

Reconhecimento de Ambientes Costeiros a partir de Análise Textural de Imagens SAR R99B (Banda L – Polarização VV)

Lílian Poliana Sousa Gualberto¹
Pedro Walfir Martins Souza Filho^{1,2}

¹ Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica - CG/ UFPA

² Laboratório de Análises de Imagens do Trópico Úmido – LAIT, CG/ UFPA
Caixa Postal 86075, CEP: 66075-110, Belém, Pará
{poliana, walfir}@ufpa.br

Abstract. In response to climatic conditions and imaging characteristics, Synthetic Aperture Radar (SAR) become an option to map and monitor tropical coastal zones. The image texture is a one of the most important character to classification and recognition of targets in SAR R99B images, because describes the arrangement of spatial patterns or variations in tone within the image. Hence, this study aims to assess the response of textural analyzers in SAR R99B (L-band, VV-polarization) image to recognize some Amazonian coastal environments. The SAR data set was analyzed through 8 textural descriptors, but the better results were obtained from mean, entropy and second angular moment textural images. This texture images presented good results in the coastal recognizing and in the future will be used as input data to automatic classifiers.

Palavras-chave: SAR, air-borne, L-band, texture, coastal zone, Amazon, aerotransportado, banda L, textura, zona costeira, Amazônia.

1. Introdução

O monitoramento de áreas costeiras tem como base informações geográficas, uma vez que não se pode conservar adequadamente ambientes sem conhecê-los. Na Amazônia, a disponibilidade de cartas em escala de semi-detalhado é quase inexistente. Desta forma, o uso de radares de abertura sintética (SAR) de alta resolução é uma alternativa para o mapeamento ambientes costeiros tropicais.

Por outro lado, a utilização de imagens óticas é limitada devido às condições adversas do clima. A necessidade de minimizar os fatores limitantes na distinção dos alvos, frente às imagens óticas, tem incentivado a pesquisa para melhorar os resultados a serem gerados a partir da interpretação de imagens dos radares de abertura sintética (SAR).

Em ambientes tropicais úmidos, o SAR vem sendo utilizado com maior frequência (Gonçalves e Souza Filho, 2005; Souza Filho e Paradella, 2002, 2003, 2005), devido à versatilidade dos imageamentos nas microondas, o que estende a capacidade dos sensores óticos pela oportunidade de penetração em nuvens e chuvas, que são bastante comuns na Amazônia, em especial na zona costeira.

Neste trabalho, a textura é definida através de um conjunto de medidas estatísticas descrevendo as variações espaciais ou a frequência dos níveis de cinza em uma determinada área (Simonett e Davis, 1983). As propriedades textural e tonal mantêm uma relação intrínseca, na qual uma pode predominar sobre a outra, isto é, quando uma pequena área da imagem possui pouca variação de níveis de cinza, a propriedade dominante é a tonalidade, caso contrário, é a textura. (Haralick, 1973). Tais medidas são calculadas utilizando-se de matrizes de co-ocorrência. Assim, este estudo tem por objetivo avaliar a resposta de analisadores texturais em imagens SAR R99B para o reconhecimento de ambientes costeiros Amazônicos.

2. Área de Estudo

A zona costeira Bragantina está inserida no maior e mais bem preservado ambiente tropical úmido do planeta, a Região Amazônica, mais especificamente ao longo da costa de manguezais do nordeste do estado do Pará (Souza Filho, 2005) (**Figura 1**). Esta costa de manguezal é extremamente irregular e recortada, com inúmeras baías e estuários, com cerca de 7.500 Km² (Souza Filho, 2005). É caracterizada por um sistema de macromaré semidiurna, com variações médias de 4 a 5m. Os manguezais são desenvolvidos em clima equatorial quente e úmido, com estação chuvosa e seca muito bem definidas e precipitação média anual em torno de 2,550 mm (Morais *et al.*, 2005).

