

VIII SIMPÓSIO DE GUERRA ELETRÔNICA



LABORATÓRIO DE GUERRA ELETRÔNICA

“Aplicações Operacionais do Radar de Abertura Sintética (SAR) e da câmera Infravermelha de Visada Direta (FLIR): um quadro comparativo e implementações futuras”

CT(EN) Ali Kamel Issmael Junior - alikamel@ita.br, Tel +55-12-39476889
Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM)
Rua Primeiro de Março, 118
Centro - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20.010-000

Aluno do Curso de Especialização em Análise de Ambiente Eletromagnético (CEAAE) 2006, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica

ROTEIRO

1. OBJETIVO
2. INTRODUÇÃO
3. TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO
4. FUSÃO SAR/FLIR: PERSPECTIVA FUTURA
5. OBSERVAÇÕES FINAIS
6. REFLEXÃO

1.OBJETIVO

- ◆ Apresentar uma breve revisão das tecnologias SAR e FLIR, traçando um quadro comparativo entre as suas características e aplicações. Além disso, apresentar a futura implementação da fusão SAR-FLIR.

2.INTRODUÇÃO

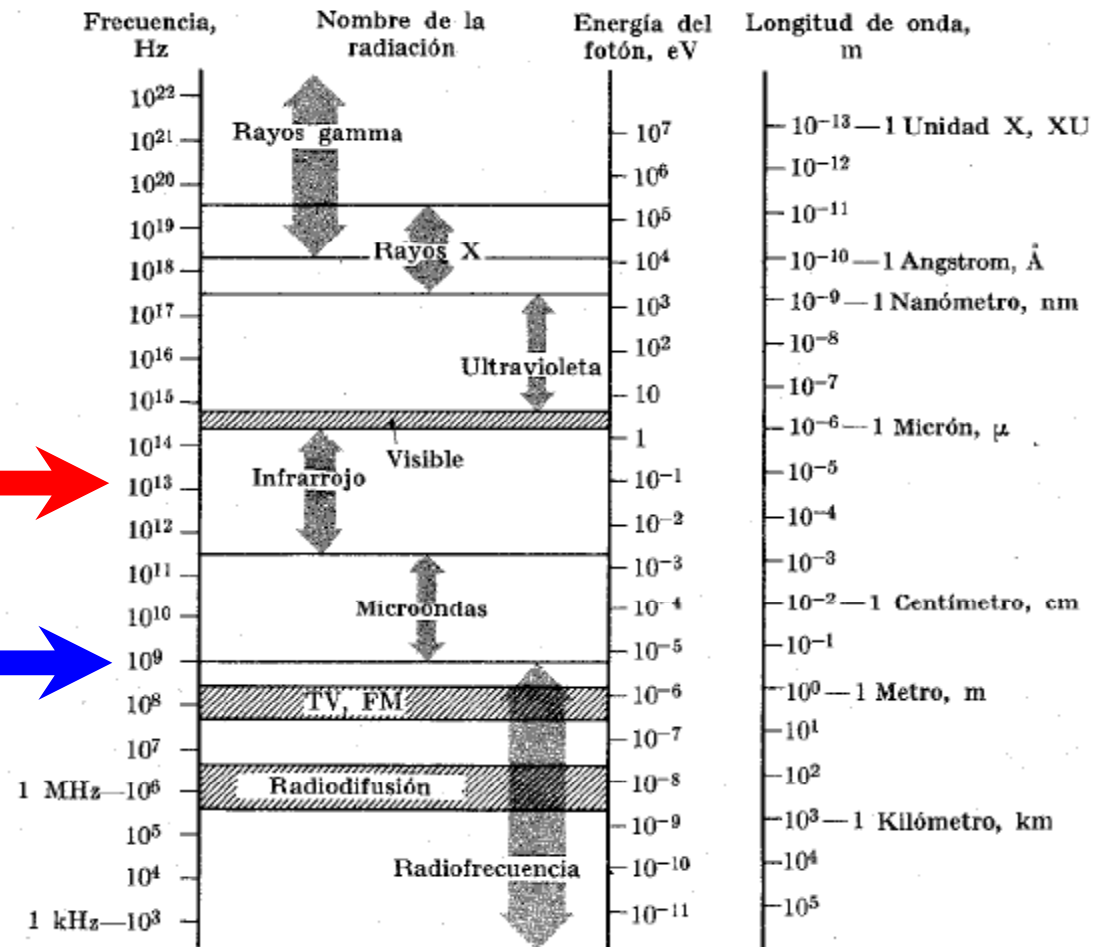
FLIR



SAR



O Espectro Eletromagnético

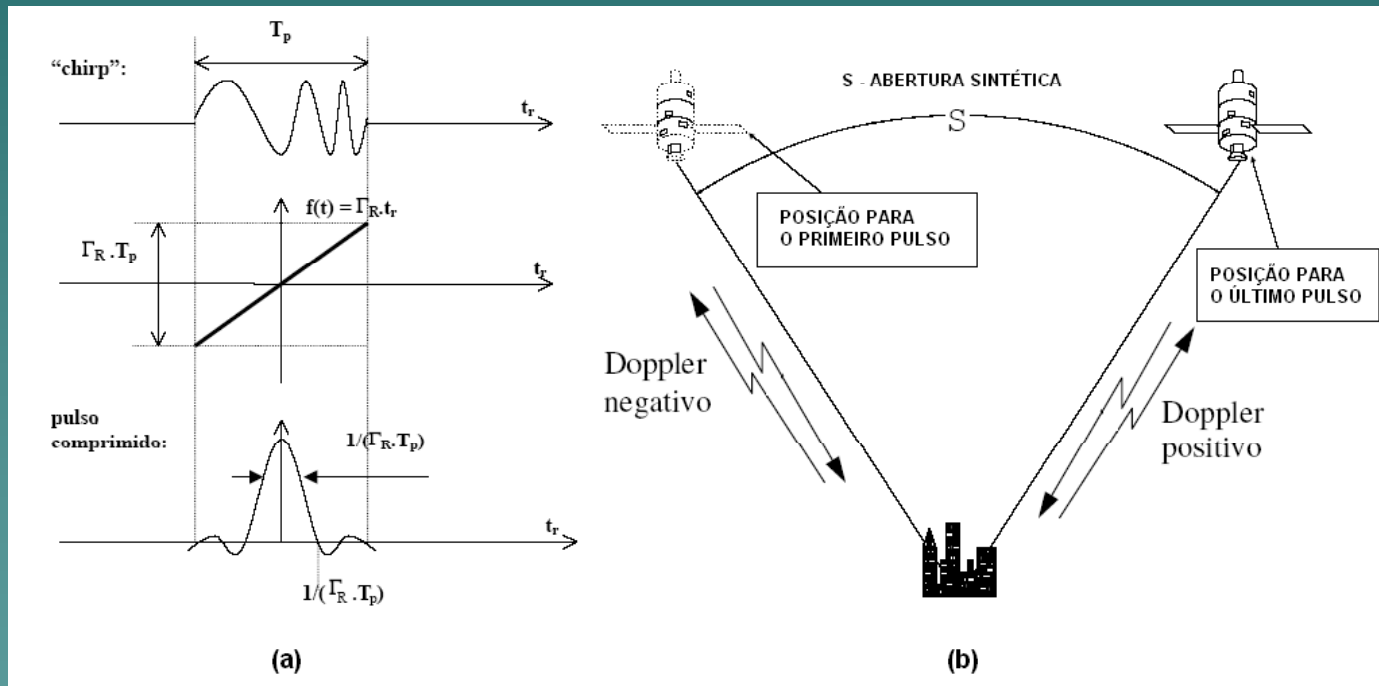


2.INTRODUÇÃO

- ◆ Ampliar a visão do teatro de Operações, através da refletividade eletromagnética da cena (SAR) ou da assinatura térmica (FLIR)

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA SAR (RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA)



- ◆ a) Compressão de pulso; e
- ◆ b) Abertura sintética.

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

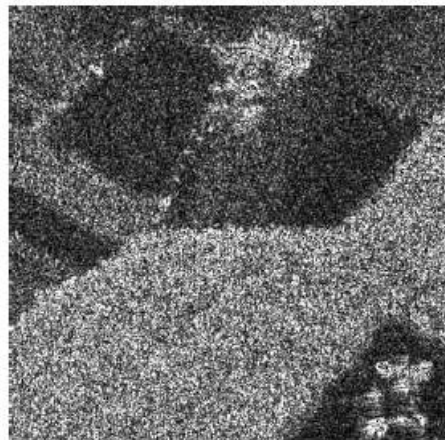
TÉCNICA SAR (RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA)

