. O georreferenciamento dessas áreas pode ser muito eficiente, apresentando resultados de boa qualidade e utilidade e sua evolução no espaço e no tempo.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivos principais: estimar as áreas de pastagens, agricultura e comparar a evolução espacial e temporal dessas atividades com dados do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) no município de Acrelândia, AC.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde ao município de Acrelândia localizado no estado do Acre (Figura 1). Essa área está situada na região Vale do Purus, microrregião Rio Branco, de clima tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e estação seca de curta duração, sem influência no comportamento da vegetação. A elevada pluviosidade chega a 1.900 mm anuais, com período chuvoso iniciando-se em setembro e prolongando-se até maio.

As imagens foram processadas no Laboratório de Geoprocessamento do Centro Multidisciplinar (CMULTI) da Universidade Federal do Acre (UFAC) utilizando os softwares ArcGis versão 9.3 e Erdas Imagine 10, onde foram gerados os mapas de agricultura e pastagens da área em questão. As imagens foram obtidas pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) utilizando dados correspondentes aos períodos de 1994, 1995, 1996, 1998, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008 e 2009 para as áreas de agricultura e dados de 1995, 1996 e 2007 para as imagens das áreas de pastagens, a utilização de apenas três períodos para estimativas das áreas de pastagens restringiu-se pela falta de informações para outros anos.

Na Figura 2 são apresentados os passos para o processamento das imagens TM para o município de Acrelândia, AC.

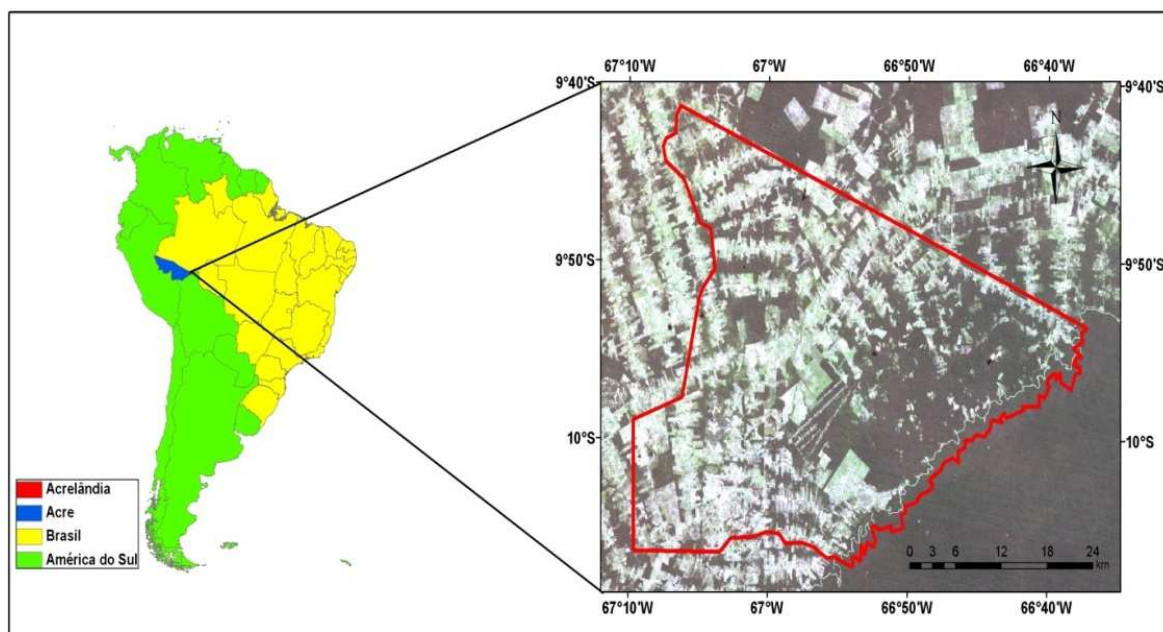


FIGURA 1. Localização geográfica da área de estudo.

Fonte: elaborado por Daise Moura de Freitas, em novembro de 2011.

