

Segmentação de imagens como meio auxiliar no reconhecimento da paisagem

Diego Araújo de Almeida ¹
Stélio Soares Tavares Júnior ²

¹ Secretaria Municipal de Gestão Ambiental e Assuntos Indígenas – SMGA/PMBV
Rua Claudionor Freire, nº 571. Bairro Paraviana.
CEP: 69307-250 Boa Vista – RR, Brasil
almeida_da@pmbv.rr.gov.br

² Universidade Federal de Roraima – UFRR/IGEO
Campus Paricarana: Av. Cap. Ene Garcez, nº 2413. Bairro Aeroporto.
CEP: 69304-000 Boa Vista – RR, Brasil
stelio@dgl.ufr.br

Abstract. The climatic changes, deforestation, land use and occupation become the Amazonia Forest more vulnerable to environmental degradation. In this context, some studies use images of satellite and processing techniques to recognize and understand the ecological processes in the extensive territory taken for this ecosystem. Thus, the present study aims to show a methodology where images segmentation techniques are used as auxiliary tool to the technical visit, improving the recognition process of landscape units. The study area is located in the north of the Roraima State, Pacaraima's Mountains. The methodological procedures adopted consisted to apply techniques of pre-processing and post-processing followed by technical visit and mapping of the landscape units. The results emphasized the main environmental aspects of the area and made possible recognize and characterize four distinct landscape units. Finally, the proposed methodology was efficient to recognize the structures and relationships in the landscape.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, landscape ecological, sensoriamento remoto, processamento de imagens, ecologia da paisagem.

1. Introdução

Estudos sobre mudanças climáticas, desflorestamento, uso e ocupação da terra são temas constantes nos trabalhos sobre a Amazônia Legal (Bruijnzeel, 1996; Almeida *et al.*, 1996; Alves *et al.*, 1996; Alencar *et al.*, 1996; Laurance e Williamson, 2001; Mello *et al.*, 2003). Este esforço busca principalmente a compreensão dos efeitos das mudanças que ocorrem sobre os ciclos biogeoquímicos e perda da oportunidade do aproveitamento sustentável dos serviços ambientais prestados pela floresta amazônica (Crutzen e Andreae, 1990; Medina e Cuevas, 1996; Fearnside, 2006).

As mudanças, seja natural ou antrópica, tornam a floresta mais vulnerável aos processos de degradação ambiental. Segundo Aragão *et al.*, (2008) existe uma clara relação sinérgica entre clima, desflorestamento e queimadas na Amazônia, que associado as forças antrópicas, como mudanças no manejo da terra, determinam os regimes de ocorrência dos impactos ambientais à este bioma.

Devido ao extenso território e diversidade paisagística da Amazônia, o emprego de imagens de satélite como ferramenta de reconhecimento e monitoramento da paisagem permite entender diversos processos e subsidiar importantes decisões a nível de gestão dos recursos naturais da região.

Contudo, para analisar a grande quantidade de dados contidos nas imagens de sensoriamento remoto, é necessário o uso de técnicas de processamento digital. Projetos como o DETER “Detecção de Desmatamento em Tempo Real” (INPE, 2008 a) e o PRODES “Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia” (INPE, 2008 b),

desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), utilizam-se destas técnicas de maneira eficiente para produzir informações sobre o desmatamento na Amazônia.

Dentre as técnicas de processamento digital utilizadas, a segmentação de imagem recebe destaque. Ela é considerada uma ferramenta que aperfeiçoa a interpretação visual, pois permite subdividir uma imagem em partes distintas de acordo com seus valores radiométricos. Esta técnica pressupõe a geração de objetos internamente homogêneos e estatisticamente distintos de seus vizinhos dos dados provenientes de sensores remotos (Bins *et al.*, 1996).

