

## Use of statistical distribution for segmentation of SAR images of oceanic areas

Renato Feijó da Rocha <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Hidrografia da Marinha - CHM  
Av. Barão de Jaceguay s/n - 24048-900 - Niterói - RJ, Brasil  
renatofrocha@hotmail.com

**Abstract.** In this work the use of statistical techniques will be approached for segmentation of SAR images, with the purpose of ship detection, being used RADARSAT image of the Brazilian coast. Based on Eldhuset (1996), Vachon et al (1997), Oliver and Quegan (1998), Zaart et al (1999), Ferreira et al (2000) and Macedo et al (2001), a specific software for ship detection was developed where, as described in Rocha et al (2001) and Rocha and Steh (2003), some routines were implemented for the use of statistical distributions for the segmentation of the images, as, for example, the Weibull, Gama, and K distributions. Due to the variability of the statistical characteristics of each image, patterns values were established for the shape and scale factors, that allowed a desirable adaptation of the curve of the distribution to the curve of the histogram of the image. These routines were, then, tested for this image and its results were analyzed. The results were analyzed individually, through a comparison among them and, also, using a RGB composition among them.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, SAR, statistics, ship detection, Oceans, sensoriamento remoto, processamento de imagens, SAR, estatística, detecção de navios, oceanos.

### 1. Introdução

Tendo em vista o enorme tamanho do mar territorial brasileiro, a necessidade de um controle sobre alvos se faz fundamental. Conforme citado por Fingas e Brown (2000), diversas razões nos motivam a desenvolver tecnologias voltadas para a detecção de navios além do controle do nosso mar territorial, tais como o combate à pesca ilegal e o combate ao narcotráfico.

Diversos sistemas de detecção e monitoramento de alvos foram desenvolvidos, sendo, inicialmente, criados para uso militar. Eram chamados de sistemas para Reconhecimento Automático de Alvos.

Há muitos anos imagens de satélites têm sido utilizadas para o monitoramento e a detecção de alvos oceânicos e embarcações. McDonnell & Lewis (1978) demonstraram que a detecção de navios de grande porte é teoricamente possível na faixa do visível com imagens multiespectrais do LANDSAT. Entretanto, devido a problemas de cobertura de nuvens e baixa repetitividade temporal, esta metodologia não foi viabilizada operacionalmente. Com o desenvolvimento da tecnologia do radar de abertura sintética (SAR) e o surgimento de satélites utilizando esta tecnologia, um crescente número de trabalhos têm sido desenvolvidos nas mais diversas áreas de atuação nos últimos anos. Tal fato fez com que fossem desenvolvidas inúmeras técnicas para o tratamento de imagens SAR, de modo a permitir uma conveniente extração de informações, conforme a área de interesse. Devido a características inerentes a sua formação, as imagens SAR possuem um fator complicante a sua interpretação, que é o speckle, cuja redução, seja total ou parcial, além de difícil, pode acarretar a perda de algumas informações.

Staples et al. (1997) e Vachon et al (1997) demonstraram a viabilidade do uso de imagens RADARSAT para detecção de navios. Os resultados deste estudo indicaram que a detecção de navios com imagens SAR depende de uma série de fatores, tais como: direção e intensidade do vento, tamanho do navio, rumo do navio em relação à direção de visada do radar e a direção de visada do radar em relação à direção do vento.

## 2. Metodologia

No caso de detecção de navios, dentre outras áreas, a utilização de imagens SAR têm sido altamente empregada com grande eficiência. Um grande trunfo destas imagens é o fato de poderem ser adquiridas independente da cobertura de nuvens e das condições de iluminação, isto é, tanto de dia como a noite. A existência de speckle pode dificultar, mas não inviabiliza o uso destas imagens para esta aplicação. O ruído speckle é inerente ao processo de formação de imagens SAR, não podendo portanto ser descartado. Entretanto, o uso de distribuições estatísticas vem sendo empregado com a finalidade de permitir o processamento digital das imagens SAR de modo a minimizar a influência do speckle, sem com isso causar a perda de informações.