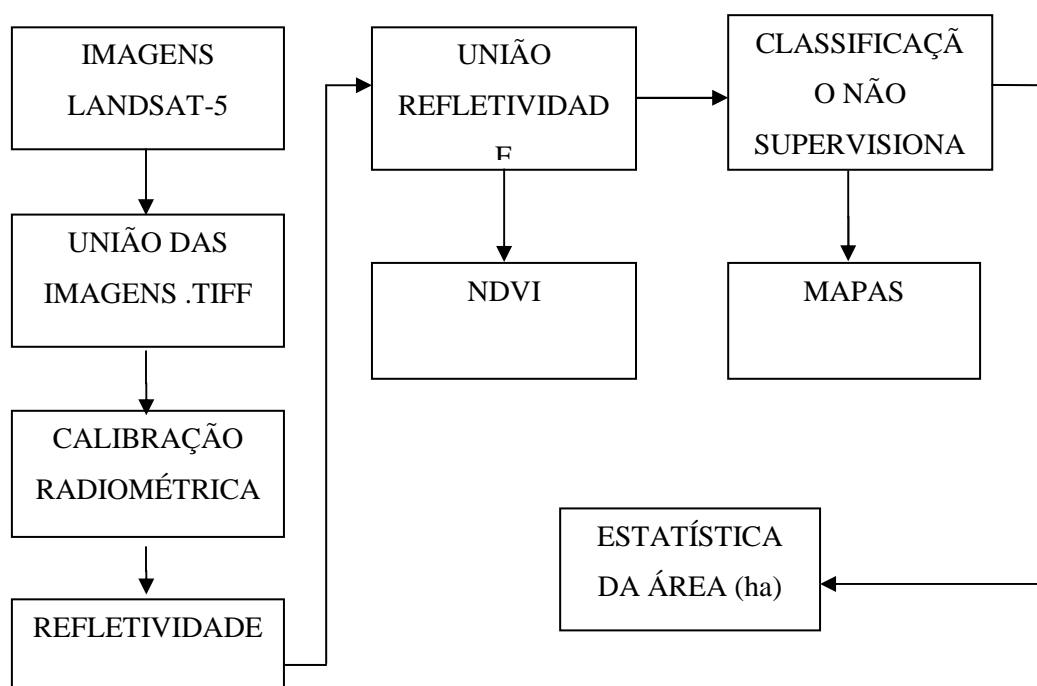


FIGURA 2. Fluxograma do sistema de processamento das imagens do sensor TM.

Fonte: elaborado por Daise Moura de Freitas, em novembro de 2011.

Para a realização da união das imagens TM, utilizou-se as sete bandas do satélite Landsat-5 TM tornando-as um único arquivo tipo TIFF, sendo que seis bandas são refletivas (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7) e uma termal (banda 6). Em seguida foi realizada a calibração radiométrica, onde os valores de L_{min} e L_{max} utilizados devem seguir a metodologia de CHANDER & MARKHAN (2003), em que se tratando de dados TM, as imagens obtidas num intervalo de março 1984 até maio 2003 devem utilizar os valores estabelecidos para este período, assim como também para

as imagens obtidas após 4 de maio de 2003, devem utilizar os valores da Tabela 1 para os respectivos períodos estudados.

TABELA 1. Valores de L_{\min} e L_{\max} para todas as bandas do sensor TM.

Bandas TM	Comprimento de Onda (μm)	01/03/1984 a 04/05/2003			Após 04/05/2003		
		L_{\min}	L_{\max}	E_{λ_i}	L_{\min}	L_{\max}	E_{λ_i}
1 (azul)	045 - 0,52	-1,52	152,10	1957	-1,52	193,0	1957
2 (verde)	0,52- 0,60	-2,84	296,81	1829	-2,84	365,0	1826
3 (vermelho)	0,63- 0,69	-1,17	204,30	1557	-1,17	264,0	1554
4 (IV- próximo)	0,76- 0,90	-1,51	206,20	1047	-1,51	221,0	1036
5 (IV- médio)	1,55 – 1,75	-0,37	27,19	219,3	-0,37	30,2	215,0
6 (IV- termal)	10,4 – 12,5	1,	15,	-	1, 2378	15,	-
		2378	303			303	
7 (IV- distante)	2,08 – 2,35	-0,15	14,34	74,52	-0,15	16,5	80,67

Calculou-se a refletância de cada banda (ρ_{λ_i}), com a equação 1:

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi L_{\lambda_i}}{E_{\lambda_i} \cdot \cos\theta_z d_r} \quad (1)$$

em que, L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda, E_{λ_i} é a radiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$), θ_z é o ângulo zenital solar retirado da informação do cabeçalho das imagens do sensor TM e d_r é a distância relativa terra-sol (em unidade astronômica - UA). A distância relativa terra-sol foi calculada por meio da equação 2, sugerida por ALLEN et al., (2007):

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\text{DJ} \times \frac{2\pi}{365}\right) \quad (2)$$

em que, DJ representa o dia do ano.