Desta forma, este estudo tem como objetivo apresentar uma metodologia de trabalho onde a técnica de segmentação de imagens é utilizada como ferramenta auxiliar a visita de campo, aprimorando o processo de reconhecimento de unidades paisagísticas (UPs).

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada no extremo norte do Estado de Roraima, na região da Serra de Pacaraima. Abrange parte do município de Pacaraima e encontra-se inserida no Planalto das Guianas. Compreende uma área de 165,6 km², com limites estabelecidos pelas coordenadas UTM 701715 E, 499635 N e 715515 E, 487635 N, onde se destacam a sede do município de Pacaraima, as comunidades rurais do seu entorno (Maloca Samã e Sítio União), a BR-174 e a fronteira entre Brasil e Venezuela (figura 1).

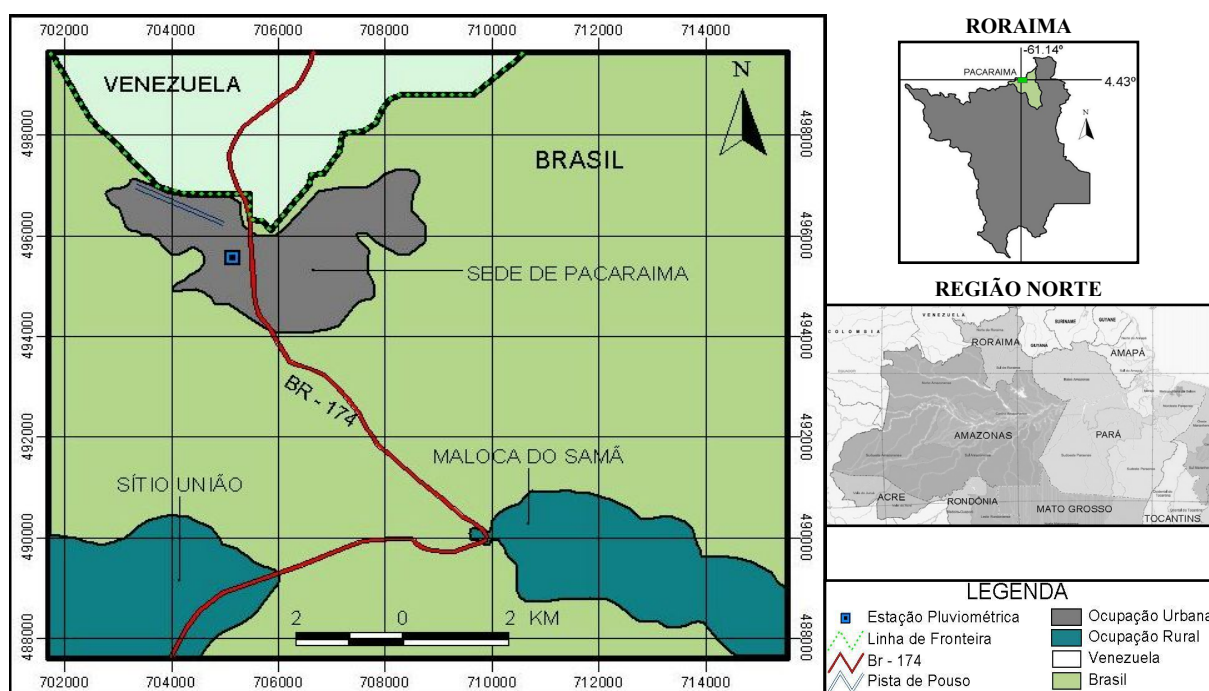


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

2.2 Materiais e Métodos

A base de dados utilizado neste trabalho compreendeu uma imagem GEOCOVER/2000 e uma série temporal de quatro imagens LANDSAT-5/TM. Estas imagens foram adquiridas gratuitamente em NASA (2009) e INPE (2008c), respectivamente. A tabela 1 descreve as características das imagens de satélite adquiridas.

Tabela 1. Principais características das imagens do satélite LANDSAT-5/TM adquiridas.