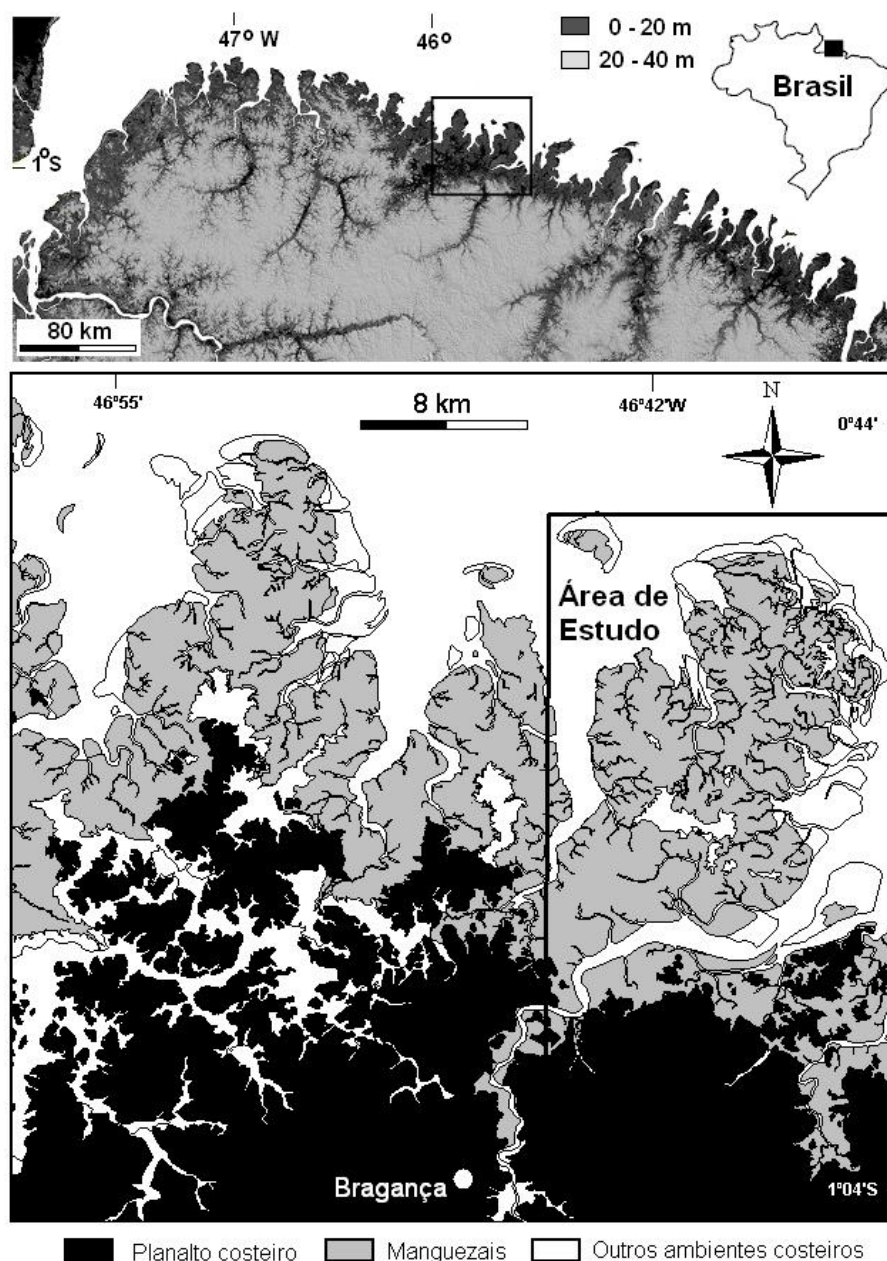


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

3. Materiais e Métodos

Aquisição de Imagens SAR R99B

O SAR R99-B trata-se da versão militar do EMB-145 da Embraer, que possui a bordo três tipos de sensores remotos, um dos quais possui particular interesse para esse trabalho: o SAR operando nas bandas (frequência) L e X, com múltiplas polarizações (HH, HV, VH e VV) e elevada resolução espacial (3, 6, e 18m). Essa aeronave faz parte do Sistema de Proteção da Amazônia (Nascimento e Silva; 2003).

As imagens para esse estudo foram adquiridas pelo SAR R99B em 22 de setembro de 2004, com resolução espacial de 3m, com ângulo de incidência de 63° (*near range*) a 77° (*far range*), e modo de aquisição Dual L + X com polarizações HH e VV. Sendo que neste trabalho foram utilizadas imagens na banda L com polarização VV, cedidas pelo Centro Técnico e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM - CTO Manaus).