- ◆ A imagem SAR calibrada representará a refletividade da cena ou seu coeficiente de retroespalhamento (σ_0).
- ◆ Pode-se obter mais detalhes alterando parâmetros como frequência e polarização de transmissão:



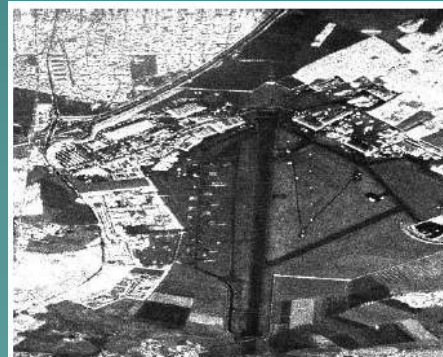
BANDA X (8.0-14.2 GHz)

(a)



BANDA C (4.0-8.0 GHz)

(b)



POLARIZAÇÃO HORIZONTAL

(a)



POLARIZAÇÃO VERTICAL

(b)

radar SAR-580/CNRS

radar SAR-580/DLR

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA SAR (RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA)
RESOLUÇÃO TÍPICA SAR

	ERS-1 (Orbital) (distância x azimuth)	E-SAR (Aerotransportado) (distância x azimuth)
Imagem Bruta	5,5 x 4,5 Km	750 x 890 m
Imagem SAR Final	12 x 12 m	3 x 3 m

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA SAR (RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA)

VANTAGENS:

- ◆ Operação independente das condições atmosféricas ou de horário noturno ou diurno; e
- ◆ Com a escolha adequada da frequência e da polarização da onda, pode-se obter imagens da copa das árvores ou do solo da floresta.

DESVANTAGENS:

- ◆ baixa capacidade de detecção de alvos em movimento, devida à necessidade de compensar os movimentos de “pitch”, “roll” e “yaw” da aeronave ou satélite;
- ◆ ruídos provocados pelo processamento coerente do sinal retroespalhado e refletido, conhecidos como “speckle”, reduzem a capacidade de distinção e classificação automática da imagem.

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA SAR (RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA)

São empregados militarmente nas seguintes missões:

- ◆ Missão de reconhecimento via satélite ou aerotransportado em território inimigo;
- ◆ ATR (“Automatic Target Recognition”); e
- ◆ Identificação de manchas de óleo no mar, denunciando a passagem de navios não autorizados.

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA FLIR (“FORWARD LOOKING INFRARED”)



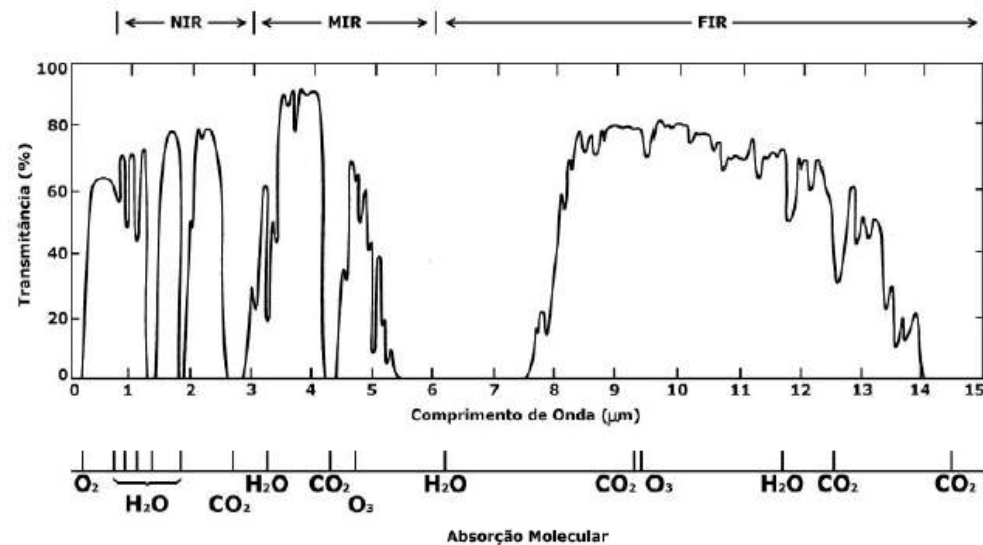
Alper Yilmaz, Khurram Shafique and Mubarak Shah, “Target tracking in airborne Forward Looking Infrared imagery”, *Image and Vision Computing*, No.21, pp. 623-635, 2003.