Para o processo final da refletância deve-se fazer a união das bandas, exceto a banda 6, com o processo de união já mostrado anteriormente.

O índice de vegetação da diferença normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) é um indicador sensível a quantidade e da condição da vegetação verde. Foi obtido por meio da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V) e a soma das mesmas (equação 3).

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (3)$$

De acordo com DELGADO (2010) existem vários métodos de classificação das imagens de satélite, como o classificador “árvore de decisão” usado por este para identificar as áreas plantadas de cinco culturas no estado de Minas Gerais.

Neste estudo foi utilizada a classificação não supervisionada, visando mapear a área de pastagem e cultura agrícola no município de Acrelândia com o classificador “Isodata”. Neste trabalho foi definido o número de dez classes e 24 processos iterativos. Realizou-se a reclassificação das classes em comum das áreas de pastagem e agricultura, sendo que para a agricultura foi feito o somatório da lavoura temporária e permanente. Posteriormente converteu-se os pixels de mesma semelhança para área em hectares utilizando o ArcGIS versão 9.3. Para isso utilizou-se as seis bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7 que tem máxima resolução de 30m, sendo que um pixel corresponde a 0,09 hectares.

Para avaliar o desempenho estatístico do método para determinar a área de pastagem e de cultura agrícola, foram realizadas análises comparativas destes dados com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para os respectivos períodos estudados. Foi adotado o coeficiente de determinação (r^2) para o teste dos modelos (equação 4) e foi estimado o erro estatístico viés médio (VM) (equação 5), apresentados a seguir:

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (4)$$

$$VM = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)}{N} \quad (5)$$

em que, P_i é o $i^{\text{ésimo}}$ valor estimado de área (ha), O_i é o $i^{\text{ésimo}}$ valor observado de área (ha), \bar{O} é o valor médio observado de área (ha), N é o número de dados analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos foi possível verificar que as mudanças no uso do solo, substituindo a cobertura florestal em áreas para o cultivo de pastagens e cultura agrícola no município de Acrelândia aumentou significativamente a cada ano agrícola (Tabela 2). Como ressalta SANTOS, (2004), o acompanhamento da vegetação em diferentes épocas indica a mudança, sua direção e a velocidade ao longo do tempo, permitindo construir cenários atuais e até reconstruir cenários passados. Trata-se de uma forma de encontrar soluções relativas à conservação de ecossistemas naturais ou à recuperação da cobertura vegetal.

Dados do satélite Landsat-5 sensor TM a partir dos anos de 1995, 1996 e 2007, mostram um avanço destas áreas de 20.000,00 hectares no ano de 1995 para aproximadamente 50.000,00 hectares para o ano de 2007 (Tabela 2). Verificou-se que os dados obtidos através do Landsat apresentam boa correlação com os valores observados pelo IBGE, mostrando que dados do sensor TM se mostraram eficientes para avaliar a expansão da área de pastagem do município de Acrelândia/AC (Figuras 3 e 4). Nesse sentido, MARTINS et al., (2003) comenta que o cenário de

desmatamento contribui para a degradação dos mananciais hídricos, processos erosivos e assoreamento das calhas dos rios.

TABELA 2. Dados estimados (Landsat-5) e observados (IBGE) para as áreas de pastagens e agricultura para o município de Acrelândia, AC.

Anos	Áreas Agricultáveis (ha)		Áreas de Pastagens (ha)	
	Landsat-5	IBGE	Landsat- 5	IBGE
1994	3.037	3.123		
1995	8.072	8.599	18.119,34	19.119
1996	2.947	3.965	16.245,63	19.119
1998	4.080	5.922		
1999	6.892	5.635		
2001	8.870	8.799		
2003	9.982	12.848		
2004	12.848	16.695		
2005	14.928	14.883		
2007	14.774	13.099	49.712,4	59.154
2008	13.319	9.932		
2009	6.844	6.120		

