

RECONHECIMENTO DE FITOFISIONOMIAS DO CERRADO NO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA ATRAVÉS DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DE RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA.

ALCINA MARIA NEPOMUCENO¹
ANTÔNIO NUNO DE CASTRO SANTA ROSA^{1,2}
PAULO ROBERTO MENESES³

¹INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE
DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO – DSR
12201-970 - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP, BRASIL
alcina@ltid.inpe.br, nuno@dpi.inpe.br

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
²DEPTº DA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
³INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO - ASA NORTE
70910-900 - BRASÍLIA - DF – BRASIL
nuno@cic.unb.br, pmeneses@unb.br

Abstract. This work introduces a phytofisionomics recognition study of the savannah with base in the radar images of synthetic aperture. They were used three radar images, of different dates, about Brasília region, two getting by the satellite RADARSAT operating in the C band (5,3 GHz), and an image obtained by the satellite JERS-1 operating in the L band (1,3 GHz), and all with polarization HH. The main goal went to the identification of the main fitofisionomias of the savannah Brazilian in the area of the National Park of Brasília using a methodology that enabled determine with high accuracy the of measure of the a studied areas. The images were pre-processing using a sequence of the Frost and Median filters with window size 3x3, with the purpose of increasing the relation signal/noise, which kept a good performance in relation the MAP filter (Maximum a Posteriori). The classification was made of unsupervised form using the KMeans classifier. Conform the results obtained we can conclude: (1) JERS-1 Image introduced a better result due in the their greater wavelength and also to the incidence angle is larger and therefore interacting better with the vegetal coverage; (2) the Frost filter with window 3x3 maximized the relation signal/noise of the images, while the Median filter with window 3x3 increased the contrast in the boundaries, improving a better visualization and separation of the classes; and (3) for vectorization of the areas, though semiautomatic introduced a difference, in terms of percentile, lower the percent ten in comparison the estimate obtained by the thematic map.

Keywords: radar, image processing, savannah Brazilian.

1. Introdução

Com a crescente valorização ambiental e a preservação dos recursos naturais, cada vez mais se acentua a necessidade de desenvolver e difundir novas ferramentas que auxiliem um melhor monitoramento e conhecimento de grandes áreas de cobertura vegetal.

Atualmente, mais informações vêm sendo adquiridas por sensores que operam na faixa das microondas do espectro eletromagnético, pois estes sensores ativos possuem características distintas dos sensores óticos, que permitem um monitoramento constante. O sistema de radar pode ser usado independente das condições adversas da atmosfera (chuva, fumaça, nuvens, nevoeiro) (Ulaby et al., 1981) combinada com a operação dia/noite, que fazem do radar uma ferramenta particularmente valiosa, quando à operação tempo e dependência são empreendidas.

Este trabalho teve como principal objetivo apresentar uma metodologia que permita a utilização de imagens de radar para reconhecimento das diferentes fitofisionomias do cerrado e que possibilite determinar áreas com maior precisão.

Neste trabalho foram utilizadas três imagens de radar da região de Brasília, em datas diferentes para destacar o Parque Nacional de Brasília, sendo que, duas registradas pelo satélite RADARSAT - primeiro satélite de sensoriamento remoto canadense, com sensor de abertura sintética operando na banda C (5,3 GHz de frequência ou 5,6 de comprimento de onda) e polarização HH, e uma imagem obtida pelo satélite Japonês JERS-1 (Japanese Earth Resources Satellite), operando na banda L (comprimento de onda de 23,5 cm ou 1,3 GHz de frequência), polarização HH. Estas imagens permitiram o trabalho de identificação de diferentes texturas nesta área, correspondendo cada textura a uma classe vegetal, o que permitiu a separação de algumas fitofisionomias do ecossistema cerrado. É uma ferramenta que poderá auxiliar na atualização de mapas de cobertura vegetal, acompanhamento de regeneração, monitoramento de degradações, controle nos desmatamentos, Inventários florestais, e estimativa de áreas com precisão.