Dentre os diversos trabalhos existentes referentes a este tema, nos baseamos nas metodologias descritas por Eldhuset (1996), Vachon et al (1997), Oliver e Quegan (1998), Zaart et al (1999), Ferreira et al (2000), Fernandes (1998) e Macedo et al (2001). Todos estes trabalhos se baseiam na utilização de distribuições estatísticas para segmentação de imagens SAR. Dentre estas diversas distribuições estatísticas, a distribuição K tem sido utilizada como uma ferramenta flexível para modelagem de dados oriundos de uma imagem SAR, conforme descrito por Yanasse et al (1994). No caso de imagens SAR de áreas oceânicas em especial, Vachon et al (1997) corrobora a afirmação de Yanasse et al (1994) e utiliza a distribuição K para fins de detecção de navios. Entretanto, conforme descrito em Oliver e Quegan (1998), outras distribuições estatísticas também podem ser utilizadas no processamento de imagens SAR. Segundo este autor, as distribuições Rayleigh, Weibull e Gama também podem ser empregadas para o processamento de imagens SAR, dependendo da área de estudo. Alguns outros autores também demonstraram a adequação destas distribuições para o processamento de imagens SAR. A distribuição Gama também é empregada para a segmentação de imagens SAR por Zaart et al (1999). Ferreira et al (2000), Fernandes (1998) e Macedo et al (2001) demonstraram a utilização da distribuição Weibull na segmentação de imagens SAR. Já no método demonstrado por Eldhuset (1996) uma nova imagem é gerada após o uso de alguns parâmetros estatísticos, como média e variância.

A detecção de possíveis alvos em imagens SAR é realizada por meio da grande diferença de valores de nível de cinza apresentados por navios em contraste com a água. De maneira geral, numa imagem SAR os navios se apresentam como pontos com altos valores de nível de cinza, enquanto a água apresenta-se como pontos com baixos valores de nível de cinza, com exceção dos pixels de água fortemente contaminados por speckle. Entretanto estas características básicas podem ser alteradas, pois dependem de uma série de fatores, tais como: estado do mar, presença de óleo na água, posição do navio em relação à visada do satélite, ângulo de incidência da imagem, dentre outros. Além destas características, no caso de navios em movimento, os prováveis alvos podem ser identificados também pela existência de sua esteira, ou seja, as ondas superficiais causadas pelo seu movimento.

Neste trabalho mostraremos o resultado do uso das técnicas acima citadas empregadas com o propósito de detecção de navios, através da implementação de rotinas baseadas nestas metodologias no software descrito por Rocha et al (2001) e Rocha e Stech (2003). Inicialmente foram realizados estudos a respeito dos valores dos parâmetros estatísticos de cada distribuição. Após a observação dos resultados obtidos em diversos testes utilizando diversos valores para tais parâmetros, decidiu-se utilizar valores fixos para cada parâmetro estatístico de acordo com cada distribuição. Assim cada distribuição teve seus parâmetros estatísticos estabelecidos de modo a proporcionar a melhor adequação da curva do seu histograma. Já no caso da metodologia descrita por Eldhuset (1996) foi feita somente uma mudança no valor utilizado como fator de comparação por este autor.

Após o recebimento da imagem, foi iniciado seu processamento digital utilizando o software Geomatica, da PCI Geomatics. A imagem foi, inicialmente, analisada visualmente. Após essa análise visual a imagem foi convertida de 16 bits para 8 bits. Em seguida a imagem foi registrada utilizando-se os dados de efemérides que acompanham a imagem. Feito isto, a imagem foi exportada para o formato “raw” para que pudesse ser processada no software em questão. Foi feito, então, um subset da imagem de 2500 por 2500 pixels com a finalidade de reduzir o esforço computacional.

