

Avaliação do uso de Imagens SAR Polarimétricas para Levantamento de Recursos Terrestres na Amazônia: Reserva Florestal de Tapajós

LUCIANO VIEIRA DUTRA¹
ALEJANDRO C. FRERY²
PEDRO HERNANDES FILHO³
SIDNEI J. S. SANT'ANNA⁴
CORINA DA COSTA FREITAS YANASSE⁵

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515
12201 São José dos Campos, SP, Brasil

¹dutra@dpi.inpe.br

²frery@dpi.inpe.br

³pedro@ltid.inpe.br

⁴sidnei@ltid.inpe.br

⁵corina@dpi.inpe.br

Abstract. A growing tendency in using radar imagery has been noticed in the remote sensing community. Three radar satellites have already been launched (ERS-1, Almaz-II and JERS-1). Canada plans to launch another one (Radarsat) and has planned and conducted the SAREX mission in Brazil using airborne radar, in preparation to Radarsat. One of the SAREX sites - Tapajós - was selected to test the C-band polarimetric radar capabilities on discriminating forest types and other forest related problems like deforestation. In this paper some test procedures for radar images utilization for forest discrimination are defined and intrinsic characteristics of radar images, mainly its statistical properties are defined.

1 Introdução

O principal objetivo do trabalho é estudar as características e métodos de utilização de imagens de radar multi-canais em problemas de Sensoriamento Remoto. Imagens de radar são obtidas em quaisquer condições de tempo, mas por outro lado apresentam um ruído característico denominado *speckle* muito difícil de ser eliminado necessitando-se então de técnicas adequadas para a manipulação e uso dessas imagens.

Embora imagens de radar já existam há algum tempo, somente recentemente essas estão sendo coletadas a bordo de satélites artificiais (ERS-1, JERS-1, Almaz II) tornando-se então instrumentos auxiliares importantes para a análise de grandes extensões territoriais. Outro aspecto relevante à utilidade dessas imagens é a existência de vários modos de polarização para a emissão e recepção do sinal, assim como a possibilidade de uso de diversas frequências básicas de portadora. Essa variedade de canais ainda não está presente a bordo de satélites, mas seu estudo já se impõe para informar desenvolvimentos futuros.

Em abril de 1992, durante uma missão conjunta Canadá-Brasil (Missão SAREX) foi sobrevoada, entre outras áreas, uma reserva florestal na região de

Tapajós pelo sistema SAR-580 pertencente ao Centro Canadense de Sensoriamento Remoto (CCRS). Imagens polarimétricas HH e VV, banda C, foram adquiridas com o objetivo de avaliar o uso e utilidade dessas imagens na tarefa de classificação dos tipos de florestas que se possam definir na região amazônica e também o mapeamento de áreas urbanas e desflorestadas.

Neste artigo é descrito um dos projetos do INPE que visam empregar imagens obtidas na missão SAREX. Também são apresentados resultados estatísticos preliminares, e a sua importância para a discriminação de diferentes tipos de florestas. Alvos extensos, como é o caso da área de Tapajós, são particularmente adequados para testar modelos estatísticos para imagens de radar, principalmente no que diz respeito à distribuição do ruído *speckle*.

2 Objetivos do Projeto

São três os pontos que se pretende estudar usando as imagens da missão SAREX:

1. Estatísticas da Imagem: o fato das florestas se constituírem de alvos extensos tornam as mesmas áreas propícias para o estudo do

comportamento estatístico do *speckle*, da estrutura de covariância das bandas, e de quais modelos estatísticos melhor se adaptam às texturas das florestas.

Esses estudos são importantes para a definição dos classificadores mais adequados para esse tipo de imagem, principalmente quando se deseja utilizar a textura como atributo discriminante. Mais adiante discute-se como a hipótese de Gaussianidade dos dados pode não ser a mais adequada para estas imagens, fazendo com que novos algoritmos devam ser implementados.

Deseja-se saber se os comportamentos estatísticos observados correspondem aos modelos divulgados na literatura [Lopes et al. (1990)].