2. Área de estudo

A Área escolhida para este trabalho corresponde ao Parque Nacional de Brasília (PNB), situado na porção noroeste do Distrito Federal (DF), entre os meridianos 47 53' e 48 05' (longitude oeste) e entre os paralelos 15 35' e 15 45' (latitude sul), abrangendo aproximadamente 30.000ha. A área foi escolhida por ser uma área de preservação e representativa da região do Cerrado.

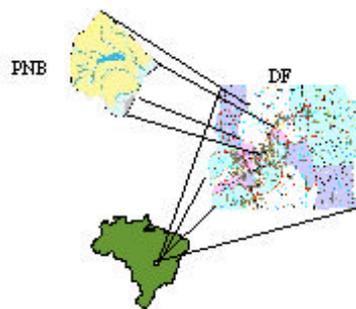


Figura 1 – Localização da área de estudo

3. Imagens RADARSAT.

As imagens para realização deste trabalho foram registradas pelo satélite canadense de sensoriamento remoto RADARSAT, que está em operação desde novembro de 1995. O mesmo está equipado com sistema SAR (Radar de Abertura Sintética) com banda C, e polarização HH, possui oito diferentes modos de operação e, ainda, oferece a possibilidade de variar o ângulo de incidência e a resolução da imagem de acordo com a necessidade, conforme **Tabela 1**.

Tabela 1 – DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES DE IMAGEAMENTO DO RADARSAT.

Modo	Área Nominal (Km ²)	Ângulo de Incidência	Resolução Nominal (m)
Standard	100 x 100	20 - 49°	30
Wide swath (1)	165 x 165	20 - 31°	30
Wide swath (2)	150 x 150	31 - 39°	30
Fine resolution	50 x 50	37 - 48°	10
ScanSAR (narrow)	300 x 300	20 - 40°	50
ScanSAR (wide)	500 x 500	20 - 49°	100
Extended (high)	75 x 75	50 - 60°	28
Extended (low)	170 x 170	10 - 23°	28

3.1. Descrição do Imageamento

As imagens foram adquiridas nos modos *Standard S1 e S7*, órbita descendente, com 4 visadas, data do imageamento 19/03/1999 e 23/03/1999, respectivamente. Coordenadas s15° 13' 55.18'' o48° 16' 39.37'' e s16° 28' 16.96'' o47° 28' 16.96'', e ângulos de incidência conforme **Tabela 2**.

TABELA 2 – ÂNGULOS DE INCIDÊNCIA DAS IMAGENS STANDARD S1 E S7.

Modos de Operação	Posições	Ângulos de Incidência
Standard	S1	20 – 27
	S2	24 – 31
	S3	30 – 37
	S4	34 – 40
	S5	36 – 42
	S6	41 – 46
	S7	45 – 49

3.2. Imagens JERS

A imagem do JERS-1 foi adquirida em 01/02/1996, com 3 visadas, ângulo de incidência de 35 graus, área nominal de 75 km x 80 km, resolução espacial de 18 m x 18 m, polarização HH, banda L (comprimento de onda de 23,5 cm ou 1,275 GHz de frequência).

4. Metodologia

A descrição da metodologia utilizada é mostrada através do fluxograma do desenvolvimento do trabalho que foi dividido em etapas, utilizando o software ENVI 3.0, mostrado na **Figura 2**. Os programas fontes existentes neste software foram utilizados de forma a realizar as seguintes etapas : Registro das imagens, filtragem do ruído Speckle, filtragem para obter *clusters*, classificação não supervisionada dos *clusters*, e vetorização semi-automática.