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA FLIR (“FORWARD LOOKING INFRARED”)

Infravermelho	Freq.: 100 GHz – 100 THz	Comprimento de onda
	Muito Distante (XIR)	1000 – 15 μm
	Distante (FIR)	15 - 6 μm
	Médio (MIR)	6 - 3 μm
	Próximo (NIR)	3 - 0.75 μm

(a)



(b)

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA FLIR (“FORWARD LOOKING INFRARED”)

- ◆ a) Imageamento térmico partir de sensores IR passivos (câmeras); e
- ◆ b) Discrimina os níveis de irradiação térmica emitidos e refletidos



(a)



(b)

Helicóptero HA-1 Fennec, do EB, equipado com câmera de imagens térmicas FLIR 2000 da empresa FLIR (OUT2006)



Seqüência de aquisição da alvo por meio de imagem termal (câmera FLIR).

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA FLIR (“FORWARD LOOKING INFRARED”)

Fatores de performance mais importantes para os sensores FLIR:

- ◆ resolução termal; e
- ◆ resolução angular(“Field of View” – FOV).

Em linhas gerais são conseguidas resoluções angulares na faixa de miliradianos, enquanto a resolução termal pode chegar a faixa de centésimos de graus centígrados em sistemas mais complexos.

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA FLIR (“FORWARD LOOKING INFRARED”)

VANTAGENS:

- ◆ Operação independente do horário ser noturno ou diurno, por não haver a necessidade de se iluminar a cena;
- ◆ Boa detecção de alvos, mesmo em movimento; e
- ◆ Melhor discriminação de assinaturas (térmicas) para reconhecimento de alvos.

DESVANTAGEM:

- ◆ Apresenta grandes limitações em presença de condições atmosféricas desfavoráveis como chuva, nuvens, umidade ou neblina, devido a curva de absorção ser alterada e ocorrer um maior espalhamento de energia infravermelha, pela mistura de maiores concentrações de determinados gases, reduzindo consideravelmente a resolução.

3.TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO

TÉCNICA FLIR (“FORWARD LOOKING INFRARED”)

São empregados militarmente nas seguintes missões:

- ◆ Ampliação da capacidade de visão humana;
- ◆ ATR (“Automatic Target Recognition”);
- ◆ Guiamento de armamentos; e
- ◆ Alarmes.

4. FUSÃO SAR/FLIR: PERSPECTIVA FUTURA

- ◆ Tendência do uso de sistemas multisensores;
- ◆ Pode-se verificar redundâncias que possam corrigir erros de discriminação de imagens geradas por apenas um único sensor;

4. FUSÃO SAR/FLIR: PERSPECTIVA FUTURA

◆PATENTE AMERICANA DA FUSÃO SAR/FLIR:

Yangl Chen, “SAR and FLIR image registration method”,
United States Patent 6795590, September 2004,
patente disponível no site

<http://www.freepatentsonline.com/6795590.html>

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window. The title bar reads "SAR and FLIR image registration method - Patent 6795590 - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the URL "F:\SIGE\FLIR-SAR\SAR and FLIR image registration method - Patent 6795590.htm". The browser's menu bar includes "Arquivo", "Editar", "Exibir", "Favoritos", "Ferramentas", and "Ajuda". The toolbar contains various icons for navigation and search. The main content area displays the patent information from the website "freepatentsonline".

Site Contents

- Search Patents**
Use our search engine to find what you need
- Data and Analytical Services**
Complete custom solutions
- Syntax Reference**
Learn our powerful search syntax
- F.A.Q.**
About this site and our patent search engine