Órbita/ Ponto	Data de Aquisição	Bandas	Resolução Espacial (m)	Resolução Radiométrica	Elevação Solar	Azimute Solar
232/57	17/02/1990	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	47,9109°	113,508°
232/57	04/04/1995	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	50,9275°	86,7278°
232/57	17/05/1999	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	56,9982°	60,794°
232/57	06/05/2004	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	-----	-----

Os procedimentos metodológicos adotados consistiram na aplicação de técnicas de pré-processamento e pós-processamento seguidos por trabalhos de campo. Para tanto, foi utilizado o aplicativo de análise de imagens PCI Geomatica e os Sistemas de Informações Geográficas ArcGis e SPRING. A seqüência de ações estabelecidas propiciou uma rotina de trabalho, onde se definiram os tipos de tratamentos que seriam utilizados para auxiliar na interpretação dos dados digitais (figura 2).

A escolha e aquisição das imagens LANDSAT-5/TM baseou-se em prévia análise visual, em composição RGB (5, 4, 3), com intuito de selecionar as imagens com melhor visualização da Serra de Pacaraima. Primariamente realizou-se a correção atmosférica das cenas LANDSAT-5/TM, por meio do método de *Subtração do Pixel Escuro* (Mather, 1999).

Posteriormente, as cenas passaram pela correção geométrica, na qual se empregou o modelo matemático polinomial de terceiro grau. A correção geométrica tomou como base a extração de 20 pontos de controle distribuídos de forma homogênea por toda a área coberta pela cena 232/57 e a imagem GEOCOVER/2000 serviu como referência para a coleta e registro dos pontos de controles. Após a correção geométrica recortes referentes à mesma área de estudo foram gerados para as quatro cenas.

Os recortes de imagens gerados foram segmentados na intenção de facilitar o reconhecimento das unidades paisagísticas mais relevantes e direcionar a visita de campo. Para isso, optou-se pelo segmentador por crescimento de regiões (Bins *et al.*, 1996), que exige a informação de dois valores, correspondentes aos limiares de similaridade e de área.

Apenas a banda 5, dos quatro recortes, foi utilizada, pois apresentou o resultado mais satisfatório em análises prévias da área de estudo. Após testes realizados sobre as faixas espectrais ficou estabelecido o valor de 10, para o limiar de similaridade, e de 12, para o limiar de área, que foram aplicados em todos os quatro recortes.

Com os recortes de imagens segmentados confeccionaram-se quatro cartas-imagem que serviram para guiar a visita de campo. Com o auxílio do GPS, no campo foi possível identificar as feições de interesse nas imagens segmentadas conferindo a verdade terrestre.

O enfoque no mapeamento das unidades paisagísticas priorizou a produção automatizada dos mapas através dos recursos de apresentação gráfica, contidos nos aplicativos utilizados no estudo. Desta maneira, os mapas produzidos resultaram da interpretação dos dados obtidos a partir dos procedimentos metodológicos adotados.

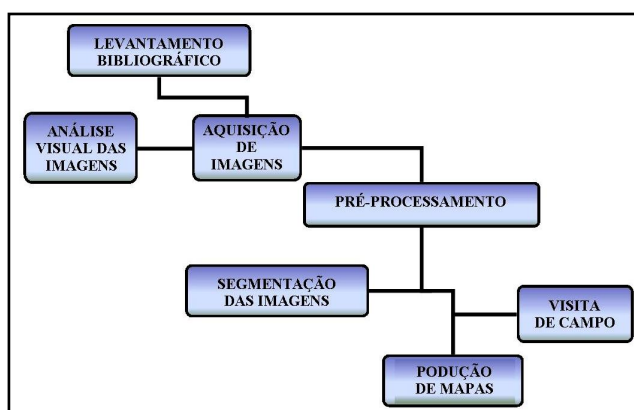


Figura 2. Fluxograma com a rotina de trabalho adotada para executar o estudo.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos neste estudo ressaltam os aspectos fisiográficos mais característicos da paisagem da Serra de Pacaraima. As imagens segmentadas apresentam os limites das áreas com respostas espectrais semelhantes e aprimoram a análise e o reconhecimento das unidades paisagísticas, como mostra a figura 3.