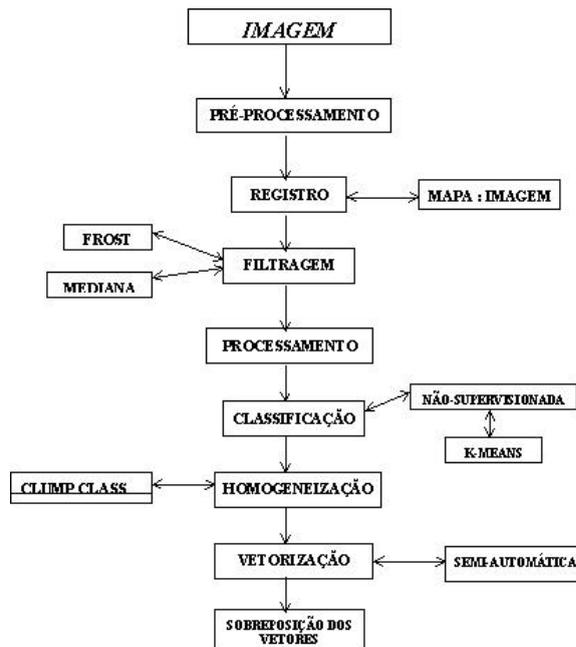


Figura 2 – Fluxograma da metodologia

4.1. Remoção do Ruído Speckle

As imagens SAR (Synthetic Aperture Radar) possuem um ruído, denominado *speckle*, inerente à forma de imageamento destes sistemas. É um ruído dependente do sinal, ou seja, devido à interação coerente da radiação eletromagnética com alvos que tenham rugosidade comparável ao comprimento de onda do sinal emitido provoca uma variação na amplitude do sinal retroespalhado e esta pode ser modelada como uma variável aleatória. Esta variabilidade na magnitude do eco é denominada *signal fading*. Em imagens SAR este *signal fading* dá um aspecto granuloso às imagens, muito semelhante a uma textura de “sal e pimenta” (pontinhos brancos e pretos), comumente chamado de *speckle*, que é uma manifestação visual deste sinal na imagem.

O padrão *speckle* é formado pelas interferências construtivas e destrutivas da energia eletromagnética retroespalhada pelo alvo imageado. Basicamente, o *speckle* em imagens SAR tem caráter multiplicativo, isto é, o ruído é mais intenso, onde a intensidade do sinal é maior. Em certas aplicações este ruído inibe a habilidade do intérprete humano em fazer uma análise visual da área de interesse, isto ocorre porque a relação sinal/ruído destas imagens é muito baixa.

Diversos filtros espaciais redutores de *speckle* têm sido propostos a fim de aumentar a relação sinal/ruído destas imagens, bem como preservar os detalhes finos existentes nas mesmas, tais como: Map Gamma (Medeiros et. al., 1998), Map Gauss (Santa Rosa & Meneses, 1999). Neste trabalho utilizou-se os filtros de Frost e Mediana para diminuição do ruído *speckle*, ou seja, para maximizar a relação sinal/ruído.

Utilizamos um experimento para mostrar que a relação sinal/ruído se mantém próxima quando se utiliza o filtro Map Gauss e a seqüência dos filtros Frost e Mediana, demonstrado na **Tabela 4 e Figura 3**.

TABELA 4 : RELAÇÃO SINAL/RUÍDO.

Filtragem	*SNR _(dB)
Map Gauss	2.1052
Frost e Mediana	2.2301

$$*SNR_{(dB)} = 20 \times \log_{10} im_{orig.} - 20 \times \log_{10} im_{fil.}$$

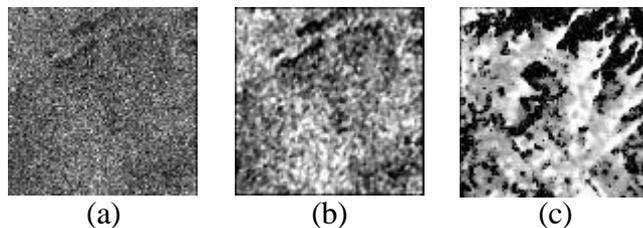


Figura 3 – (a) Imagem SAR-S1 159x159 pixels; (b) Imagem filtrada com Map Gauss 3x3; (c) Imagem filtrada com Frost e Mediana 3x3.