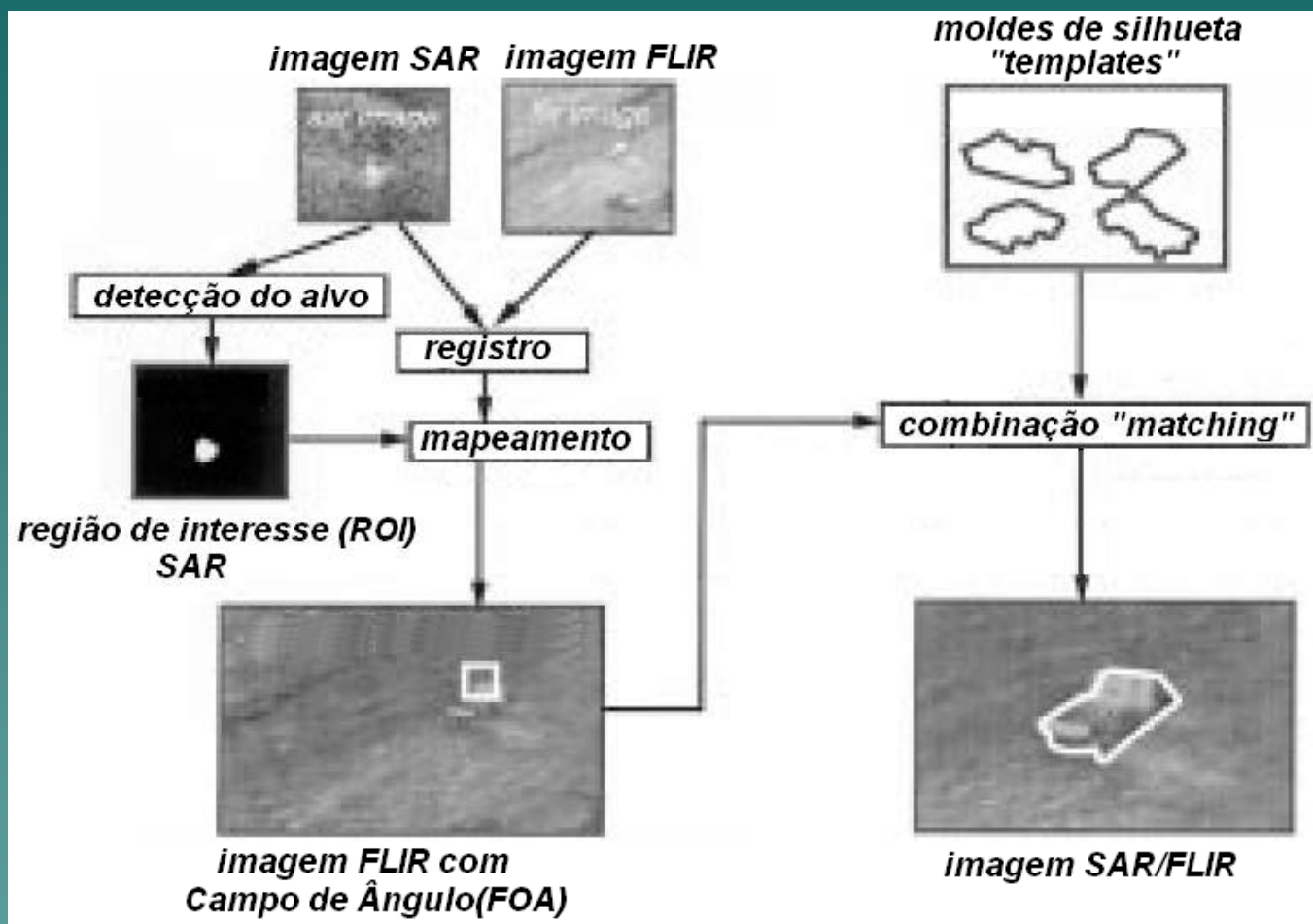
Patent Information:

Title:	SAR and FLIR image registration method
Document Type and Number:	United States Patent 6795590
Link to this Page:	http://www.freepatentsonline.com/6795590.html
Abstract:	There is disclosed herein, a method used to associate or correspond synthetic aperture radar (SAR) and forward looking infrared (FLIR) images. Based on feature points detectable from both images, a two stage approach is taken to address the issue of SAR and FLIR image registration: an initial registration stage where feature points detected from the FLIR image are transformed into the SAR image coordinates; and a residual registration stage where the SAR and FLIR feature points undergo a "Generalized Hough Transform" from which a maximal subset of matching feature points is obtained and the registration transformation can be derived. These two stages are separated into five steps which comprise the SAR and FLIR Image Registration Method: (1) extracting feature points from said SAR and FLIR images; (2) creating an initial registration of the FLIR image; (3) creating a two-dimensional residual registration utilizing a generalized Hough transform; (4) estimating the registration transformation; and, (5) verifying the registration. This method allows the residual registration to be done in a two-dimensional (rather than six) Hough transform, which results in fast and robust implementation as well as reduce the possibility of false registration.

Search Bar: Patent Number: **Search** **Advanced Search**

Login or Create Account (Free!)