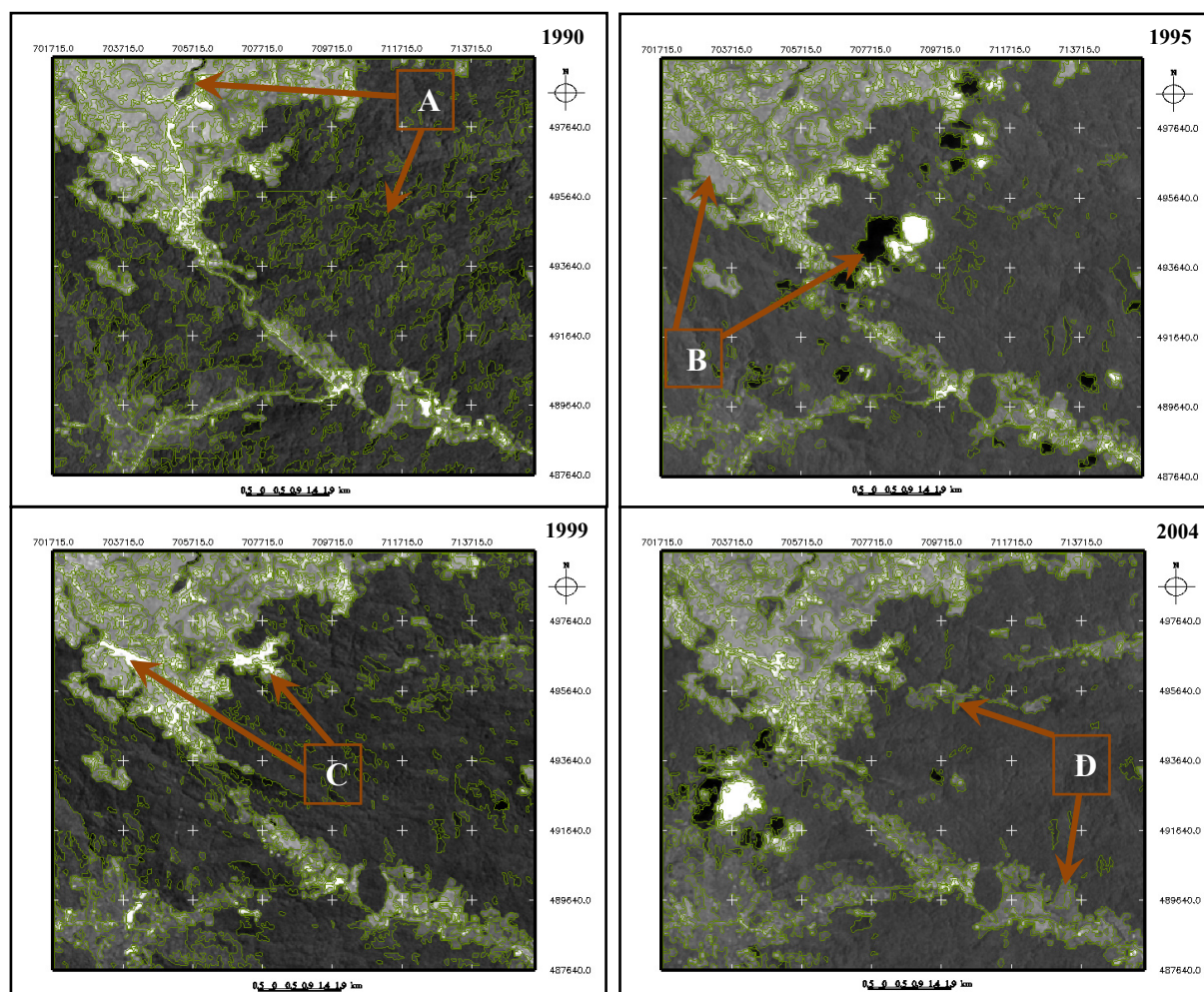


Figura 3. Imagens segmentadas (banda TM-5), referente aos anos de 1990, 1995, 1999 e 2004. A) Segmentos de áreas florestadas ao longo de curso d'água e em região montanhosa; B) as setas apontam para áreas de contato entre floresta e savana e para áreas sombreadas por nuvens; C) áreas que apresentam solo exposto; e D) áreas desflorestadas em processo de regeneração.

3.1 Reconhecimento das Unidades Paisagísticas (UPs)

O reconhecimento das UPs baseou-se na interpretação visual da série multitemporal de imagens segmentadas, associado a um trabalho de campo direcionado a áreas de difícil interpretação visual, a fim de esclarecê-los e então, reconhecer a estrutura da paisagem.

Assim, foram reconhecidas quatro UPs, classificadas como: i) Unidade Paisagística de Floresta (UPF), ii) Unidade Paisagística de Savana (UPS), iii) Unidade Paisagística de Desflorestamento (UPD), e iv) Unidade Paisagística de Ocupação Humana (UPOH).

A UPF é a unidade mais representativa e se caracteriza por apresentar uma vegetação de grande porte, densa e úmida. Esta vegetação permanece verde durante todo o ano devido ao clima ameno e às altas precipitações na Serra de Pacaraima. Segundo Nepstad *et al.*, (1994),

cerca de metade das árvores de dossel da floresta Amazônica brasileira possuem raízes profundas (>8m), o que as possibilita alcançar a água sob o solo, mesmo nos períodos secos.

Esta condição propicia uma baixa resposta espectral da UPF, na banda TM-5. De modo que, ela é facilmente reconhecida por tons escuros quase sempre contínuos nas imagens segmentadas. As discontinuidades encontradas estão associadas ao sombreamento, textura do relevo e áreas de contato estabelecidas com a savana, desflorestamentos e zonas de ocupação humana. Já, as manchas escuras isoladas dentro das partes claras da banda TM-5, representam as matas de galeria (figura 3).

Desta maneira, esta unidade se configura de grande importância na regulação do ciclo hidrológico. Segundo Vale Júnior (2000), na Serra de Pacaraima as áreas florestadas são encontradas principalmente em relevo declivoso, associada a solos rasos e seguindo os cursos d'águas locais (figura 4).