Neste software, a imagem foi processada de modo a, num primeiro estágio, se descobrir qual o valor de nível de cinza corresponde a uma probabilidade de 99,5% do pixel ser um alvo. Descoberto este valor de threshold, o valor do nível de cinza de cada pixel da imagem é comparado a ele e, caso seja superior, será associado na imagem de saída a um pixel com valor 255, ou seja, branco. Caso contrário será associado a um pixel com valor 0, gerando pixels pretos na imagem de saída. Desta forma, a imagem gerada mostrará os pixels com uma probabilidade mínima de 99,5% serem alvo com a cor branca e os demais com a cor preta. Somente no caso da utilização da metodologia descrita por Eldhuset (1996) este procedimento não é obedecido, pois neste caso trabalhamos com uma máscara de 2x2 percorrendo a imagem original e gerando uma imagem intermediária, que é comparada com um fator de comparação descrito pelo autor.

### 3. Resultados e Discussões

Neste trabalho podemos constatar a afirmação citada. Na **Figura 1** podemos ver a imagem original, que abrange a região de Santos (SP). Esta imagem foi processada no software descrito por Rocha et al (2001) e Rocha e Stech (2003) e, conforme podemos ver nas **Figuras 2 a 7**, as diversas metodologias testadas apresentaram excelentes resultados, ocorrendo somente pequenas variações inerentes às características das distribuições estatísticas utilizadas.

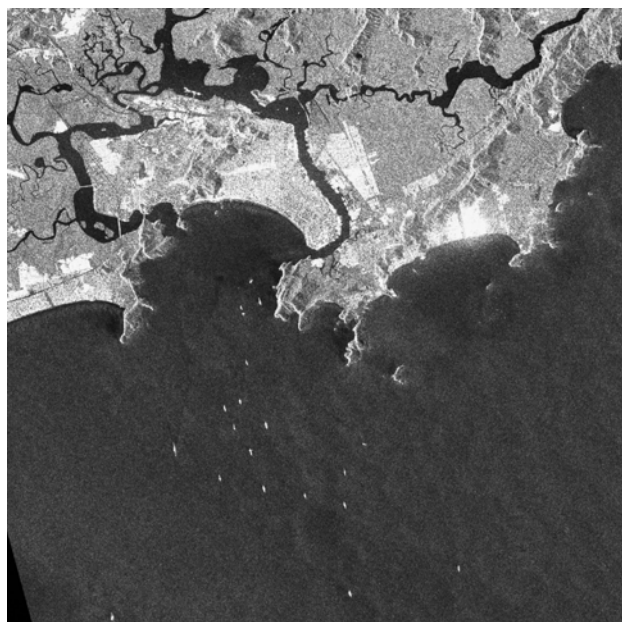


Figure 1. Imagem Original

A imagem gerada pela distribuição K, mostrada na **Figura 2**, foi a que apresentou uma maior quantidade de ruído na região oceânica e uma resposta maior na área de terra. Estes ruídos são representados na imagem como diversos pontos brancos na área oceânica, podendo

causar conflito na interpretação, pois poderiam ser interpretados como falsos alvos. Tal fato ocorre em virtude do threshold estabelecido pelo software para esta distribuição, conforme citado anteriormente, ter sido estabelecido num valor não muito alto.

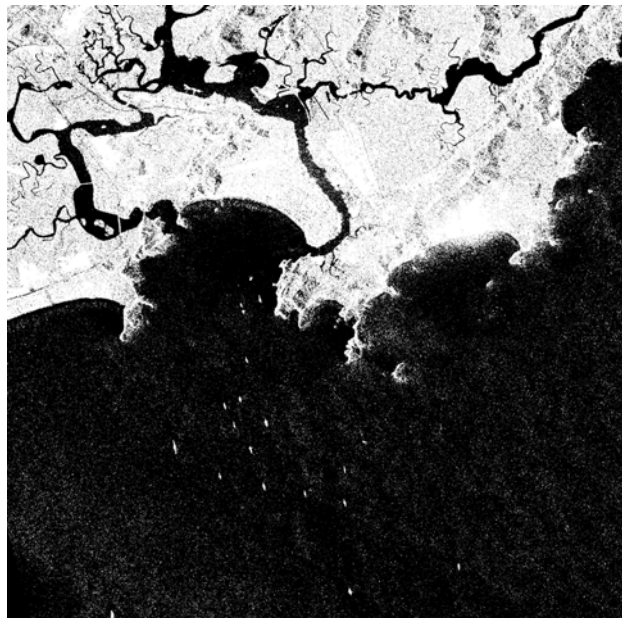


Figure 2. Imagem processada pela distribuição K

Conforme podemos ver nas **Figuras 3 e 4**, as imagens geradas pelo processamento baseado na utilização das distribuições Rayleigh e Weibull, respectivamente, apresentaram resultados muito bons, sem a presença de ruídos na região oceânica, como ocorreu com a distribuição K. A imagem gerada pela distribuição Weibull apresentou ainda uma boa resposta na área de terra.