5. Resultados e Discussão

5.1. Filtragem das imagens

As **Figuras 3.1, 3.3 e 3.5**, mostram o corte da imagem original sobre o PNB (Parque Nacional de Brasília) de 848 x 767 pixels. Nestas imagens é visível a presença do ruído *speckle*.

A filtragem, como mostrado nas **Figura 3 e Tabela 4** demonstra eficiência próxima à do filtro Map Gauss, por Santa Rosa & Meneses (1999).

Neste processo de filtragem utilizou-se os filtro de tamanho 3x3 com as suas respectivas máscaras. Não foram utilizados filtros com janelas maiores, do tipo 5x5, devido ao alto nível de ruído presente nas imagens.

Nas **Figuras 3.2, 3.4, e 3.6**, observou-se que o resultado das filtragens das imagens foi satisfatório, ou seja, conseguiu-se maximizar a relação sinal/ruído e preservou as feições principais e suas respectivas bordas. As mesmas definem os polígonos representantes das fitofisionomias, principalmente a vegetação definida como Mata de Galeria, propiciando uma melhora na interpretação visual.



Figura 3.1. RADSAT-S1, Imagem do PNB de tamanho 848 x 767 pixels.



Figura 3.3. RADSAT-S7, Imagem do PNB de tamanho 848 x 767 pixels.

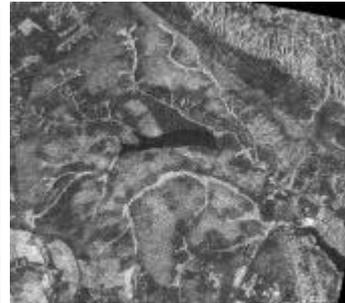


Figura 3.5 JERS-1, Imagem do PNB de tamanho 848 x 767 pixels.



Figura 3.2 RADSAT-S1, Imagem filtrada com o filtro de Frost e Mediana de tamanho 3x3 do PNB.

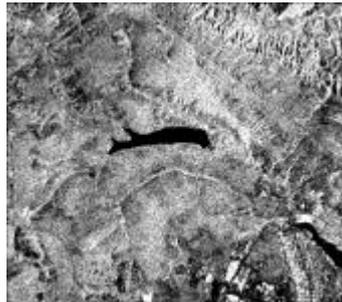


Figura 3.4 RADSAT-S7, Imagem filtrada com o filtro de Frost e Mediana de tamanho 3x3 do PNB.

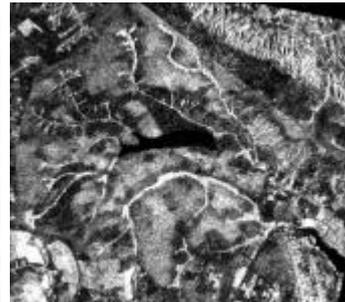


Figura 3.6 JERS-1, Imagem filtrada com o filtro de Frost e Mediana de tamanho 3x3 do PNB.

5.2. Classificação

Foi utilizado o classificador não supervisionado K-Means, pois esta forma de classificação proporcionou melhores resultados em comparação aos classificadores supervisionados MaxVer e Paralelepípedo. Porém para cada imagem obteve-se um resultado diferente.

Imagem Standard-S1, conforme **Figura 3.7**, observa-se que algumas classes foram bem diferenciadas, porém não na sua totalidade, conseguiu-se separar parte da Mata de Galeria, Cerrado, Campo Rupestre e separou bem a classe água. Na **Figura 3.8**, mostra-se à sobreposição dos vetores resultantes das quatro classes separadas no processo de classificação da respectiva imagem.

Imagem Standard-S7, conforme **Figura 3.9**, observa-se que houve um melhor resultado em relação à imagem Standard-S1, separou áreas maiores de Mata de Galeria, Cerrado, Campo Rupestre e também separou bem a classe água. Na **Figura 3.10**, mostra-se à sobreposição dos vetores resultantes da quatro classes separadas no processo de classificação da respectiva imagem, porém com maior número de áreas.