Análise Textural

Textura é uma das características mais importantes para classificação e reconhecimento de ambientes em imagens SAR. Haralick (1973) caracterizou textura como um conceito bidimensional, onde uma dimensão contém as propriedades primitivas das variações tonais e a outra corresponde às relações espaciais entre pixels.

Em análise textural a matriz de co-ocorrência (MC) é muito empregada para caracterizar a relação espacial dos níveis de cinza, na MC $P(i, j, d, \theta)$ denota a frequência com que dois níveis de cinza i e j ocorrem simultaneamente e adjacentes, numa dada distância d e numa dada direção θ (Silva e Kux, 1996). Com base na matriz de co-ocorrência de níveis de cinza, Haralick (1973) extraiu um conjunto de 14 características texturais, sendo que algumas delas são utilizadas extensivamente para obter informações de imagens digitais, enquanto que outras não se aplicam em imagens de sensores remotos. Entre as características aplicáveis as imagens, 8 delas encontram-se implementadas no *software* PCI *Geomatica* 10.0, módulo *Radar Analysis Package*, que são:

Homogeneidade – refere-se à medida de homogeneidade local, que depende da relação de tamanho do pixel e sua ocorrência nas linhas da matriz de co-ocorrência.

Contraste – trata-se do oposto da homogeneidade, é uma medida da variação local dos níveis de cinza na imagem.

Entropia – fornece o tamanho e a probabilidade de um sistema ser fechado, no sentido de que à maior entropia corresponde a menor ordem de organização das estruturas, e também a maior probabilidade de ocorrência de um dado nível de cinza.

Dissimilaridade – semelhante ao contraste.

Média – está é uma das medidas mais usadas para descrever a tendência central dos valores de uma distribuição.

Segundo Momento Angular – este é o oposto da entropia. É a medida de homogeneidade da cena.

Variância – está medida de dispersão depende da média dos níveis de cinza da imagem.

Correlação – depende da variação linear dos níveis cinzentos dos pixels e sua vizinhança.

Para o processamento das imagens, primeiramente foi determinado qual a variação dos níveis de cinza através do histograma com estatística obtendo os valores 0 e 255 para mínimo e máximo, respectivamente. Estes valores foram usados para o processamento das imagens no módulo *Radar Analysis Package* PCI *Geomatica* 10.0 e para as janelas foram testado valores de 3 x 3, 5 x 5, 7 x 7, 11 x 11, 15 x 15 e 25 x 25.

4. Resultados

Os resultados das análises texturais foram comparados com os obtidos por Sousa Filho e Paradella (2002), que desenvolveu o trabalho a partir da integração de imagens Landsat TM e Radarsat, além do reconhecimento dos ambientes geomorfológicos em campo. De acordo com Sousa Filho e Paradella (2002), os ambientes costeiros que compõem a área teste são: mangue de supramaré, mangue de intermaré, mangue regenerado, mangue degradado, campos salinos, bancos arenosos submersos e antigos cordões de praia, circundados por manguezais – cheniers (**Figura 2**).

Nas imagens SAR R99B (**Figura 3**) foram aplicados os analisadores texturais citados anteriormente, apenas três deles apresentaram resultados satisfatórios que foram: média, entropia e segundo momento angular.