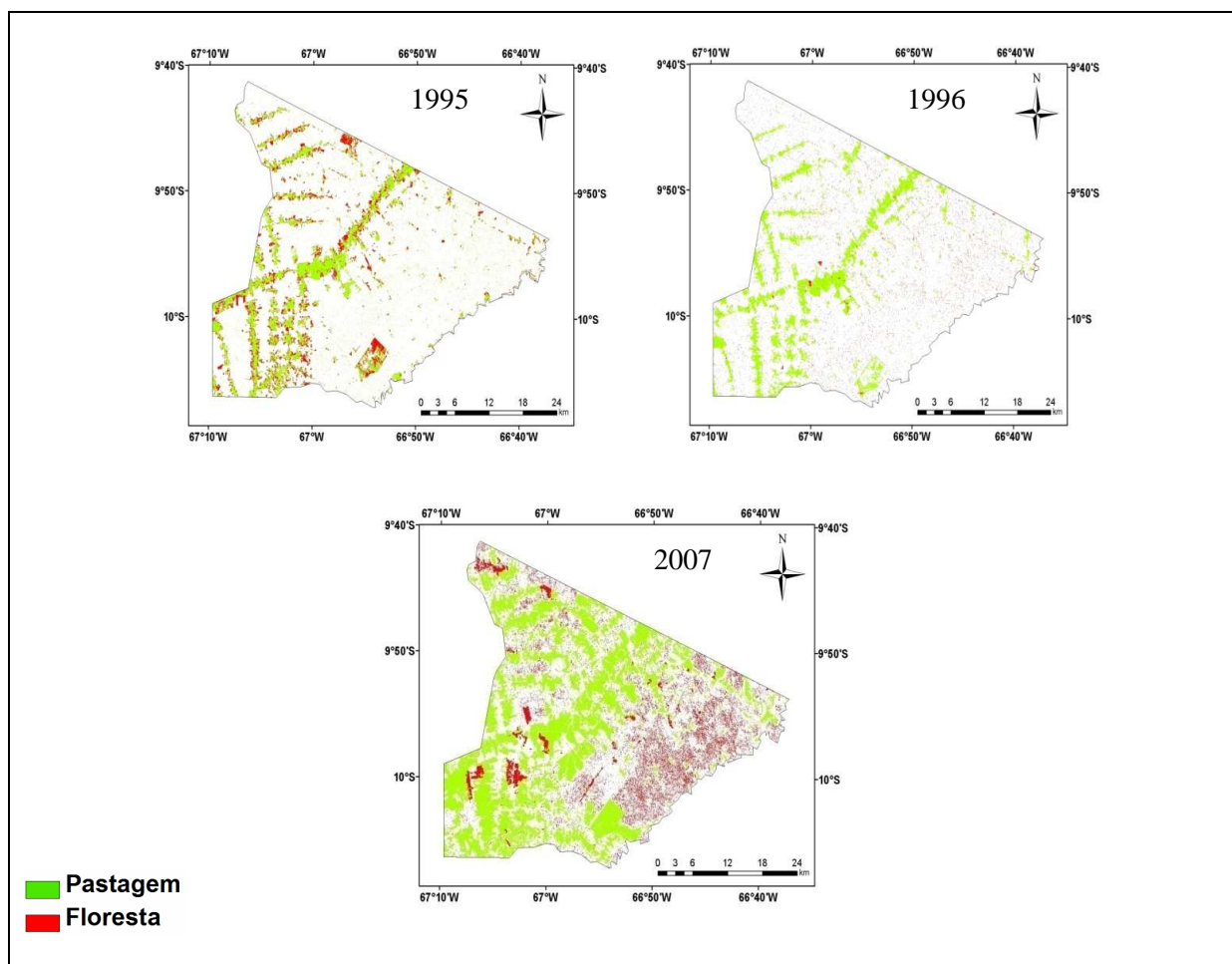


FIGURA 3. Áreas de pastagens para os anos de 1995, 1996 e 2007 em Acrelândia, AC.

Fonte: dados do estudo.