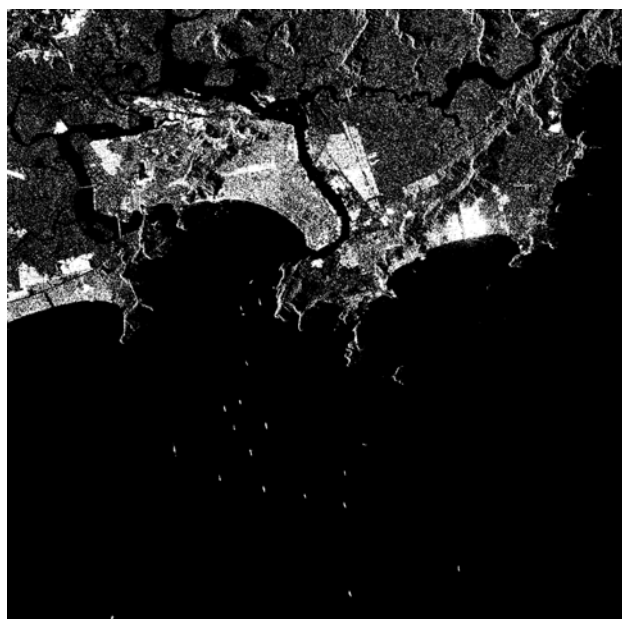


Figure 3. Imagem processada pela distribuição Rayleigh

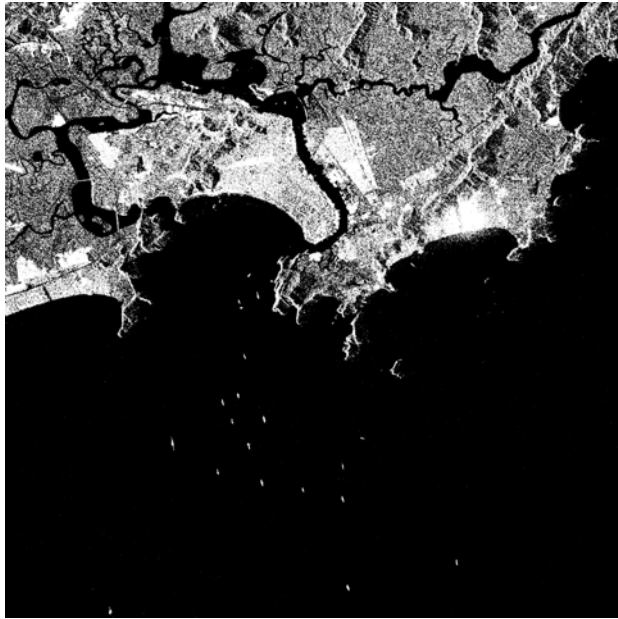


Figure 4. Imagem processada pela distribuição Weibull

Já nas **Figuras 5 e 6** podemos ver os resultados obtidos pelo processamento baseado, respectivamente, na utilização das distribuições Gama e Raiz da Gama. Podemos observar que estas distribuições foram as que apresentaram uma menor resposta tanto para a área oceânica como para área terrestre, principalmente a distribuição Raiz da Gama, sem, entretanto, deixar de detectar os alvos existentes.