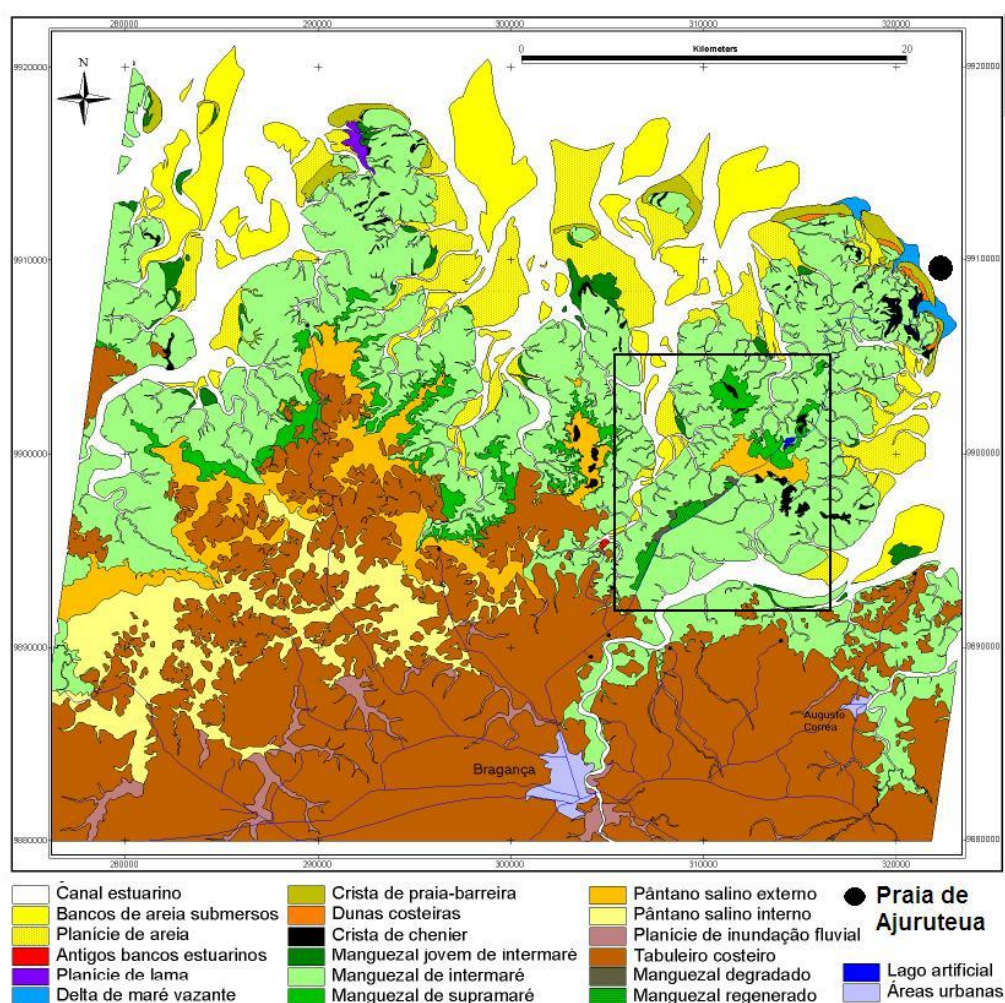


Figura 2 – Mapa Geomorfológico da planície costeira Bragantina (Sousa Filho e Paradella, 2002). Em destaque a área de estudo.

Em imagens SAR, dois tipos de textura estão presentes: a da cena e o *speckle*. A textura da cena é controlada pela variação da tonalidade devido às mudanças na reflectividade média local ou retroespalhamento dos alvos imageados. O *speckle* é o componente da textura da imagem que é causado pelo imageamento coerente das microondas e pelo sistema de processamento do SAR (Raney, 1998). Para análise textural evitou-se o uso de filtros para redução do *speckle*, pois eles reduzem a textura inerente às imagens obtidas com SAR (Silva e

Kux, 1996). Com dados SAR de alta resolução, o *speckle* pode influenciar as medidas texturais em janelas pequenas. Por outro lado, se a janela for muito grande, existe pouca contribuição estatística de pixel extras, em compensação, há perda de resolução espacial (Podest e Saatchi, 2002).

