

## ALGORITMO PARA MEDIR AUTOMATICAMENTE EMBARCAÇÕES EM IMAGENS SAR

*Sérgio Roberto Horst Gamba<sup>1</sup>, Marcelo Peres Rocha<sup>2</sup>, Edson Eyji Sano<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - UnB Campus Universitário Darcy Ribeiro - Instituto de Geociências -  
CEP 70910-970 horstthessgam@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade de Brasília - UnB Campus Universitário Darcy Ribeiro - Instituto de Geociências -  
CEP 70910-970 marcelorocha@unb.br

<sup>3</sup> Universidade de Brasília - UnB Campus Universitário Darcy Ribeiro - Instituto de Geociências -  
CEP 70910-970 Edson.sano@ibama.gov.br

**Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens**

### RESUMO

Considerando a dificuldade de identificar e medir navios em imagens SAR na área marítima do Brasil, o objetivo deste trabalho é distinguir embarcações entre si em imagens SAR, usando um algoritmo em MATLAB. A principal hipótese é a possibilidade de remoção de água das imagens através do processo de identificação e medição. A importância deste trabalho reside no fato de que o transporte marítimo brasileiro representa mais de 95% do comércio com países estrangeiros. A metodologia aplicada nas imagens SAR seguiu quatro fases. No início, foi considerado sensor MSS 31 canais, resolução espacial de 2,45 metros, usando a faixa espectral da banda 8, em comparação com a imagem SAR  $L_{HH}$ ,  $L_{VV}$  e  $L_{VH}$ , resolução espacial de 3 metros, ambas imagens geográficas com projeção Lat / Lon, Datum WGS 84, para localizar a posição (latitude/longitude) e verificar o comprimento real e o tipo de embarcação. Em segundo lugar, após medições manuais feitas em 12 embarcações em imagens SAR, aplicativo ENVI, verificou-se que, em média, um pixel é igual a 2,46 metros. No terceiro, adotamos o MATLAB para criar um algoritmo de medição. Finalmente, o comprimento obtido é confrontado com um banco de dados com 14 tabelas, cada tabela contendo comprimentos de 31 navios. Os resultados foram satisfatórios, onde o comprimento obtido foi de 90% do comprimento real da embarcação. Média de 7 metros, desvio padrão de 16 metros, mínimo e máximo de +27 e -27 metros de valor foram obtidos.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Imagens Radar.

### ABSTRACT

Considering the difficulty of identifying and measuring vessels in SAR images in the maritime area of Brazil, the aim of this paper is to distinguish between them vessels in SAR images, using an algorithm in MATLAB. The main hypothesis is the possibility of removing water from the images through the process of identification and measurement. The importance of this work lies in the fact that the Brazilian Maritime transport accounts for over 95% of trade with foreign countries. The methodology applied in SAR images followed four phases. At first it was considered MSS sensor 31 channels, spatial resolution of 2.45 meters using the spectral band of band 8, compared with the SAR image  $L_{HH}$ ,  $L_{VV}$  and  $L_{VH}$ , spatial resolution of 3 meters, both geographic images with projection Lat / Lon, datum WGS 84, to locate the position and check the actual length and the type of vessel. Second, after manual measurements made on 12 vessels in SAR images, ENVI application, it was found that on average a pixel is equal to 2.46 meters. In the third, we adopted the MATLAB in order to create a measurement algorithm. At last, the length obtained is confronted with a database with 14 tables, each table containing lengths of 31 vessels. The results were satisfactory, where the length obtained was 90% of the actual length of the vessel. Average of 7 meters, 16 meters standard deviation, minimum and maximum +27 -27 meters value were obtained.

**Keywords:** Remote Sensing, Geoprocessing, Radar Images.

### 1. INTRODUÇÃO

Considerando a dificuldade de identificar e medir embarcações em imagens *Synthetic Aperture Radar* (SAR) na área marítima do Brasil, o objetivo deste

artigo é distinguir embarcações entre si em imagens SAR, utilizando-se um algoritmo na linguagem *Matrix Laboratory* (MATLAB). A principal hipótese reside na possibilidade de retirar a água das imagens Radar

durante o processo de identificação e de medição (ELDHUSE, 1996).