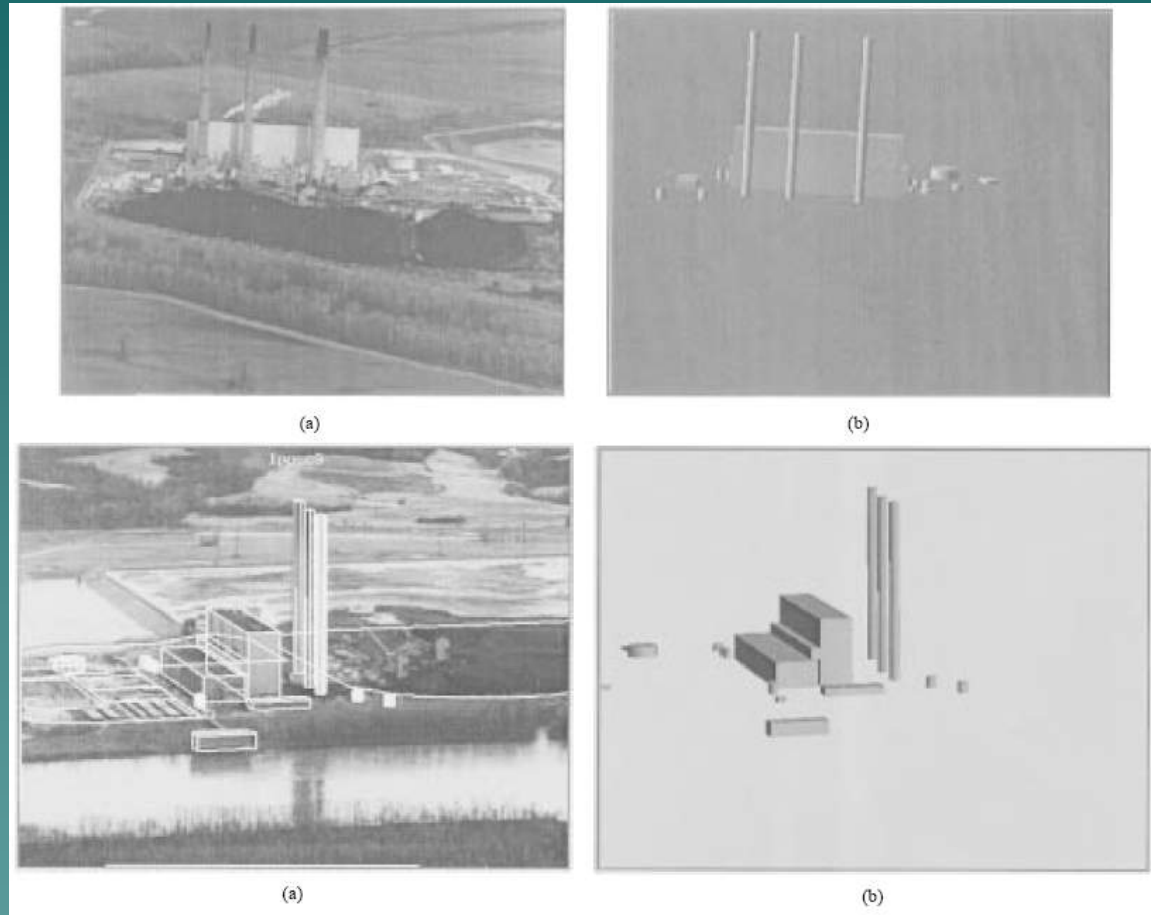
4. FUSÃO SAR/FLIR: PERSPECTIVA FUTURA



Alguns exemplos do uso da técnica de fusão de imagens SAR/FLIR.

Rama Chellappa, Qinfen Zheng, Phillipe Burlina, Chandra Shekhar and Kie B. Eom, "On the Positioning of Multisensor Imagery for Exploitation and target recognition", *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, No.1, pp. 120-138, January 1997.

4. FUSÃO SAR/FLIR: PERSPECTIVA FUTURA



Alguns exemplos do uso da técnica de fusão de imagens SAR/FLIR.
Rama Chellappa, Qinfen Zheng, Phillipe Burlina, Chandra Shekhar and Kie B. Eom, "On the Positioning of Multisensor Imagery for Exploitation and target recognition", *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, No.1, pp. 120-138, January 1997.

4. FUSÃO SAR/FLIR: PERSPECTIVA FUTURA

- ◆ O sistema completo possui a baixa taxa de falso alarme e a alta probabilidade de detecção obtida com o sistema SAR e a alta probabilidade de reconhecimento do sistema FLIR.