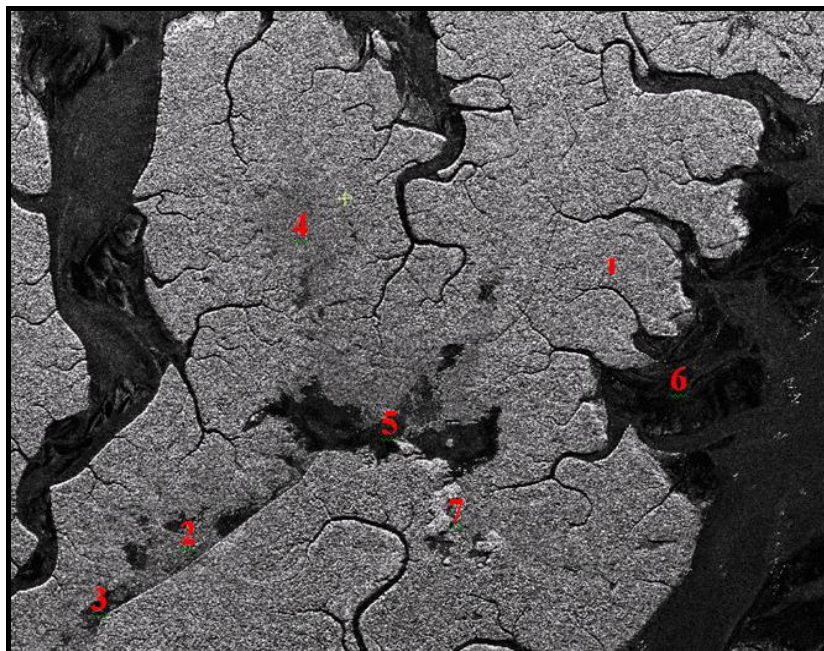


Figura 3 – Imagem SAR R99 B, com resolução de 3m, banda L (VV). Os números indicam os ambientes e feições costeiras mapeados por Souza Filho e Paradella (2002). 1- mangue, 2 – mangue regenerado, 3 – mangue degradado; 4 – mangue de supramaré, 5 – campo salino, 6 – bancos arenosos submersos, 7 – chenier.

Os melhores resultados obtidos com os analisadores texturais foi com janela de 11 x 11, sem utilização de filtro para redução do *speckle*. Contudo, janelas maiores tiveram uma boa resposta, mas visando minimizar a perda de resolução espacial optou-se pela melhor resposta com a menor janela.

Na área teste, a feição geobotânica predominante é o mangue (1), sua área de ocorrência foi bem delimitada com o realce de contraste dos analisadores, em particular pelo segundo momento angular (SMA) que em sua classificação atribuiu um aspecto rugoso (**Figuras 4, 5 e 6**). Contudo, o mangue regenerado (2) foi melhor delimitado com os analisadores entropia e média (**Figuras 4 e 6**). E o mangue de supramaré (4) e o degradado (3), também, tiveram melhor resposta com a média, onde pode-se observa toda sua extensão e as áreas que já foram recuperadas (**Figura 6**).

Os campos salinos (5) foram os ambientes melhor destacados pelos analisadores, mostrando um grande potencial como feição índice em ambientes costeiros (**Figuras 4, 5 e 6**).

Em relação aos bancos submersos (6), os melhores resultados foram com entropia e o SMA, onde ficou nítida a geometria dos bancos arenosos (**Figuras 4 e 5**).

Para os cheniers (7), a média foi o analisador que se obteve melhor resposta para o reconhecimento desses ambientes (**Figuras 6**).

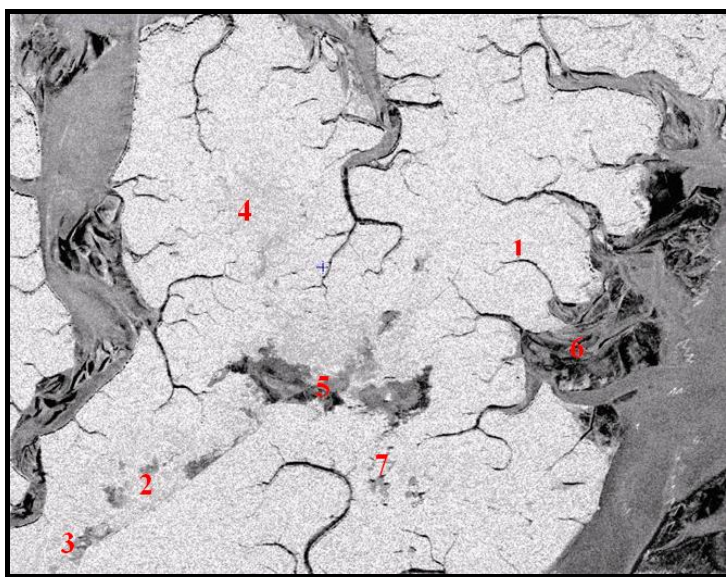


Figura 4 – Imagem SAR R99 B, com análise textural baseado na entropia.