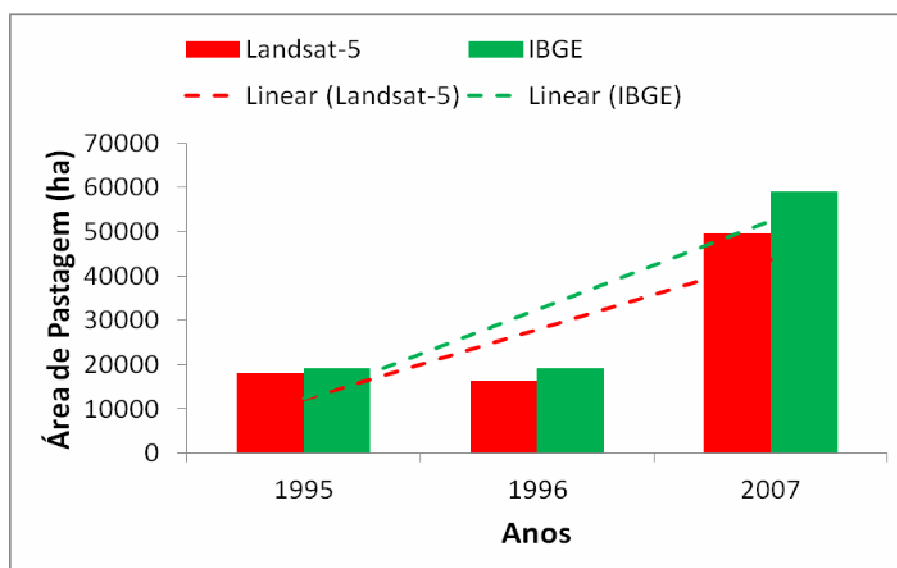


FIGURA 4. Avanço da área de pastagem nos períodos de 1995, 1996 e 2007 para o município de Acrelândia, AC.

Fonte: dados do estudo.

O Viés médio da área de pastagem subestimou os valores do IBGE, para todos os períodos estudados, mas estes não apresentaram divergências significativas (Figura 5).

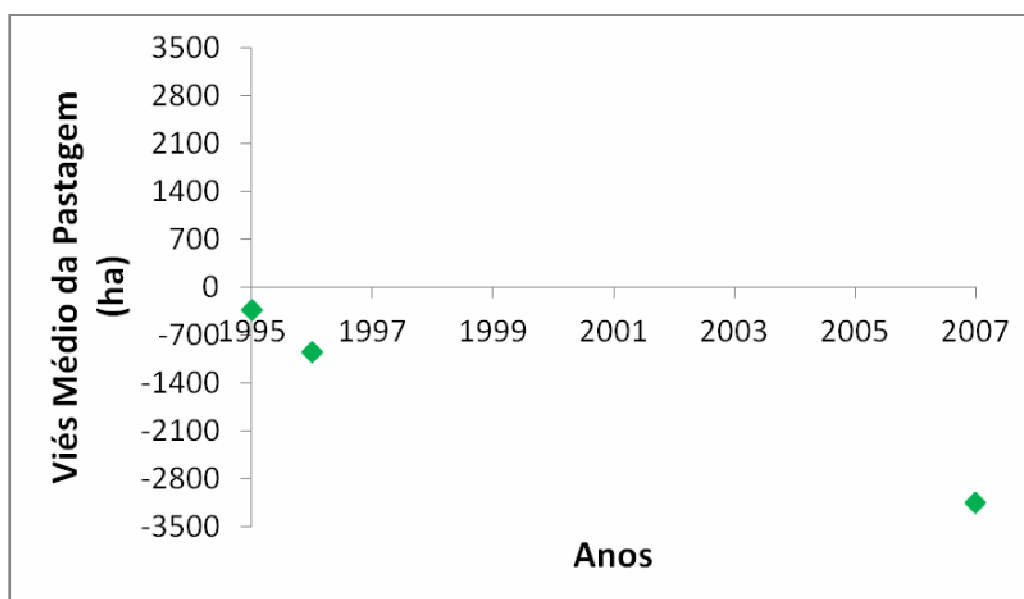


FIGURA 5. Erro estatístico Viés Médio nos anos de 1995, 1996 e 2007.

Fonte: dados do estudo.

Os valores obtidos mostram um aumento significativo da agricultura sendo constatados pela inclinação da linha de tendência. Estes valores mostram um avanço da agricultura em todo município de Acrelândia/AC, desde meados dos anos 90 até o ano de 2009, apresentando forte aumento no decorrer da última década com cerca de 15.000,00 hectares de áreas agricultáveis em 2009 em relação aos 5.000,00 hectares registrados no ano de 1994 (Figura 6).