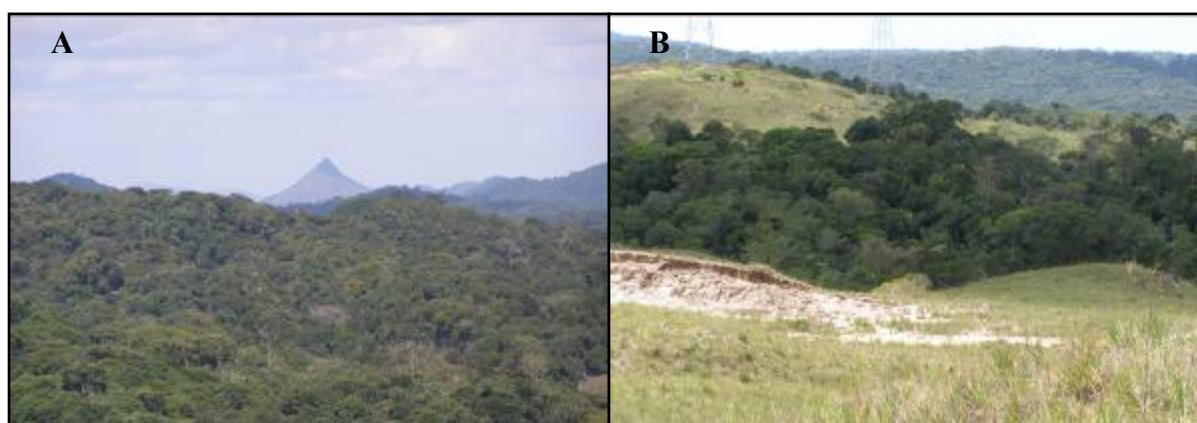


Figura 4. A) Floresta em relevo declivoso; B) floresta seguindo um curso d'água.

A Unidade Paisagística da Savana (UPS) se caracteriza pela vegetação graminosa com espécies arbóreas e arbustivas espaçadas, que se desenvolvem pouco. Esta cobertura vegetal rala facilita a ocupação humana, contudo, por se encontrar normalmente sobre solos rasos de superfícies intemperizadas e devido a ocupação não ocorrer de maneira planejada, os processos erosivos atuantes tornam-se evidentes (figura 5).

A UPS quando analisada através da banda TM-5 apresenta resposta espectral intermediária, em tom de cinza claro. Com o auxílio da segmentação foi possível detectar que as formações da UPS que se encontram próximo a planícies de inundação e cursos d'águas são separadas das áreas que estão em zonas mais elevadas do terreno. Em campo percebe-se que essas variações internas da imagem segmentada estão relacionadas ao efeito da água e do solo úmido na resposta espectral.

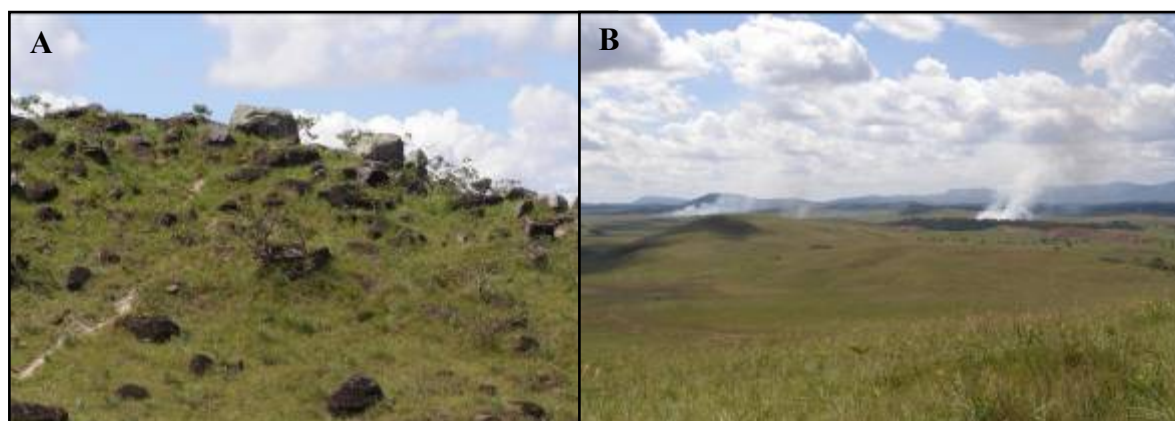


Figura 5. A) Aspecto da savana sobre solo Raso; B) visão de áreas rebaixadas da savana.

A unidade de desflorestamento (UPD) é caracterizada por áreas que sofreram o corte da floresta primária e, ou, já passaram por ciclos de queimadas, de forma que é notada a presença constante de plantas pioneiras, gramíneas introduzidas e resquícios de queimadas (figura 6). Por causa do baixo porte da vegetação pioneira, as áreas desflorestadas aparecem na banda TM-5 em um padrão de resposta espectral semelhante ao da UPS. Todavia, com a avaliação da série de imagens segmentadas foi possível perceber a evolução desta UP (figura 3).