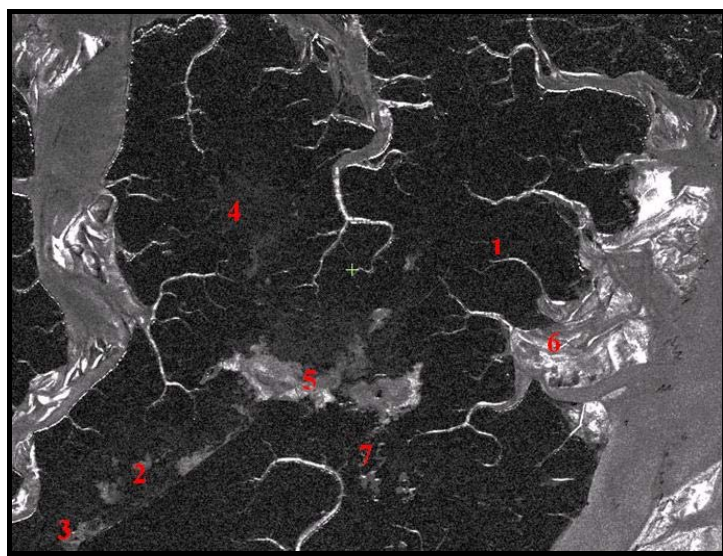


Figura 5 – Imagem SAR R99 B, com análise textural baseado no segundo momento angular.

O módulo *Radar Analysis Package PCI Geomatica 10.0* também permite uma análise simultânea com todos os analisadores (entropia, segundo momento angular e média) que apresentaram uma boa resposta individualmente, assim, pode-se obter única análise textural. A imagem obtida com esse processamento tem uma resposta satisfatória para quase todos os ambientes, com exceção do mangue de supramaré (4) (**Figura 7**).

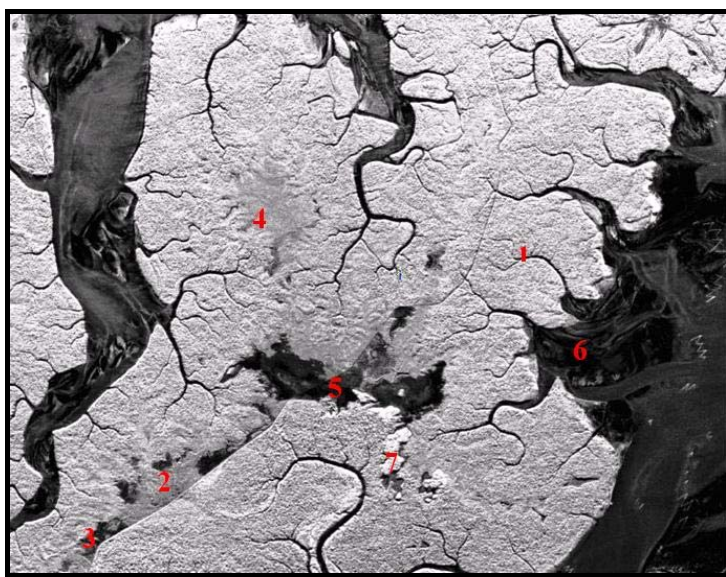


Figura 6 – Imagem SAR R99 B, com análise textural baseado na média.