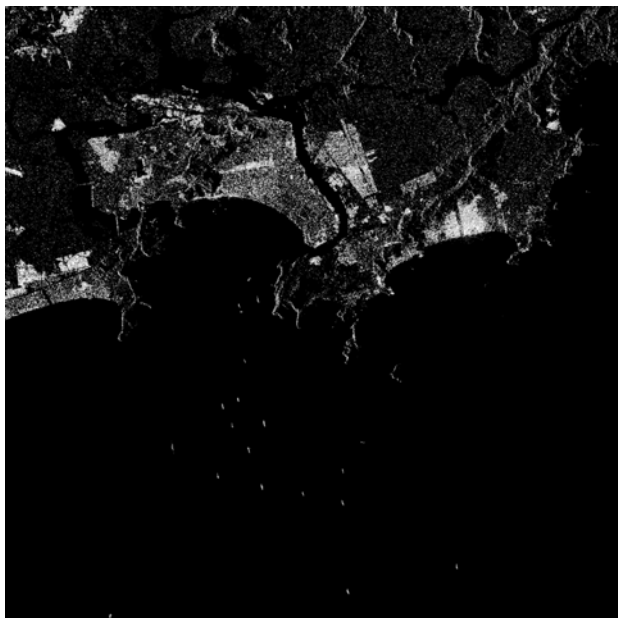


Figure 5. Imagem processada pela distribuição Gama

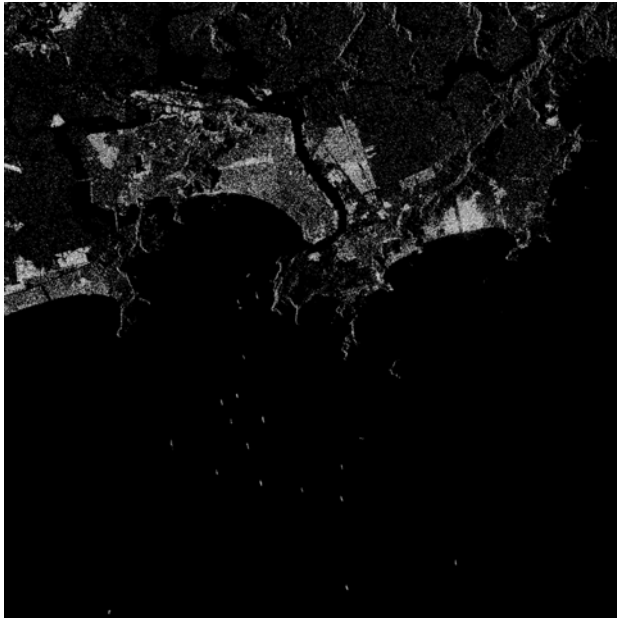


Figure 6. Imagem processada pela distribuição Raiz de Gama

A **Figura 7** mostra o resultado obtido pelo processamento baseado na utilização da metodologia descrita por Eldhuset (1996). Esta metodologia apresentou resultado também muito bom, conseguindo detectar os alvos existentes, sem uma resposta elevada da região terrestre, apresentando, entretanto, alguns ruídos próximos aos alvos detectados.

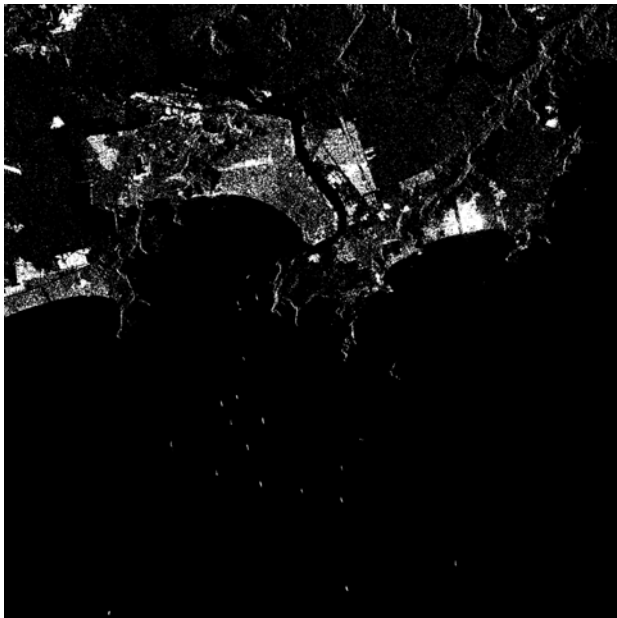


Figure 7. Imagem processada utilizando metodologia descrita por Eldhuset

Nas **Figuras 8 e 9** vemos zoom de composições coloridas RGB. Na **Figura 8** vemos a composição entre as imagens geradas pela utilização das distribuições K, Gama e Weibull. Pode-se observar nessa Figura a existência de alguns pontos vermelhos, correspondentes aos ruídos existentes na imagem gerada pela distribuição K. Na **Figura 9** vemos a composição entre as imagens geradas pela utilização das distribuições Rayleigh, Gama e Weibull e podemos observar que não há a presença de ruído.