5.OBSERVAÇÕES FINAIS

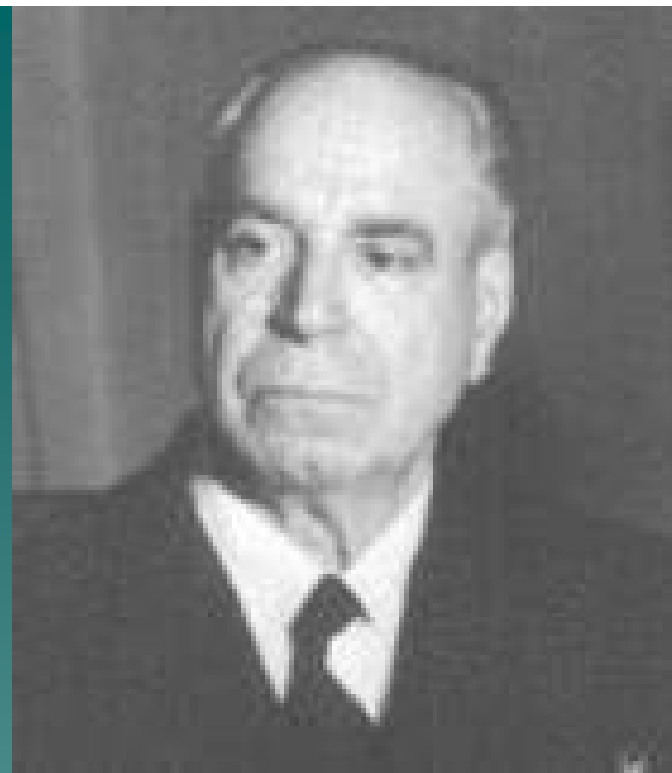
- ◆ Devido a grande extensão territorial, muitas deficiências que temos na vigilância tanto marítima, aérea e de fronteiras poderiam ser melhoradas com plataformas orbitais ou aerotransportadas que possuíssem um sistema SAR, FLIR, ou híbrido.
- ◆ Missões militares como reconhecimento de alvos, identificação de ameaças, geração de padrões de assinaturas termais e SAR para bibliotecas de missões, além do largo uso no meio civil, como controle de desmatamentos, agressões ao meio ambiente como queimadas e despejo de óleo em rios e mares, podem ter sua efetividade melhorada de sobremaneira com o uso das tecnologias aqui retratadas.

6.REFLEXÃO

- ◆ COMO O NOSSO PAÍS PODE SUPERAR A DEPENDÊNCIA DESSA E DE OUTRAS TÉCNICAS JÁ PATENTEADAS PELOS PAÍSES DESENVOLVIDOS ?

6.REFLEXÃO

✳️ "É claro que um programa destinado a pôr em execução uma sadia Política de pesquisa científica implica, necessariamente, dispêndio de dotações orçamentárias adequadas. Mas esse esforço da Nação contribuirá, mais do que qualquer outro para, mediante o progresso da Ciência, robustecer a saúde moral e física de nossa gente, elevando-lhe o padrão de vida e o prestígio entre os povos cultos. E, quiçá, venha a condicionar como a outros tem acontecido, a própria subsistência da nacionalidade. No mundo de amanhã não haverá lugar para os incapazes, os fracos, os entibiados, os retardatários nas conquistas da Ciência e da Tecnologia, e que só estas podem propiciar."



Almirante Álvaro Alberto
(1889-1976)

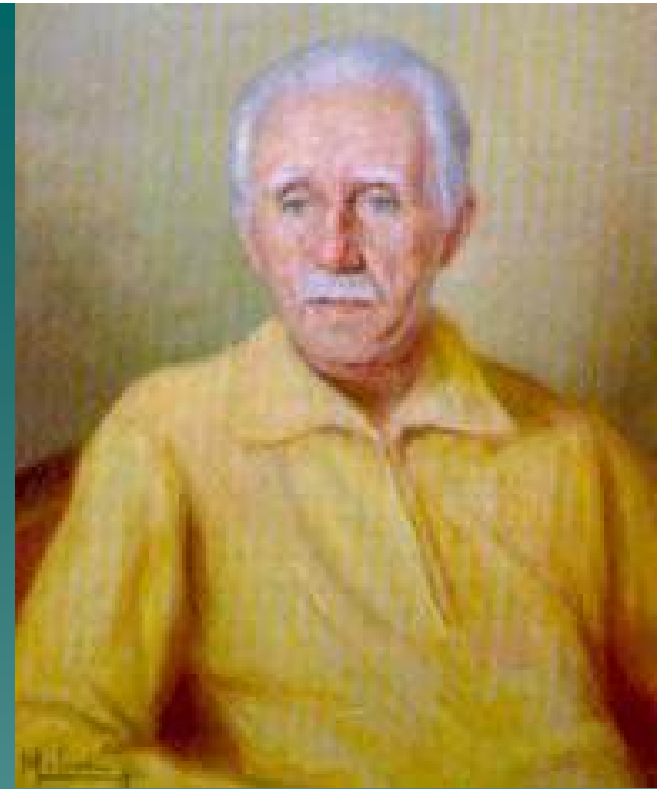
Pioneiro no País no estudo e nas pesquisas sobre energia nuclear e idealizador do CNPq

