

Algoritmo para medir automaticamente embarcações em imagens SAR

Sérgio Roberto Horst Gamba¹

Marcelo Peres Rocha²

Edson Eyji Sano²

¹Ministério da Defesa - MD

Esplanada dos Ministérios - Bloco "Q" - 3º Andar - Sala 348 - 70049-900 - Brasília - DF
sergio.horst@defesa.gov.br

² Universidade de Brasília - UnB

Campus Universitário Darcy Ribeiro - Instituto de Geociências - CEP 70910-970
marcelorochoa@unb.br , Edson.sano@ibama.gov.br

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 band 8, compared with the SAR image LHH, LVV and LVH, 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.

Palavras-chave: remote sensing, aerial survey, radar, sensoriamento remoto, aerolevanteamento, radar.

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.

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.

Aviação de Patrulha é um importante meio do Poder Naval. A 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.

2. Metodologia de Trabalho

Considerando a importância da área marítima do Brasil, principalmente as 200 milhas marítimas, optou-se em coletar 12 embarcações em imagens SAR e *MultiSpectral Scanner* (MSS) próximas ao porto de Tubarão, com o objetivo de validar as medições feitas nas imagens SAR. Durante o imageamento SAR do 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. 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), dará uma ideia inicial se a embarcação é militar ou mercante. 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 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 irá definir 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.

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.

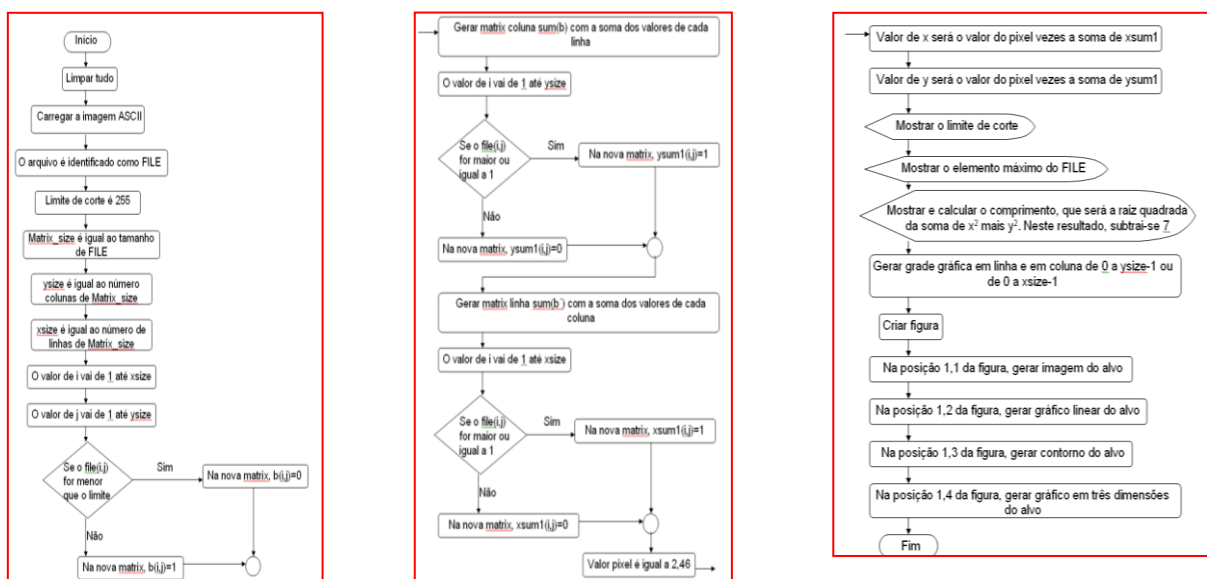


Figura 1: Fluxograma que representa o processo para calcular de forma automática o comprimento de embarcações em imagens SAR.

3. Resultados e Discussão

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, segundo Tonini e 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*). A Tabela 1 ilustra, como exemplo, os níveis digitais de uma embarcação em alto mar em uma matriz de 5 pixels x 5 pixels. 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.

Tabela 1 – Níveis digitais em uma matriz de 5 pixels x 5 pixels. Os valores digitais 4 e 255 correspondem ao oceano e à embarcação, respectivamente.