Imagem JERS-1, conforme **Figura 3.11**, observa-se que o resultado foi melhor em comparação às imagens anteriores. Separou maior número de classes e também maior número de classes por área. Identificando as classes; água, mata-de-galeria, cerrado, campo cerrado, campo sujo, campo limpo e campo rupestre. Na **Figura 3.12**, mostra-se à sobreposição dos vetores resultantes das sete classes separadas no processo de classificação da respectiva imagem. E também com maior número de áreas das classes.

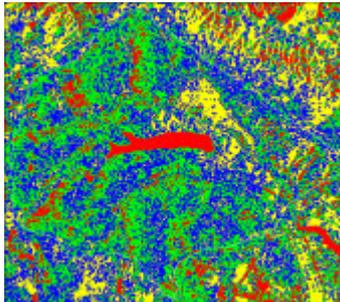


Figura 3.7 RADARSAT-S1, Imagem filtrada e classificada com K-MEANS do PNB.

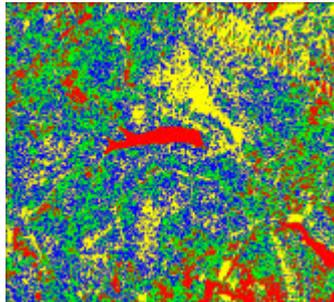


Figura 3.9 RADARSAT-S7, Imagem filtrada e classificada com K-MEANS do PNB.

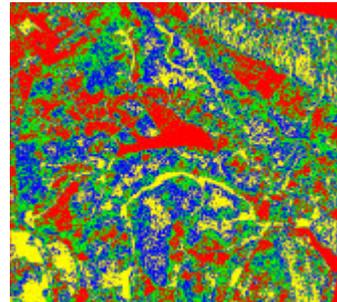


Figura 3.11 JERS-1, Imagem filtrada e classificada com K-MEANS do PNB.

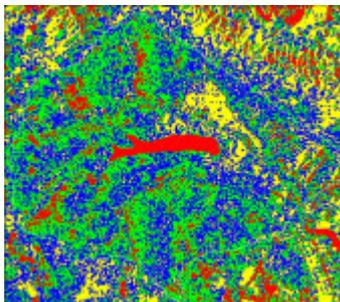


Figura 3.8. RADARSAT-S1, Imagem filtrada e sobreposta por vetores de classes Mata de Galeria e Campo rupestre do PNB.

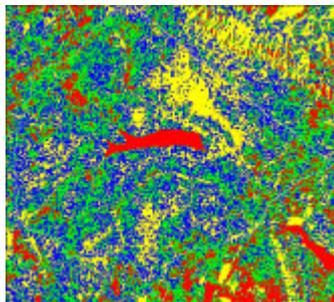


Figura 3.10 RADARSAT-S7, Imagem filtrada e sobreposta por vetores de classes Mata de Galeria, Cerrado e Campo rupestre do PNB

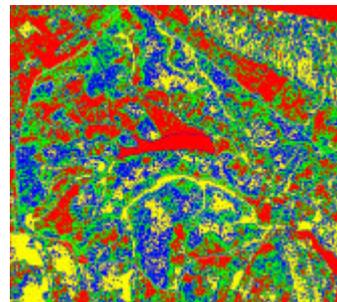


Figura 3.12 JERS-1, Imagem filtrada e sobreposta por vetores de classes Mata de Galeria, Cerrado, Campo sujo e Campo Cerrado, do PNB.

5.3. Comparação Quantitativa da Área Estimada.

Esta fase foi muito importante para a demonstração visual dos resultados e também para a realização da estimativa da área. Com os vetores foi possível a sobreposição dos mesmos nas imagens em tons de cinza e Colorida demarcando e acentuando os contornos das classes separadas pela classificação, conforme **Figuras 3.16 e 3.17**.