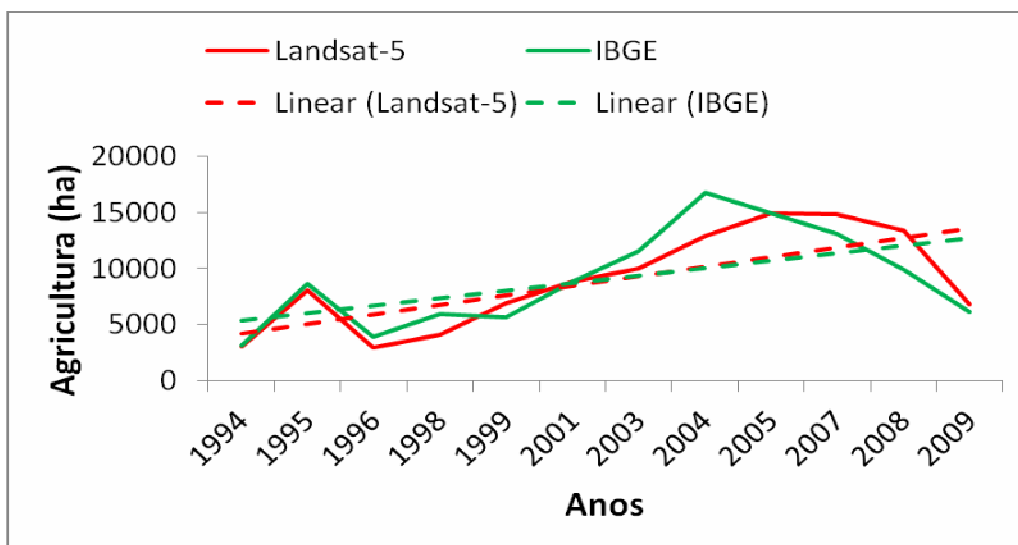


FIGURA 6. Evolução temporal da agricultura estimado pelo sensor TM e observados pelo IBGE no município de Acrelândia/AC.
Fonte: dados do estudo.

Na Figura 7 podem ser observados que os valores do sensor TM subestimaram e superestimaram os valores do censo 2010. Para os anos de 2007 e 2008 os valores estimados (sensor TM) foram superiores aos observados (IBGE) com o maior valor ultrapassando 280 hectares em 2008. Já nos anos de 1998 e 2004 estes valores foram inferiores aos observados, sendo que o maior valor também ultrapassou 300 hectares em 2004. Vale ressaltar que estes resultados não indicam ineficiência do sensor para estimar as respectivas mudanças da paisagem já que se trata de estudo de áreas muito extensas e estes erros não são significativos.

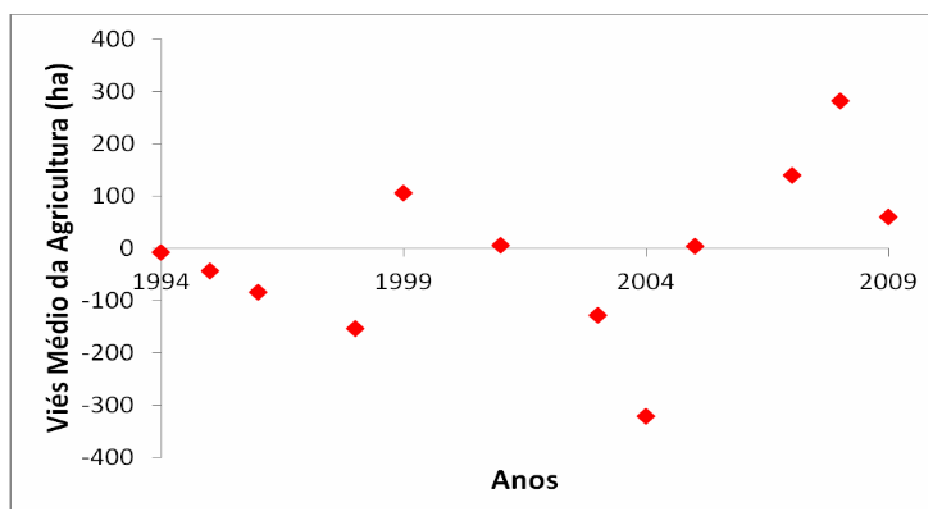


FIGURA 7. Viés médio da agricultura para o município de Acrelândia, AC.
Fonte: dados do estudo.