Nesta avaliação, algumas áreas subdivididas pela segmentação chamaram a atenção, e foram consideradas na visita de campo. Onde foi possível constatar que, a UPD atualmente ocupa grandes áreas, e está associada principalmente à expansão urbana da sede de Pacaraima, bem como a agricultura primitiva praticada pelas comunidades indígenas.



Figura 6. A) Visão de uma área desflorestada; B) Queimada no perímetro urbano da cidade.

A Unidade Paisagística de Ocupação Humana (UPOH) constitui-se da Cidade de Pacaraima, da BR-174 e das comunidades indígenas, pois apresentaram respostas espectrais semelhantes. Nesta UP é constante a presença de solos expostos, sujeitos a atuação dos processos erosivos, condicionados principalmente pelos elevados índices pluviométricos, altas declividades das encostas e potencializados pela pressão antrópica (figura 7).

A existência de grande quantidade de cristais de quartzo, minerais caulínicos nos solos expostos, do asfalto da BR-174 e concreto na área urbanizada, gera uma alta reflexão resultando em áreas muito claras na banda TM-5. Entretanto, na zona de expansão urbana houve certa confusão devido a um grande número de segmentos gerados pela técnica de processamento aplicada. Mas, as áreas de alta reflectância denunciavam-se e foram, por isso, identificadas em campo, propiciando o reconhecimento desta unidade.

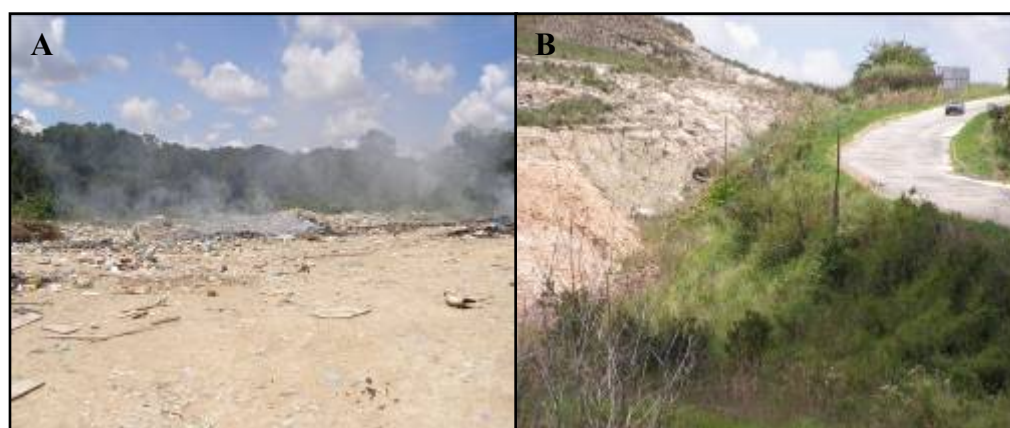


Figura 7. A) área de lixão com solo exposto; B) Erosão associada a BR-174.

4. Conclusão

O processo de reconhecimento das unidades paisagísticas é de grande importância para subsidiar a análise ambiental. Neste contexto, a utilização de técnicas como a segmentação, se apresenta como uma ferramenta facilitadora no processo de identificação de estruturas paisagísticas que apresentam certa homogeneidade espectral.

No entanto, efeitos indesejáveis no resultado da aplicação desta técnica podem ocorrer, devido principalmente à variedade de respostas espectrais dos alvos presentes numa determinada área, assim como pelas diferentes dimensões das unidades mapeadas.

Por este motivo, a proposta metodológica de identificação de unidades paisagísticas por meio da aplicação da técnica de segmentação de imagem em associação aos trabalhos de campo se apresentou como uma forma eficiente de reconhecer a estrutura e relacionamentos existentes numa paisagem.