4	4	4	4	255
4	4	4	255	4
4	4	255	4	4
4	255	4	4	4
255	4	4	4	4

O limite de corte foi estabelecido após vários testes no programa. Foram atribuídos valores de 150 a 255, até conseguir obter comprimentos próximos do comprimento real da embarcação analisada, de acordo com a Tabela 2. Nessa tabela, observa-se que, conforme se aproxima do valor 255, o tamanho obtido tende a se aproximar do tamanho real.

Tabela 2 – Limites de corte e tamanhos obtidos.

Imagem SAR	Tamanho Real	Limite de Corte	Tamanho Obtido
Graneleiro	225 m	150	278 m
Graneleiro	225 m	160	278 m
Graneleiro	225 m	170	273 m
Graneleiro	225 m	180	268 m
Graneleiro	225 m	190	266 m
Graneleiro	225 m	200	263 m
Graneleiro	225 m	210	259 m
Graneleiro	225 m	220	254 m
Graneleiro	225 m	230	251 m
Graneleiro	225 m	240	245 m
Graneleiro	225 m	250	238 m
Graneleiro	225 m	255	234 m

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 , segundo Tonini e Schettino (2002). A seguinte estrutura cria a matriz com valores 0 e 1 e a Tabela 3 demonstra a nova matriz da Tabela 2.

Tabela 3 – 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

O próximo passo foi criar uma sequência 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 , segundo Tonini e Schettino (2002). A seguinte estrutura cria a matriz com valores 0 e 1 e a Tabela 4 demonstra como ficaria a matriz da Tabela 3.

Tabela 4 – 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

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 : $pixel=2.46$; $x=pixel*(sum(xsum)-1)$; e $y=pixel*(sum(ysum)-1)$.

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 estão descritos na Tabela 5. 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. 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 6 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).

Tabela 5 – 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 6 – 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

Na próxima figura, é apresentada a imagem 1 da Tabela 6 com as seguintes representações: imagem (imagem 1), gráfico linear (imagem 2), contorno (imagem 3) e gráfico em três dimensões (imagem 4).

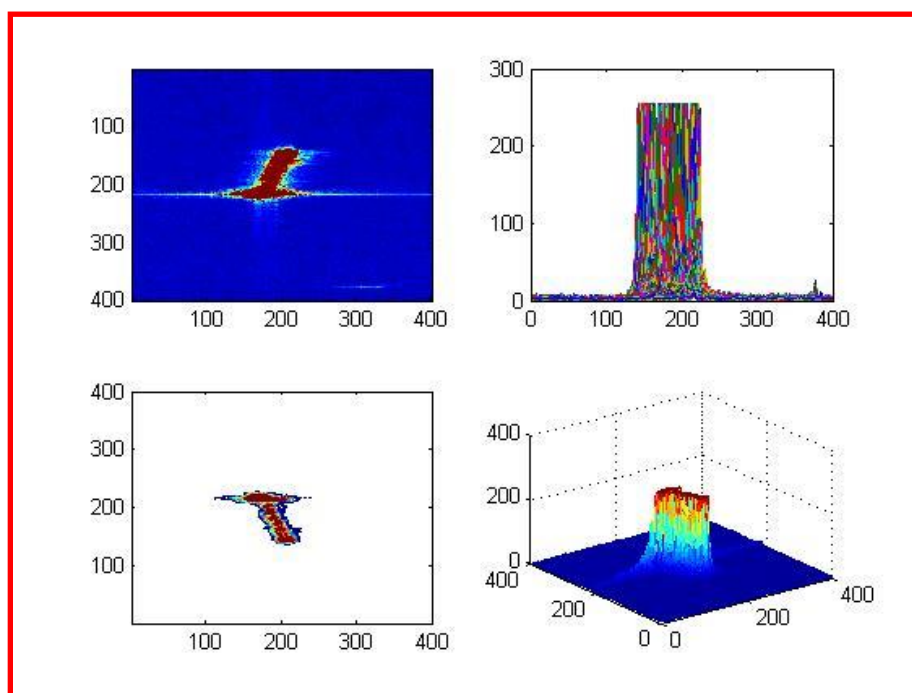


Figura 2: Imagem (imagem 1), gráfico linear (imagem 2), contorno (imagem 3) e gráfico em três dimensões (imagem 4) da imagem 1.

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 ± 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

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**. 2nd 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^a 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.