O índice de vegetação (NDVI) estimado para o município de Acrelândia/AC mostra uma redução significativa (Figura 8). Esta redução da área com cobertura

florestal pode estar associada ao aumento das áreas de pastagens bem como para a agricultura no município.

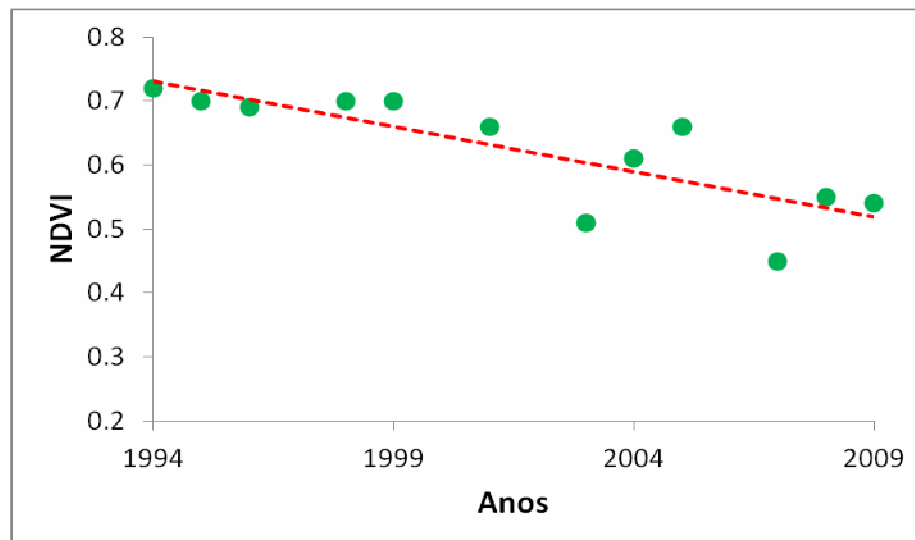


FIGURA 8. Valores médios do NDVI, Acrelândia/AC.

Fonte: dados do estudo.

Na Figura 9 verifica-se que a aplicação do algoritmo para determinação da área de agricultura e pastagem através de imagens do satélite Landsat-5 sensor TM apresentou coeficiente de determinação (r^2) satisfatório de 0,8256 quando comparados com os valores do IBGE.

A partir das análises realizadas nas figuras anteriores, observa-se segundo LEITÃO et al., (2002), que as alterações no uso e cobertura do solo podem influenciar significativamente nas variações climáticas em escala regional e global. O aumento do albedo causado pelas mudanças quanto ao uso e cobertura do solo tem contribuído para as mudanças ambientais globais. O albedo de uma superfície coberta por vegetação varia com o ângulo de inclinação do Sol, tipo de vegetação, condições de umidade do ar e da superfície, umidade e tipo de solo, além da quantidade e tipo de nuvens.

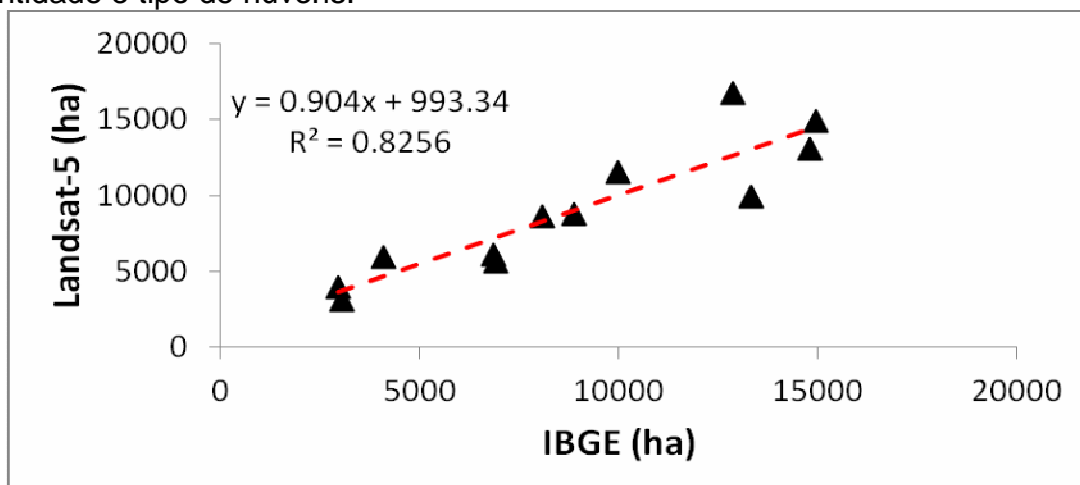


FIGURA 9. Regressão linear simples entre os valores observados (IBGE) e estimados pelo sensor TM de áreas agricultáveis em hectares para o município de Acrelândia, AC.