A importância deste trabalho está no fato de que o transporte marítimo representa mais de 95% do comércio exterior brasileiro. O Brasil é também dependente do tráfego marítimo em relação aos fretes. Anualmente, é gasto cerca de US\$ 7 bilhões, sendo que apenas 3% desse total são transportados por navios de bandeira brasileira. Todo este comércio se dá por 75 portos marítimos existentes ao longo do litoral brasileiro (BRASIL, 2006).

Aviação de Patrulha é um importante meio do Poder Naval. A Força Aérea Brasileira (FAB) e a Marinha do Brasil são responsáveis, em conjunto, pelas operações de vigilância do mar. Atualmente a FAB utiliza a aeronave P-3 para o patrulhamento da área marítima do Brasil, utilizando sensor Radar. Isto eleva o nível de capacidade operacional compatível com as características geográficas do país, com o teatro marítimo no Atlântico Sul e com a posição que o Brasil desfruta entre as demais nações (ABRA-PAT, 2010).

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

Considerando a importância da área marítima do Brasil, principalmente as 200 milhas marítimas (VIDIGAL, CUNHA, FERNANDES, MENDES, SILVA, OLIVEIRA, JUNIOR, ALBUQUERQUE, RODRIGUES, ALMEIDA, 2006), optou-se em coletar 12 embarcações em imagens SAR e *MultiSpectral Scanner* (MSS) próximas ao porto de Tubarão, em 2010, com o objetivo de validar as medições feitas nas imagens SAR. Durante o imageamento do sensor SAR da aeronave R99, foi possível também realizar o imageamento com o sensor MSS.

Os elementos de interpretação possíveis de serem observados nas imagens SAR são a tonalidade, a forma e o tamanho (DAMIÃO, 2000). Na fase avançada de interpretação, a dedução, após aplicar a metodologia de interpretação de alvos em imagens SAR (realce 50-200, filtro abertura, classificador SVM ou transformador SCI), deu uma ideia inicial se a

embarcação é militar ou mercante (MATHER, 2006). Contudo, a comprovação de que se trata de militar ou mercante, bem como saber que tipo de embarcação militar ou mercante está sendo analisada, será definida por um algoritmo de medição automática.

O objetivo deste trabalho é propor um algoritmo capaz de medir o comprimento da embarcação e comparar o valor calculado com um banco de dados contendo o comprimento de 434 embarcações (fragata, petroleiro, corveta, etc...).

A metodologia aplicada nas imagens seguiu quatro fases. Na primeira fase, foi considerado o sensor MSS com 31 canais, resolução espacial de 2,45 metros, utilizando a faixa espectral da banda 8, comparada com a imagem SAR  $L_{HH}$ ,  $L_{VV}$  e  $L_{VH}$ , resolução espacial de 3 metros, ambas imagens com projeção geográfica Lat/Long, Datum WGS 84, para localizar a posição (latitude/longitude) e verificar o comprimento real e o tipo de embarcação.

Na segunda fase, após medições manuais feitas em 12 embarcações em imagens SAR, no aplicativo ENVI, verificou-se que um pixel equivale em média a 2,46 metros. O limite de corte foi estabelecido após vários testes no programa, o que definiu o tamanho do pixel no algoritmo. São 256 níveis digitais nas imagens SAR sendo analisados em uma área contendo água do mar e uma embarcação (MOREIRA, 2002).

Na terceira fase, adotou-se a linguagem de programação científica MATLAB, a fim de criar um algoritmo de medição. Inicialmente a imagem SAR deve ser salva no formato *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII). O algoritmo de medição executa os comandos em sequência, conforme o diagrama de bloco da figura 1.

Na última fase, o comprimento obtido é confrontado com um banco de dados com 14 tabelas, cada tabela contendo 31 comprimentos de embarcações. O objetivo é verificar se a embarcação é mercante ou militar. Por fim, também definir o tipo de embarcação mercante/militar.