2. Classificação dos tipos de florestas: um primeiro passo consiste na identificação dos tipos de classes que serão utilizadas. Para isso é necessário identificar quais classes são separáveis usando-se os dados disponíveis. Dois métodos serão utilizados: o visual e o automático.

No método visual são identificadas regiões com aparências distintas. Tal identificação pode, eventualmente, ser auxiliada por computador para o realce pictórico [Dutra e Mascarenhas (1990)], a partir de fotos preto e branco e coloridas. O método automático de agregamento ISODATA é utilizado para descobrir agregamentos naturais nos dados, sendo o resultado comparado com o método visual.

Visitas ao campo podem ser necessárias, nessa fase, para verificar se o que se distingue na imagem realmente corresponde a alvos distintos no campo.

Uma vez fixadas as classes, é possível realizar a classificação supervisionada sobre as imagens utilizando-se os seguintes métodos:

- (a) Classificação pontual: as imagens são pré-filtradas por filtros de redução de *speckle*, com a finalidade de diminuir a quantidade de ruído e tornar gaussiana a distribuição dos pixels. Usa-se em seguida a classificação de máxima verossimilhança e filtros de pós-processamento para a diminuição do ruído de classificação.

- (b) Segmentação e classificação de amostras: dois métodos de segmentação serão utilizados [Mascarenhas e Velasco (1989)]. O primeiro método é baseado em detecção de bordas e o segundo é do tipo crescimento de regiões.

Uma vez obtidas as regiões, estas são classificadas usando-se métodos de similaridade estatística [Dutra et al. (1993b)]. Estes métodos, a serem desenvolvidos, deverão levar em consideração as correlações presentes neste tipo de dados [Yanasse (1991)].

3. Comparação com outros sensores: os procedimentos apontados no item (b) serão repetidos comparando-se com dados de outros sensores de radar tais como imagens ERS-1 (já adquiridas), JERS-1 e Almaz II se disponíveis. Usar-se-ão também imagens ópticas para a comparação, co-registradas ou não com as imagens do SAR.

3 Resultados Preliminares

Dentro do contexto do projeto foram desenvolvidos e testados alguns filtros [Frery-Sant'Anna (1993a), Sant'Anna (1993)].

O uso de algoritmos Markovianos para segmentação de imagens SAR pode ver-se em Frery-Mascarenhas (1992). Para a integração destas técnicas, para imagens SAR e/ou ópticas, num sistema de informações geográficas [Câmara et al. (1992)] desenvolvido pelo INPE, ver Erthal-Frery (1993).

Em Dutra et al. (1993a) é feita uma análise de algumas das principais propriedades estatísticas de áreas extensas. Foi testada a aderência de dados de pastagem e regeneração às distribuições Gaussiana (adequada para dados ópticos e SAR *multilook*, segundo, por exemplo, Martin-Turner (1991)), Rayleigh (adequada para 1-*look* e detecção linear), Gamma, Raiz da Gamma, Log-Normal, Weibull, *K* e *K-multilook*. Embora os dados considerados sejam *multilook*, a hipótese de distribuição Gaussiana foi rejeitada em todas as amostras, quando aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov, e em 25 dentre as 32 amostras usando-se o teste χ^2 . Justifica-se, assim, a necessidade de se desenvolverem técnicas de processamento e análise de imagens que levem em conta outras distribuições.

Na Tabela 1, extraída de Dutra et al. (1993a), apresentam-se os tamanhos das amostras consideradas e as estimativas amostrais de média, desvio padrão, coeficiente de variação, número equivalente

de *looks*, e p -valores dos testes de Kolmogorov-Smirnov e χ^2 sob as hipóteses das distribuições Raiz da Gamma e Log-Normal. Observou-se que os p -valores relativos à distribuição Raiz da Gamma são, em geral, superiores aos das demais distribuições testadas quando se aplica o teste de Kolmogorov-Smirnov, porém, quando utilizado o teste χ^2 , os p -valores obtidos para a Log-Normal são, em geral, superiores aos das demais distribuições.