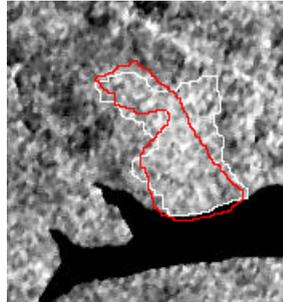


Figura 3.16 Área em vermelho medida pelo Mapa Temático e em branco pelo vetor da imagem pós-classificada RADARSAT-S7.

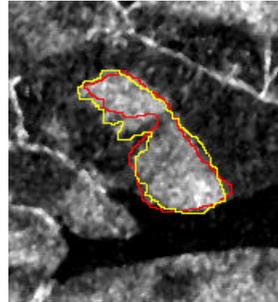


Figura 3.17 Área em vermelho medida pelo Mapa Temático e em amarelo pelo vetor da imagem pós-classificada JERS-1.

TABELA 3.1 MEDIDAS ESTIMADAS DE ÁREAS.

Análise Quantitativa de uma Área de Cerrado		
Imagens	Ano	Área estimada (ha)
JERS	1996	342,8
TEMÁTICO	1997	306,3
RADARSAT-S7	1999	384,9

6. Análise dos Resultados

Os resultados obtidos neste trabalho possibilitaram as seguintes conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

(1) A imagem do RADARSAT – S1 apresentou pouca distinção entre as classes, o que foi devido ao comprimento de onda de 5,6 cm não Ter boa penetração na vegetação, e o ângulo de incidência ser pequeno o que dificulta a interação volumétrica.

(2) A imagem do RADARSAT – S7 embora tenha o mesmo comprimento de onda da imagem S1, apresentou melhor separação entre as classes, o que é devido ao ângulo de incidência ser maior, aumentando a interação volumétrica.

(3) As imagens do RADARSAT - S1 e S7 embora não tenham apresentado grandes resultados, podem ser utilizadas para a identificação automática de algumas classes fitofisionômicas, principalmente aquelas que têm maior representatividade em relação a tamanho de área e densidade de vegetação.

(4) A imagem do JERS-1 mostrou-se mais eficiente para a separação de um maior número de classes fitofisionômicas. Devido ao comprimento de onda e ao ângulo de incidência serem maiores e portanto interagindo melhor com a cobertura vegetal.

(5) O filtro Frost com janela 3x3 maximizou a relação sinal/ruído das imagens. Quanto ao filtro de Mediana com janela 3x3 aumentou o contraste das bordas, melhorando a visualização e separação das classes. Porém verifica-se que as imagens continuam com um grande percentual de ruído.

(6) A vetorização das áreas, mesmo que semi-automática, proporcionou a estimativa das áreas visualizadas pelo radar e a comparação com a estimativa feita pelo mapa temático, o que representou uma diferença em termos percentuais de 10% em relação à estimativa da área calculada pela imagem do JERS-1.

7. Conclusão

A metodologia utilizada neste estudo mostrou que as imagens de Radar são ferramentas de grande utilidade para grandes levantamentos de áreas de cobertura vegetal. As classificações obtidas apresentam resultados confiáveis devido ao bom pré-processamento das imagens utilizadas e a pequena margem de diferença no cálculo da área medida.

8. Referências Bibliográficas

Medeiros, F.N.S.; Mascarenhas, N.D.A.; Costa, L.F. Adaptive Speckle MAP Filtering for SAR Images Using Statistical Clustering. In: **Anais** do SIBIGRAPI, 1998, v. 1, p 303-310.

Santa Rosa, A. N. de C. & Meneses, P. R. Performance of Map filters to Reduce Speckle in Radarsat images. In: **Anais**. GlobeSAR2 Final Symposium "RADARSAT Applications in Latin America, Buenos Aires, Argentina, 1999, v.1 , p 66-70.

Ulaby, F. T.; Moore, R. K.; Fung, A. K. **Microwave Remote Sensing: Fundamentals and Radiometry**. v. 1. Massachusetts: Addison-Wesley Program/World Science Division, 1981. 456p.