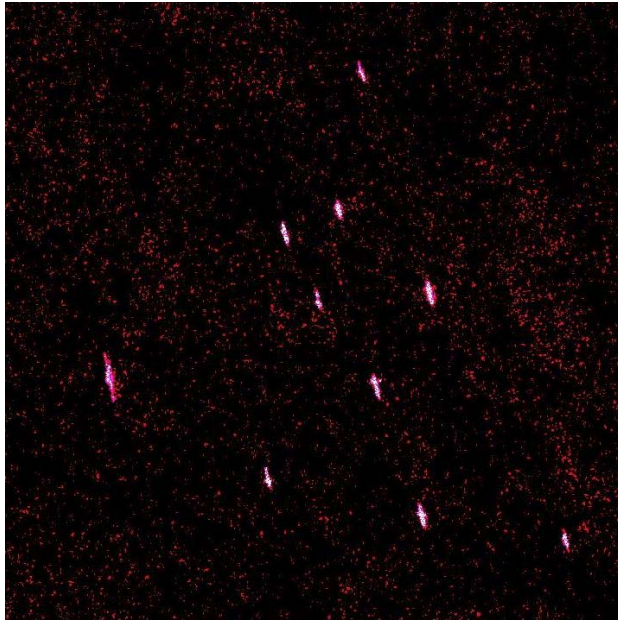


Figure 8: Zoom da composição RGB usando distribuições K-Gama-Weibull

Em ambas as imagens podemos observar a diferença de proporção do tamanho que os alvos foram detectados de acordo com cada distribuição utilizada.

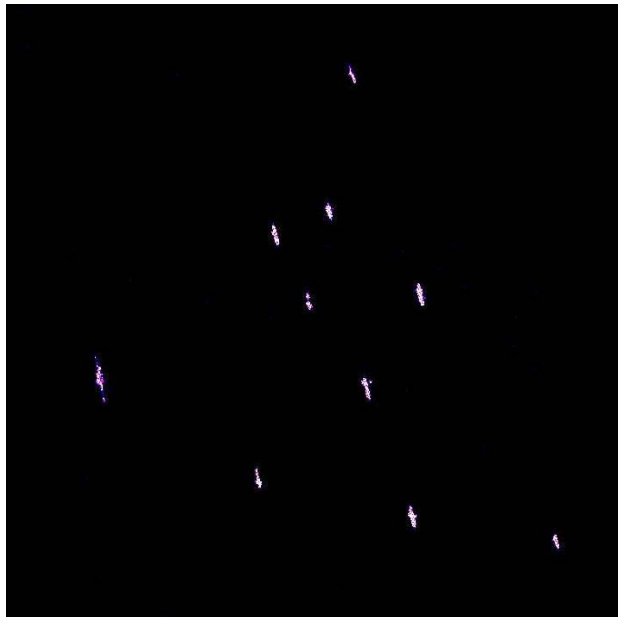


Figure 9: Zoom da composição RGB usando distribuições Rayleigh-Gama-Weibull

#### 4. Conclusões

Concluiu-se com este trabalho que a utilização de distribuições estatísticas para segmentação de imagens SAR que abranjam áreas oceânicas com o propósito de detectar navios é muito eficiente. Procurou-se neste trabalho utilizar as distribuições estatísticas mais citadas na literatura existente, sendo somente realizadas as adaptações necessárias para a obtenção dos melhores resultados possíveis.