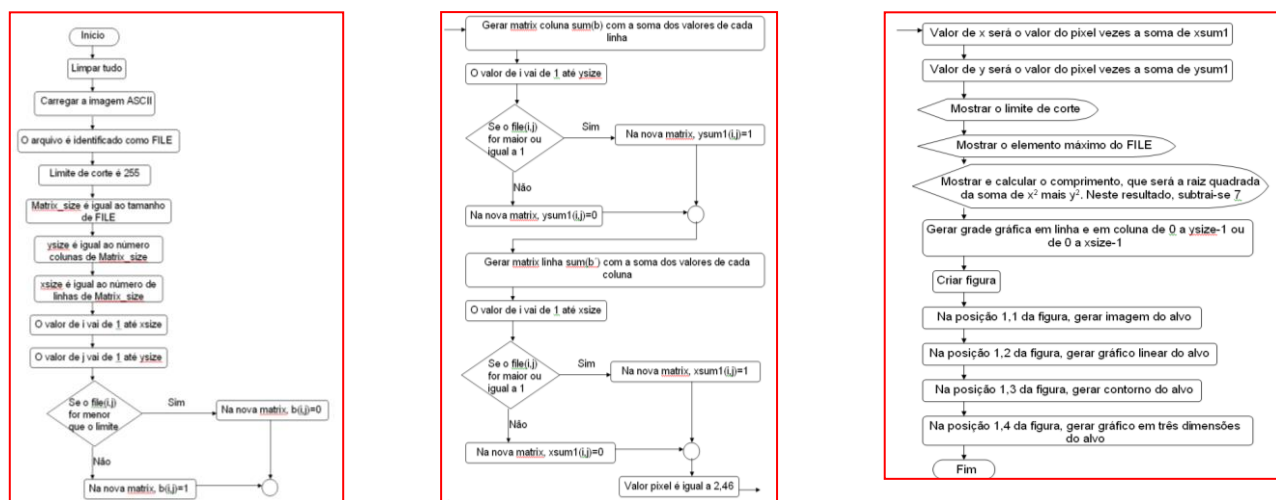


Fig. 1 - Fluxograma que representa o processo para calcular de forma automática o comprimento de embarcações em imagens SAR.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo a metodologia proposta, adotou-se a linguagem de programação científica MATLAB. Esta pode ser definida como um sistema interativo e uma linguagem de programação para computação técnica e científica em geral, integrando a capacidade de fazer cálculos, visualização gráfica e programação (TONINI, SCHETTINO, 2002).

Inicialmente, a imagem SAR deve ser salva no formato *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) no aplicativo ENVI. O algoritmo de medição executa os comandos em seqüência. Após limpar todos os dados da memória (*clear all*), o programa carrega o arquivo ASCII (*load imagem*). O arquivo é identificado como *file* (*file = imagem*). É estabelecido um limite de corte, permitindo ao algoritmo localizar os níveis digitais mais presentes na embarcação. São 256 níveis digitais (intensidades) possíveis, contudo, vale ressaltar que a área de análise é o alto mar, que normalmente é representado por intensidades baixas. A embarcação é detectada, em sua maioria, por intensidades altas (*limite=255*). O comprimento da embarcação é reconhecido pelo programa como sendo a diagonal com valor de intensidade igual a 255. Neste contexto, o elemento de interpretação tonalidade é evidente (DAMIÃO, 2000).

Em seguida, identificou-se o tamanho da matriz analisada (*matrix\_size = size(file)*). O termo *ysize* corresponde ao tamanho vertical e o *xsize* ao tamanho horizontal (*ysize = matrix\_size(1,2)* e *xsize = matrix\_size(1,1)*). A fim de facilitar a identificação e conseqüente medição do alvo, atribuiu-se o valor 0 aos níveis digitais da água e 1 aos níveis digitais da embarcação. Para gerar a nova matriz com valores 0 e 1, aplicou-se a estrutura de fluxo *if-else-end*, bem como a estrutura de repetição *for-end*, nas dimensões *x* e *y* (TONINI, SCHETTINO, 2002).

A seguinte estrutura cria a matriz com valores 0 e 1, tabela 1.

O próximo passo foi criar uma seqüência de somas que contenha uma linha com a soma de todos os valores de cada coluna e uma coluna com a soma de todos os valores de cada linha (*ysum = sum(b)* e *xsum = sum(b')*). Os novos dados da 3 (coluna e linha) têm os seguintes valores: 1 1 1 1 1. Embora neste exemplo

as somas tenham dado 1, convém salientar que nem sempre ocorre dessa forma. Faz-se necessário criar outra estrutura de fluxo *if-else-end*, além de uma estrutura de repetição *for-end*, nas dimensões *x* e *y* (TONINI, SCHETTINO, 2002). A seguinte estrutura cria a matriz com valores 0 e 1 e a tabela 2 demonstra como ficaria a matriz da tabela 1.

