

DISCRIMINAÇÃO ENTRE FLORESTA PRIMÁRIA, SECUNDÁRIA E RESTINGA UTILIZANDO O OPERADOR DE FRAGMENTAÇÃO ASSIMÉTRICA (F_A)

CLAUDIA DE ALBUQUERQUE LINHARES¹

ARCILAN TREVENZOLI ASSIREU¹

DIÓGENES SALAS ALVES¹

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{linhares@dpi, arcilan@ltid, dalves@dpi}.inpe.br

Abstract. This article discusses the utilization of a tool called F_A (Asymmetric Fragmentation), a computational operator, for “*restinga*”, primary and secondary forest discrimination. These three forest formations are spectrally similar, making it difficult to execute an image classification leading to satisfactory results. The F_A operator was developed to characterize complex regimes, based on the dominance of some structures, and it was originally used for plasma researches. We propose to test the F_A operator for spectral pattern discrimination in natural resource research.

Keywords: remote sensing, asymmetric fragmentation, secondary forest, ‘*restinga*’.

1. Introdução

O Sensoriamento Remoto vem oferecendo condições de obtenção de dados numa quantidade cada vez maior. Isto, somado ao aumento da resolução espacial dos sensores e conseqüente capacidade de detecção de estruturas cada vez mais finas, indicam a necessidade do desenvolvimento de técnicas que possibilitem uma distinção quantitativa das feições observáveis nos produtos de satélite. A complexidade de padrões observados em imagens relativas a regiões marcadas por diferentes formas de ocupação do solo e exploração dos recursos naturais, faz com que a interpretação destas imagens seja uma tarefa nem sempre fácil. Assim, a subjetividade envolvida no processo de interpretação visual pode gerar dúvidas quanto à sua credibilidade. A classificação digital automática, por sua vez, não apresenta menos problemas, uma vez que se baseia apenas nos valores digitais das imagens e é freqüente a ocorrência de confusão de classes referentes a alvos espectralmente semelhantes.

Este fato tem sido particularmente freqüente no mapeamento do uso e cobertura da terra, cuja legenda inclui diferentes formações vegetais, tais como floresta primária, vegetação secundária e áreas de *restinga*, por exemplo. No caso da Amazônia, a confusão entre áreas de floresta primária e áreas de vegetação secundária (‘capoeiras’) em estágio avançado de desenvolvimento representa um importante desafio de mapeamento. Já na Mata Atlântica, a floresta primária confunde-se com a capoeira e, também, com as áreas de *restinga*.

As ‘capoeiras’ constituem uma classe de uso da terra de especial importância em estudos ambientais (são áreas passíveis de preservação e possíveis constituintes de corredores ecológicos), em estudos ecológicos (envolvendo levantamento de fauna e flora, biodiversidade, fluxo genético, extinções locais), em estudos climatológicos e de mudanças globais (papel das capoeiras na absorção de gás carbônico), entre outros. A correta identificação destas áreas faz-se necessária para uma avaliação precisa de sua localização, dimensões e distribuição espacial, informações estas que fomentarão os estudos mencionados.

As *restingas* são ecossistemas litorâneos de extrema riqueza biológica, ameaçadas por empreendimentos imobiliários. Por estes motivos e por constituir um ecossistema diverso da Mata Atlântica, a *restinga* tem sido mapeada como uma classe à parte no Atlas dos Remanescentes Florestais de Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2001). Este projeto tem realizado o mapeamento de toda a área de domínio da Mata Atlântica a cada 5 anos desde

1985, abrangendo uma área total de quase 1.300.000 km², contida em 82 cenas TM/Landsat. Pela extensão da área abrangida pelo projeto, a metodologia usada tem sido aprimorada de modo a reduzir o tempo de realização do mapeamento, que passou a ser anual desde 2000. Técnicas, como a segmentação, já vêm sendo utilizadas e uma classificação automática, que apresentasse resultados satisfatórios sem a necessidade de grandes esforços de edição, seria um grande avanço na otimização do tempo do projeto.

Desta forma, este artigo tem como objetivo a investigação das potencialidades de aplicação do operador de Fragmentação Assimétrica (F_A), desenvolvido por Rosa et al. (1998, 1999), na tentativa de diferenciar áreas de floresta primária de áreas de vegetação secundária e de restinga. Resultados preliminares em Assireu et al. (2001) indicam a capacidade deste operador em distinguir diferentes feições oceanográficas verificadas em imagens termais na costa brasileira.

2. Fundamentação Teórica

O operador F_A é um parâmetro quantificador de assimetrias em um campo gradiente, que possibilita definir o grau de complexidade local, podendo tornar-se um indicador de padrão espacial. O F_A (Rosa et al., 1998, 1999) atua sobre uma matriz M de amplitudes, transforma-a em um campo de triangulação T_A e calcula o grau de fragmentação assimétrica F_A , dada por:

$$F_A = (I - L)/L \quad (I - L > 0) \quad (1)$$

onde I e L são, respectivamente, número de linhas e número de pontos do campo de triangulação.