Pode-se concluir que a utilização das distribuições Weibull, Rayleigh e Gama foram as que apresentaram os melhores resultados em relação as demais. Conforme já dito

anteriormente, a distribuição K apresentou um resultado com alguns “falsos alvos”, o que poderia dificultar a interpretação da imagem. A distribuição Raiz da Gama apresentou um resultado cujo valor do threshold estabelecido pelo software para esta distribuição fez com que os alvos fossem detectados com um tamanho menor em relação as demais distribuições, fato este que pode causar uma perda de informação e, conseqüentemente, a omissão de algum alvo ou uma avaliação errada dos alvos. A metodologia descrita por Eldhuset (1996) também apresentou um resultado com a presença de alguns ruídos próximos aos alvos detectados. Concluiu-se também que os alvos foram detectados com tamanhos diferentes de acordo com cada metodologia, o que possível observar nas composições RGB mostradas acima. Tal fato, entretanto, não prejudica a interpretação dos resultados e a conseqüente detecção dos alvos. Isto ocorre em virtude do valor do threshold estabelecido pelo software ser diferente para cada distribuição.

## Referências

- Eldhuset, K. An automatic ship and ship wake detection system for spaceborn SAR images in coastal regions. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 34, n. 4, pp. 1010-1018, 1996.
- Fernades, D. Segmentation of SAR Images with Weibull Distribution. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 1998, Seattle, USA. **Proceedings...**, pp. 1456-1458.
- Ferreira, A.F.C.; Fernandes, D. Speckle filter for Weibull-distributed SAR images. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2000, Honolulu, USA. **Proceedings...**, pp. 12-16.
- Fingas, M. F.; Brown C. E. Detection of ships from airborne platforms. In: Workshop of ship detection, 2000. Disponível em <<http://www.amsr.gov/workshop/Fingas.pdf>>. Acesso em 9 maio 2000.
- Macedo, K.A.C.; Fernandes, D.; Schneider, R.Z. Separação entre alvos naturais e construídos em imagens SAR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. Sessão Pôster. p. 1305-1307. Repositório da URLib: <[dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.49](http://dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.49)>. Disponível em: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.49>>. Acesso em: 21 maio 2003.
- McDonnel, M.J.; Lewis, A.J. Ship detection from Landsat imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 44, n. 3, p. 297-301, 1978.
- Oliver, C.; Quegan, S. **Understanding Synthetic Aperture Radar Images**. Norwood: Artec House Inc., 1998. 479p.
- Rocha, R.F.; Stech, J.L.; Lorenzetti, J.A. Detecção de alvos oceânicos por meio de imagens SAR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. Sessão Pôster. p. 847-848. Repositório da URLib: <[dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.12.31](http://dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.12.31)>. Disponível em: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.12.31>>. Acesso em: 21 maio 2003.
- Rocha, R.F.; Stech, J.L. Uso de imagens SAR oriundas do RADARSAT-1 para detecção de navios em água do mar territorial brasileiro. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Sessão Pôster. p. 2257-2262. Repositório da URLib: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.18.50>>. Disponível em: <<http://iris.sid.inpe.br:1908/rep/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.18.50>>. Acesso em: 21 maio 2003.
- Staples, G.C.; Stevens W.; Jeffries, B.; Nazarenko, D. Ship detection using RADARSAT SAR imagery. In: **Geomatics in the Era of RADARSAT**, 1997. Disponível em <<http://www.rsi.ca/classroom/materials/classroom/marine/ger97.pdf>>. Acesso 9 Maio 2000.
- Vachon, P. W.; Campbell, J. W. M.; Bjerkelund, C. A.; Dobson, F. W.; Rey, M. T. Ship Detection by the RADARSAT SAR: Validation of Detection Model Predictions. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 1, p. 48-59, 1997.
- Yanasse, C. C. F.; Frery, A. C.; Sant’anna, S. J. S.; Dutra, L. V. On the use of Multilook Amplitude K distribution for SAR image analysis. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 1994, Pasadena, California, USA. **Proceedings...**, v. 4, pp. 2173-2175.
- Zaart, A.E.; Ziou, D.; Wang, S.; Jiang, Q.; Bénié, G.B. SAR images segmentation using mixture using Gamma Distribution. In: **Vision Interface**, 1999, Trois-Rivières, Canada. **Proceedings ...**