O pixel tem valor igual a 2,46 metros. Aplicou-se novamente a soma na linha e na coluna restantes e multiplicaram-se os resultados pelo valor do pixel. A seguinte estrutura gera a soma de *x* e de *y*: *pixel=2.46*; *x=pixel\*(sum(xsum1)-1)*; e *y=pixel\*(sum(ysum1)-1)*.

O comprimento é calculado a partir do Teorema de Pitágoras (*comprimento\_calculado = sqrt((y^2)+(x^2))*). Após o cálculo do comprimento, foi feita a representação gráfica, onde se definiu inicialmente os limites da grade (*[K,M]=meshgrid(0:pixel:((ysize-1)\*pixel),0:pixel:((xsize-1)\*pixel))*).

Optou-se em representar uma figura contendo quatro resultados: imagem, gráfico linear, contorno e gráfico em três dimensões.

Este programa foi utilizado para medir de forma automática o comprimento de 12 embarcações mercantes. Os resultados foram satisfatórios, onde o comprimento obtido foi de 90% do comprimento real da embarcação, tabela 3. Calculando-se a estatística dos dados da variação no aplicativo SPSS 16.0, obtiveram-se média = 7, desvio-padrão = 16, valor mínimo = -27 e valor máximo = +27 metros. Nestes resultados, desconsideraram-se os valores extremos de -55 e de +55, que representam 16% de todas as variações (DAVIS, 1973). Com o objetivo de aproximar os valores estimados do valor real, definiu-se o valor de 7 metros como fator de ajuste na fórmula *comprimento\_calculado=sqrt((y^2)+(x^2))*. A tabela 4 mostra os resultados em que foi utilizado o fator de ajuste. Deve-se considerar uma nova variação de até -16 ou de até +16 m no comprimento calculado pelo algoritmo (desvio-padrão).

Na próxima figura, é apresentada a imagem 1 da tabela 4 com as seguintes representações: imagem (imagem 1), gráfico linear (imagem 2), contorno (imagem 3) e gráfico em três dimensões (imagem 4).

TABELA 1 – NÍVEIS DIGITAIS DE UMA MATRIZ DE 5 PIXELS X 5 PIXELS, COM VALORES 0 E 1.

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TABELA 2 – NÍVEIS DIGITAIS EM UMA MATRIZ DE 5 PIXELS X 5 PIXELS, COM VALORES 0 E 1. AS SOMAS MAIORES E IGUAIS A 1 FORAM REDUZIDAS AO VALOR 1 E AS SOMAS MENORES QUE 1, AO VALOR 0.

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

TABELA 3 – TAMANHO REAL E TAMANHO CALCULADO AUTOMATICAMENTE DAS EMBARCAÇÕES.

| Imagem SAR    | Tamanho Real (A) | Tamanho Calculado (B) | Varição (A-B) |
|---------------|------------------|-----------------------|---------------|
| 1-Graneleiro  | 225 m            | 235 m                 | +10           |
| 2-Contentor   | 200 m            | 214 m                 | +14           |
| 3-Contentor   | 170 m            | 143 m                 | -27           |
| 4-Graneleiro  | 150 m            | 158 m                 | +08           |
| 5-Graneleiro  | 220 m            | 210 m                 | +10           |
| 6-Graneleiro  | 270 m            | 286 m                 | +16           |
| 7-Graneleiro  | 260 m            | 286 m                 | +26           |
| 8-Graneleiro  | 220 m            | 247 m                 | +27           |
| 9-Graneleiro  | 210 m            | 205 m                 | -05           |
| 10-Graneleiro | 215 m            | 165 m                 | -50           |
| 11-Petroleiro | 200 m            | 255 m                 | +55           |
| 12-Graneleiro | 215 m            | 210 m                 | -05           |

TABELA 4 – TAMANHO REAL E TAMANHO CALCULADO AUTOMATICAMENTE DAS EMBARCAÇÕES MERCANTES COM REDUÇÃO 7 M.