Os passos de aplicação do operador são os seguintes:

- 1) Visualização da matriz através de envelopes de superfície, contornos de intensidade ou imagem orbital;
- 2) É gerado um campo gradiente para esta matriz, com V vetores, caracterizando a variação espacial da intensidade pixel a pixel;
- 3) Cada par de vetores simétricos do campo gradiente é removido dentro de uma tolerância (ζ), gerando um campo de assimetria da matriz M , com L vetores;
- 4) Cada vetor L é representado pelo ponto médio, gerando um campo escalar bidimensional, com L pontos;
- 5) A Triangulação de Delauney é aplicada sobre estes L pontos, gerando um campo de triangulação com I linhas;
- 6) O parâmetro de fragmentação $F_A = (I - L)/L$ é, então, calculado.

O parâmetro $(I - L)/L$ consiste em uma nova medida quantitativa da complexidade local dada pela assimetria no campo gradiente de amplitudes (Rosa et al., 1999). Este parâmetro é uma medida do grau de complexidade estrutural e caracteriza espacialmente determinadas regiões. Padrões espaciais dominados pela natureza possuem maior assimetria, apresentando maiores valores de F_A . No caso de imagens, o parâmetro F_A permite a caracterização dos principais padrões, levando a identificação de estruturas dominantes ao mesmo tempo em que indica sua complexidade relativa.

3. Material e Método

Serão duas áreas de estudo: uma no Estado de Rondônia, em área de Floresta Amazônica, a qual está inserida na cena 231/67 - TM Landsat. Nesta região ocorre processo acelerado de ocupação desde a década de 70, onde através de projetos de assentamento rural, a floresta primária amazônica vem sendo gradativamente substituída por talhões de pastagens e culturas agrícolas (Alves et al., 1999). Atualmente a paisagem da região encontra-se extremamente fragmentada, apresentando pequenos polígonos de floresta primária inseridos em imensa

malha de áreas agropastoris e áreas abandonadas, nestas crescendo vegetação secundária, a chamada 'capoeira'. Esta malha de intensa ocupação está rodeada por Floresta Amazônica ainda intacta e apresenta relevo suavemente ondulado. A segunda área de estudo será no Estado do Rio de Janeiro, em ambiente de Mata Atlântica, onde a restinga encontra-se na região litorânea fluminense e as áreas de capoeira e de floresta primária concentram-se na Serra do Mar, na sua base e nas encostas, respectivamente. A região está inserida na cena 217/76 – TM Landsat.

O dado de entrada para o operador F_A é uma matriz numérica. Neste caso, a matriz será uma grade numérica, correspondente aos valores digitais dos pixels da imagem orbital da área de estudo. Os valores de nível de cinza da imagem serão transformados em valores de reflectância, de forma a obter uma representação espectral mais precisa dos alvos abrangidos na cena. Será gerada uma grade numérica correspondente à imagem reflectância, onde cada número Z da matriz corresponde ao valor de reflectância do pixel X,Y . O operador será então aplicado sobre submatrizes correspondentes a floresta primária, vegetação secundária e restinga, selecionados visualmente a partir da imagem total.

Como dado de saída do operador tem-se um valor numérico, que no caso de sucesso, será diferente para cada alvo testado, permitindo representar a capoeira, a restinga e a mata primária.

4. Resultados Esperados e Considerações Finais

Por constituírem alvos naturais, a estrutura de florestas primárias, secundárias e restingas é de natureza complexa e não organizada, assim como os fenômenos oceanográficos analisados por Assireu et al. (2001). Uma vez que estes autores alcançaram resultados satisfatórios quando da aplicação do operador F_A para a distinção de três diferentes feições oceanográficas, por analogia, espera-se que no presente trabalho esta técnica permita também obter resultados igualmente satisfatórios para os dados de vegetação, segundo suas complexidades estruturais. Isso abriria a possibilidade de se dispor de uma técnica que permita complementar os trabalhos de interpretação visual e/ou de classificação digital, quando estes não forem suficientes na separabilidade das classes de interesse.

No caso de sucesso na aplicação do operador F_A para discriminar florestas primárias de florestas secundárias e restinga, um importante avanço estará sendo dado nos estudos que envolvem mapeamento e monitoramento da dinâmica de uso e cobertura da terra, dada a importância da 'capoeira' e da restinga, mencionada no item 1, e a necessidade de sua discriminação em relação às demais classes de uso e cobertura da terra.

Referências

- Alves, D.S., Pereira, J.L.G., de Sousa, C.L., Soares, J.V., Yamaguchi, F. Characterizing landscape changes in Central Rondônia using Landsat TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 20, n.14, p. 2877-2882. 1999
- Assireu, A.T.; Lorenzetti, J.A.; Rosa, R.R. and Vijaykumar, N.L. Caracterização de padrões contidos em imagens termais do oceano. In: OCSAT, 2., Arraial do Cabo, 2001. *Anais*. Instituto de Pesquisas Almirante Paulo Moreira.
- Rosa, R.R.; Sharma, A.S.; Valdivia, J.A. Characterization of localized turbulence in plasma extended systems. *Physica A*, v. 257, n.1-4, p. 509-514, 1998.
- Rosa, R.R.; Sharma, A.S.; Valdivia, J.A. Characterization of asymmetric fragmentation patterns in spatially extended systems. *International Journal of Modern Physics C*, v. 10, n.1, p. 147-163, 1999.
- SOS Mata Atlântica. *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica e de seus Ecossistemas Associados*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2001 <<http://www.sosmatatlantica.org.br/atlas/atlas.html>>.