Na Figura 1 apresentam-se o histograma e os ajustes às distribuições Gaussiana, Raiz da Gamma e Log-Normal da amostra # 8. Pode-se notar que os ajustes da Raiz da Gamma e Gaussiana são visualmente semelhantes, porém, os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e χ^2 à Gaussiana obtiveram p -valores identicamente nulos.

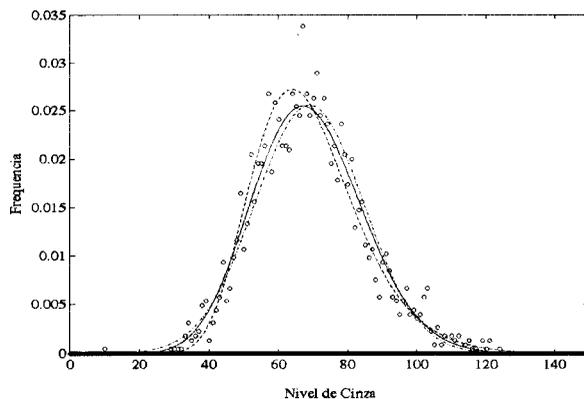


Figura 1: Histograma ("o") da amostra # 8 e ajustes das densidades Gaussiana (linha traço-pontilhada), Raiz da Gamma (linha contínua) e Log-Normal (linha tracejada).

4 Resultados Esperados

Com os resultados desse projeto pretende-se compreender melhor o processo de geração das imagens de radar e os mecanismos de interação de microondas com o alvo do tipo floresta tropical úmida nos diversos tipos de comprimento de onda e polarizações. A qualidade desse tipo de dados, os meios de melhor utilizá-los serão investigados.

O desempenho e os resultados obtidos com os algoritmos implementados pela equipe deste projeto mostraram que é relevante a implementação de ferramentas específicas, projetadas para os problemas em questão.

5 Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente desenvolvido com recursos do Projeto Temático de Equipe No. 91/3532-2

da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

6 Referências

- Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Casanova, M.A. SPRING: processamento de imagens e dados georeferenciados. In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 5., Águas de Lindóia, nov. 1992. São José dos Campos, INPE/SBC, 1992, p. 233-242.
- Dutra, L.V.; Frery, A.C.; Hernandez, P.F.; Sant'Anna, S.J.S.; Yanasse, C.C.F. Análisis estadístico de datos SAREX sobre la región de Tapajós - Brasil. Submetido para publicação no Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, Cartagena, Colombia, 1993a.
- Dutra, L.V.; Frery, A.C.; Krug, T.; Mascarenhas, N.D.A.; Sant'Anna, S.J.S.; Yanasse, C.C.F. *Alguns aspectos de modelagem estatística de dados de sensoriamento remoto*. Curitiba, INPE/SBC, maio 1993b. Notas de curso do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7.
- Dutra, L.V.; Mascarenhas, N.D.A. Realce de texturas em imagens de radar de abertura sintética (SAR) por filtros de redução de "speckle". Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Manaus, AM, 1990. p. 173-180.
- Erthal, G.J.; Frery, A.C. Segmentação de imagens multiespectrais pelo algoritmo ICM: integração ao ambiente SPRING. Submetido para publicação no Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 6., Recife, PE, 19-22 out. 1993.
- Frery, A.C.; Mascarenhas, N.D.A. Segmentação binária de imagens SAR pelo algoritmo ICM. In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 5., Águas de Lindóia, nov. 1992. São José dos Campos, INPE/SBC, 1992, p. 73-79.
- Frery, A.C.; Sant'Anna, S.J.S. Redução de ruído em imagens SAR pelo uso de filtros robustos. Simpósio Brasileiro Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, PR, 10-14 maio 1993. Curitiba, INPE/SBC, 1993a. v. 3, p. 433-442.
- Frery, A.C.; Sant'Anna, S.J.S. Non-adaptive robust filters for speckle noise reduction. Submetido para publicação no Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 6., Recife, PE, 19-22 out. 1993b.