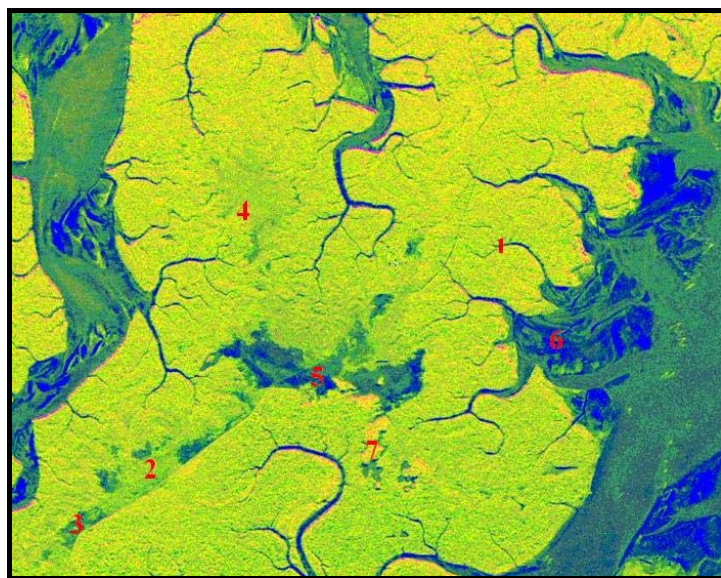


Figura 7 - Imagem SAR R99 B, com análise textural integrada (entropia, segundo momento angular e média).

4. Conclusões

Comparando os resultados obtidos com os analisados texturais aos de Sousa Filho e Paradella (2002), observa-se que este método apresenta uma boa resposta para o reconhecimento dos ambientes costeiros. Os recursos disponíveis para análise textural, aplicados nas imagens SAR R99B geram uma resposta satisfatória no reconhecimento de ambientes costeiros tropicais e poderão ser usados como dado de entrada para classificadores automáticos.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CENSIPAM pela concessão das imagens, a CAPES e ao CNPq pelo auxílio à pesquisa através da concessão da bolsa de mestrado e de produtividade em pesquisa durante esta investigação.

Referências

Gonçalves, F. D., Souza Filho, P. W. M. Integração digital de imagens Radarsat-1 e Landsat-7 para o mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo na Baía de Guajará (Belém-PA). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12, 2005, Goiânia, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1789-1796. 2005. CD-ROM.

Haralick, R. M. Texture features for image classification. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, v. SMC-3, n. 6, p. 610-621, 1973.

Morais, B.C., Costa, J.M.N., Costa, A.C.L. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica**. 35: 207-214. 2005.

Nascimento, M.C. & Silva, P.C.; 2003. Análise comparativa entre as imagens da aeronave de sensoriamento remoto do SIVAM e ótica do LANDSAT 7 ETM+. In: **Anais XI SBRS**, Belo Horizonte, Brasil. p. 2351 -2350.

Podest, E; Saatchi, S. Application of multiscale texture in classifying Jers-1 radar data over tropical vegetation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23: p. 1487-1506, 2002.

Raney K. Radar fundamentals: Technical perspective. In: F.M. Henderson & A.J. Lewis (eds.) **Principles & Applications of imaging radar**, Manual of Remote Sensing. New York, Am. Soc. Phot. and Rem. Sens., p. 9-130.1998.

Silva, B.S; Kux, H.J.H. Validação de dados do ERS-1/SAR para mapeamento de Várzeas do Rio Amazonas (Área-teste paraná do Tapará, estado do Pará). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1995. Artigos, p.589-593. 1996. CD-ROM.

Simonett P.S. & Davis R.E. 1983. Image analysis - active microwave. In: F.M. Henderson & A.J. Lewis (eds.) **Manual of Remote Sensing: theory, instruments and techniques**. Falls Church,. v. 2, American Society of Photogrammetry (ASP), p. 1125-1179.

Souza Filho, P.W.M. Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia: Cenários Morfológicos, Mapeamento e Quantificação a partir de Dados de Sensores Remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, p. 427-435, 2005.

Souza Filho, P. W. M., Paradella, W. R. Recognition of the main geobotanical fetures in the Bragança Mangrove Coast (Brazilian Amazon Region) from Landsat TM and RADARSAT-1 data. **Wetlands Ecology And Management**, v. 10, p. 123 – 132, 2002.

Souza Filho, P. W. M., Paradella, W. R. Use of Synthetic Aperture Radar images for Recognition of Coastal Geomorphological Features, Land-Use Assessment and Shoreline Changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 75, p. 341-356, 2003.

Souza Filho, P.W.M.; Paradella, W.R. Use of RADARSAT-1 Fine and Landsat-5 TM selective principal component analysis for geomorphological mapping in a macrotidal mangrove coast, Amazon Region. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 31, p. 214-224, 2005.