Agradecimentos

A CAPES, que por meio do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, oferece o curso de Mestrado em Recursos Naturais na Universidade Federal de Roraima e ao Instituto de Geociências – IGEO/UFRR.

Referências Bibliográficas

ALENCAR, A. A.; VIEIRA, I. C.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P. Análise multitemporal do uso do solo e mudança da cobertura vegetal em antiga área agrícola da Amazônia oriental. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 475-478.

ALMEIDA, S. A.; OSMAN, F. S.; MELLO, E. K.; MOREIRA, J. C.; ORTIZ, J. O.; AMARAL, S.; SOARES, J. V.; ALVES, D. S. Mapeamento de cobertura da terra utilizando técnicas de processamento de imagens na região de Ariquemes (RO-BR), com ênfase às florestas secundárias. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 479-483.

ALVES, D. S.; MOREIRA, J. C.; MELLO, E. K.; SOARES, J. V.; FERNANDEZ, O.; ALMEIDA, S. A.; ORTIZ, J. O. Mapeamento do uso da terra em Rondônia utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens Landsat-TM. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 71-79.

ARAGAO, L.; MALHI, Y.; BARBIER, N.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y.; ANDERSON, L.; SAATCHI, S. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, v. 363, n.1491, p. 1779-1785, Feb. 2008.

BINS, L.S.; FONSECA, L.M.G.; ERTHAL, G.J.; MITSUO, F. Satellite Image Segmentation: a region growing approach. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 677-680.

BRUIJINZEEL, L. A. Predicting the hydrological impacts of land cover transformation in the humid tropics: the need for integrated research. In: GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. (Org.). **Amazonian deforestation and climate**. Nova York: John Wiley and Sons, 1996, p.15-55.

CRUTZEN, P.J.; ANDREAE, M.O. Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, New York, v.250, p.1669-1678, dec.1990.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**. Manaus, v.36, n.3, p.395-400, 2006.

INPE. Estimativas Anuais desde 1988: Taxa de desmatamento anual (km²/ano). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2007.htm>. Acesso em: 15 maio 2008, (a).

INPE. Coordenação geral de observação da terra. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter/>>. Acesso em: 02 junho 2008, (b).

INPE. Divisão de Geração de Imagens: Os Satélites Landsat 5 e 7. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 03 agosto 2008, (c).

LAURANCE, W. F.; WILLIAMSON, G. B. Positive Feedbacks among Forest Fragmentation, Drought, and Climate Change in the Amazon. **Conservation Biology**, Florida, v.15, n.6, p.1529–1535, dec. 2001.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 2.ed. Nova York: John Wiley and Sons, 1999.

MEDINA, E.; CUEVAS, E. Biomass production and accumulation in nutrient-limited rainforest: implications for responses to global change. In: GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. (Org.). **Amazonian deforestation and climate**. Nova York: John Wiley and Sons, 1996, p. 221-239.

MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C.; SANTOS, J. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; SOUZA, I. M.; BARBOSA, C. C.; SOUZA, R. C. M.; CARVALHO, J. A. P. Técnicas de modelo de mistura espectral, segmentação e classificação de imagens tm landsat para o mapeamento do desflorestamento da amazônia. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2807 - 2814.

NASA. Applied Science & Technology: Project Office. Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>, acesso em: 09 de setembro de 2009.

NEPSTAD, D.; CARVALHO, C.; DAVIDSON, E.; JIPP, P.; LEFEBVRE, P.; NEGREIROS, P.; SILVA, E.; STONE, T.; TRUMBORE, S.; VIEIRA, S. The role of deep roots in the hidrological cycles of Amazonian forests and pastures. **Nature**, Londres, v. 372, p. 666-669, dec. 1994.

VALE JÚNIOR, J. F. Pedogênese e Alterações dos Solos sob Manejo Itinerante, em áreas de Rochas Vulcânicas Ácidas e Básicas, no Nordeste de Roraima. Minas Gerais, 2000. 185f. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2000.