Tabela 1: Quantidades estimadas.

Amostra	N	\bar{x}	s	\hat{C}	NEL	Log-Normal		Raiz da Gamma	
						p-KS	p- χ^2	p-KS	p- χ^2
1	1185	68.50	15.44	1.03	5.38	0.00	0.24	0.46	0.14
2	4051	77.24	19.46	1.03	4.31	0.00	0.00	0.19	0.00
3	2117	77.86	18.22	1.03	4.99	0.00	0.22	0.49	0.19
4	3479	78.52	18.23	1.03	5.07	0.00	0.00	0.30	0.00
5	2302	72.48	17.69	1.03	4.59	0.00	0.48	0.01	0.02
6	2807	75.19	16.00	1.02	6.04	0.00	0.10	0.13	0.00
7	5221	76.48	16.48	1.02	5.89	0.00	0.37	0.05	0.00
8	2245	68.93	15.61	1.02	5.33	0.00	0.29	0.48	0.00
9	1756	69.36	15.27	1.02	5.64	0.00	0.57	0.67	0.06
10	2441	76.84	16.32	1.02	6.06	0.00	0.07	0.46	0.13
11	2458	63.99	12.86	1.02	6.77	0.00	0.05	0.07	0.00
12	2689	78.26	18.30	1.03	4.99	0.00	0.87	0.43	0.12
13	3240	83.49	17.90	1.02	5.94	0.00	0.06	0.28	0.00
14	1821	84.77	17.85	1.02	6.17	0.00	0.00	0.49	0.12
15	1750	71.34	15.10	1.02	6.10	0.00	0.16	0.34	0.15
16	4641	69.71	14.54	1.02	6.28	0.00	0.00	0.13	0.00
17	3589	82.00	18.16	1.02	5.57	0.00	0.00	0.23	0.01
18	6328	72.93	16.66	1.03	5.24	0.00	0.01	0.02	0.00
19	1792	71.82	15.45	1.02	5.90	0.00	0.10	0.70	0.13
20	3627	82.43	19.40	1.03	4.93	0.00	0.04	0.46	0.11
21	1801	73.52	16.59	1.03	5.37	0.00	0.06	0.37	0.00
22	1291	81.00	17.48	1.02	5.87	0.00	0.29	0.35	0.04
23	1240	72.83	15.49	1.02	6.04	0.00	0.24	0.81	0.05
24	2458	63.28	12.90	1.02	6.57	0.00	0.03	0.31	0.00
25	3268	78.51	15.77	1.02	6.77	0.00	0.10	0.31	0.23
26	2577	77.40	17.55	1.03	5.32	0.00	0.00	0.08	0.00
27	2729	79.32	17.09	1.02	5.89	0.00	0.52	0.13	0.00
28	3781	75.40	15.87	1.02	6.17	0.00	0.56	0.46	0.08
29	2022	69.69	16.08	1.03	5.13	0.00	0.69	0.46	0.05
30	1915	86.70	19.15	1.02	5.60	0.00	0.44	0.31	0.00
31	4661	75.91	15.91	1.02	6.22	0.00	0.05	0.54	0.00
32	6931	74.09	16.28	1.02	5.66	0.00	0.01	0.05	0.00

Lopes, A.; Laur, H.; Nezri, E. Statistical distribution and texture in multilook and complex SAR images. *Proc. of IGARSS'90 Symposium*, Washington, D.C., 1990. p. 2427-2430.

Martin, F.J.; Turner, R.W. SAR speckle reduction by weighted filtering. IBM Research Report, 1991.

Mascarenhas, N.D.A.; Velasco, F.R.D. *Processamento digital de imagens*. Argentina, Editorial Kapeluzz, 1989. (IV Escola Brasileira-Argentina de Informática).

Sant'Anna, S.J.S. Avaliação de filtros redutores de speckle. (Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto). A ser apresentada em 1993. INPE.

Yanasse, C.C.F. Statistical analysis of synthetic aperture radar images and its applications to system analysis and change detection. (PhD Thesis) - Sheffield University, UK, 1991.