Fonte: dados do estudo.

CONCLUSÃO

A evolução espacial e temporal das áreas de agricultura e pastagem em Acrelândia pode ser explicada por meio das imagens analisadas, pelas quais foram encontrados valores sempre crescentes tanto de agricultura quanto de pastagem a cada ano principalmente no decorrer da última década.

O declínio das áreas de cobertura florestal pode ser resultado das mudanças da paisagem, pois os valores apresentaram diminuição constante do índice de vegetação enquanto os valores de pastagem e agricultura apresentaram aumento em todos os períodos.

Os dados do sensor TM mostraram-se eficientes para avaliar as mudanças no uso do solo, apresentando boas correlações com os dados do IBGE.

Assim, a utilização de imagens de sensoriamento remoto permitiu avaliar os cenários da dinâmica do uso e cobertura da terra, acompanhar as principais mudanças na paisagem e da cobertura vegetal.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro processo 477207/2011-1 e a Universidade Federal do Acre pelo projeto de extensão e concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.133, n.395, p.380-394, 2007a.

ALTMANN, A L.; ECKHARDT, R. R.; REMPELL, C. Evolução Temporal do Uso e Cobertura da terra – Estudo de Caso no município de Teutônia – RS -Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 61/03 p. 273-289, 2009.

ARAGÃO, L.E.; GRAÇA, P.M.L.A.; RIVERA-LOMBARDI, R.J.; KRUG, T. Utilização de técnicas de classificação digital de imagens Landsat TM-5 na identificação de áreas florestais afetadas pela extração seletiva de madeira: parte baixa do Rio Capim, PA. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, PR, 21-26 abr, 2001. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2001, p. 1509-1512. [INPE-8244-PRE/4033].

CHANDER G.; MARKHAM B. (2003) Revised landsat 5/TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v.41, n.11, p.2.764-2.677.

DELGADO R. C. **Análise da evolução espaço-temporal das lavouras no Estado de Minas Gerais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 132p, 2010.

ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; SILVA, P.G. Correlação entre áreas de corte seletivo de madeira e proximidade das estradas em uma porção da Amazônia Central. In: V Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações

Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal. Curitiba, PR. 15-17 out, 2002. **Anais...**, p.219-221. [INPE-9476-PRE/5131].

GRAÇA, P.M.L.A.; SANTOS, J.R.; SOARES, J.V.; SOUZA, P.E.U. Desenvolvimento metodológico para detecção e mapeamento de áreas florestais sob exploração madeireira: estudo de caso, região norte do Mato Grosso. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, GO, 16-21 abr, 2005. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2005, p.1555-1562. [INPE-12649- PRE/7941].

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA – IMAZON. **Boletim Transparência Florestal da Amazônia Legal Março 2011**. Disponível em: <<http://www.imazon.org.br/publicacoes/transparencia-florestal/transparencia-florestal-amazonia-legal/boletim-transparencia-florestal-da-amazonia-legal-marco-de-2011>> Acesso em: 16 maio. 2012.

LEITÃO M. de M. V. B. R.; SANTOS, J. M. dos & OLIVEIRA, G. M. de. Estimativas do albedo em três ecossistemas da floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.256-261, 2002.

LORENA R. B. Evolução do uso da terra em porção da Amazônia ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças, São José dos Campos: INPE, 2003.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J.G.S.M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz, ES. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.395-403, 2003.

SANTOS, J.R.; KRUG, T.; ARAÚJO, L.S.; MEIRA FILHO, L.G.; ALMEIDA, C.A. Dados multitemporais TM/Landsat aplicados ao estudo da dinâmica de exploração madeireira na Amazônia In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, PR, 21-26 abr, 2001. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001, p.1751-1755. [INPE-8219-PRE/4008].

SANTOS, R. F. Planejamento Ambiental - teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. 1998. 299 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). São Paulo, 1998.