| Imagem SAR    | Tamanho Real (A) | Tamanho Calculado (B) | Varição (A-B) |
|---------------|------------------|-----------------------|---------------|
| 1-Graneleiro  | 225 m            | 227 m                 | +2            |
| 2-Contentor   | 200 m            | 207 m                 | +7            |
| 3-Contentor   | 170 m            | 136 m                 | -34           |
| 4-Graneleiro  | 150 m            | 150 m                 | 0             |
| 5-Graneleiro  | 220 m            | 205 m                 | -15           |
| 6-Graneleiro  | 270 m            | 279 m                 | +9            |
| 7-Graneleiro  | 260 m            | 279 m                 | +19           |
| 8-Graneleiro  | 220 m            | 240 m                 | +20           |
| 9-Graneleiro  | 210 m            | 200 m                 | -10           |
| 10-Graneleiro | 215 m            | 160 m                 | -55           |
| 11-Petroleiro | 200 m            | 250 m                 | +50           |
| 12-Graneleiro | 215 m            | 203 m                 | -12           |

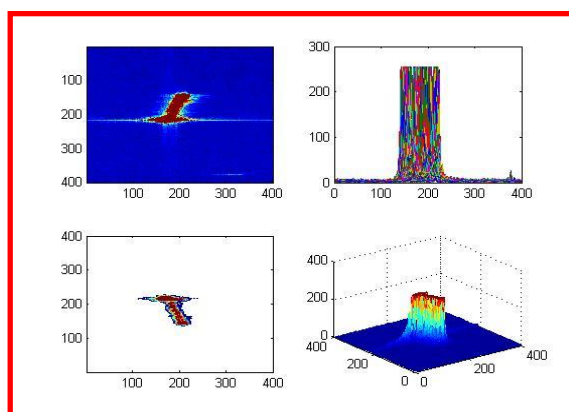


Fig 2: Imagem (imagem 1), gráfico linear (imagem 2), contorno (imagem 3) e gráfico em três dimensões (imagem 4) da imagem 1.

#### 4. CONCLUSÕES

Por fim, o algoritmo trabalhou em função da tonalidade e do tamanho. Tendo, como parâmetros, o limite de corte, a espaçamento de pixel e o fator de ajuste, utilizando-se de estruturas de repetição *for-end* e de fluxo *if-else-end*, e aplicação do teorema de Pitágoras, foi possível desenvolver um algoritmo de medição automática de embarcações em imagens SAR. Dentro de um erro de  $\pm 16$  metros, tornou-se possível diferenciar embarcações militares de mercantes, bem como relacionar possíveis tipos de embarcações. Os resultados são mais confiáveis quando as embarcações estão no mar, sem influências do cais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA-PAT. Associação Brasileira de Equipagens da Aviação de Patrulha. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.abrapat.org.br>>. Acesso 30 jan. 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. A Importância do Mar na História do Brasil. Brasília, DF: [s.n.], 2006.

Damião, D. P. Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto. Instituto de Estudos Avançados. Centro Técnico Aeroespacial. São José dos Campos, SP: [s.n.], 2000.

Davis, J. C. Statistics and Data Analysis in Geology. 2<sup>nd</sup> Ed. Canada: [s.n.], 1973.

Eldhuset, K. An Automatic Ship and Ship Wake Detection System for Spaceborne SAR Images in Coastal Regions. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 34, n. 4, p. 1010-1019, July 1996.

Moreira, R. C. Espectroscopia por Imageamento. Instituto de Estudos Avançados. Centro Técnico Aeroespacial. São José dos Campos, SP: [s.n.], 2002.

Mather, M. P. Computer Processing of Remotely Sensed Images. England: [s.n.], Wiley, 2006.

Tonini, A. M.; Schettino, D. N. MATLAB para Engenharia. Centro Universitário de Belo Horizonte, 1<sup>a</sup> Edição. Belo Horizonte, MG. 2002.

Vidigal, A. A. F.; Cunha, M. B.; Fernandes, L. P. C.; Mendes, I. A.; Silva, N.; Oliveira, L. L.; Júnior, O. B. C.; Albuquerque, A. T. M.; Rodrigues, E. G.; Almeida, J. A. N. Amazônia Azul. O Mar que nos Pertence. Rio de Janeiro: Editora Record, 2006, 305 p.