✳️ TRECHOS DA CONFERÊNCIA PROFERIDA NA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, A 21 DE DEZEMBRO DE 1948, E PUBLICADA NO "JORNAL DO COMMERCIO" DE 29 DE DEZEMBRO DO MESMO ANO.

6.REFLEXÃO

✳... a íntima correlação entre poder tecnológico e força armada exige que a última devote ao desenvolvimento do primeiro grande parte de seus recursos e esforços."

✳... "nenhum país é verdadeiramente independente enquanto incapaz do convívio entre nações de tecnologia própria..."



Marechal do Ar Casimiro Montenegro Filho
(1890-1974)

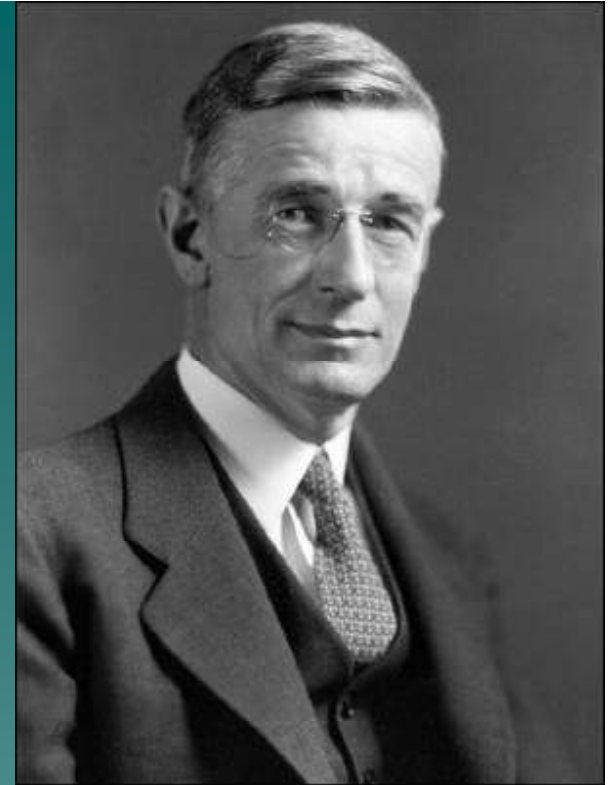
Criador e Fundador do ITA

✳Boletins Internos do CTA, de 14 de fevereiro de 1964(Nº 32) e de 18 de fevereiro de 1965 (Nº 34), extraídos da livro "Casimiro Montenegro Filho, A trajetória de um visionário", escrita por Ozires Silva e Decio Fischetti

6.REFLEXÃO

✳️ "O espírito de pioneirismo ainda é vigoroso neste país. A ciência oferece um território quase inexplorado para o pioneiro que possui as ferramentas para cumprir sua tarefa. As recompensas dessa exploração, para a Nação e para o indivíduo, são muito grandes. O progresso científico é um elemento essencial para nossa segurança como nação, para uma saúde melhor, para mais empregos, para um melhor padrão de vida e para nosso progresso cultural."

✳️ Extraído da Carta de Encaminhamento do Relatório "Ciência, a Fronteira sem fim", solicitado em 1944 pelo Presidente Roosevelt ao então Diretor do Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento Científico dos EEUU, Vannevar Bush, visando orientar as ações do governo americano em relação a C & T ao fim da Segunda Guerra Mundial.



Vannevar Bush
(1890-1974)

• Considerado o Engenheiro americano do século XX - conhecido pelo seu papel político no desenvolvimento da bomba atômica e pela ideia do memex — visto como um conceito pioneiro, precursor da world wide web.

6.REFLEXÃO

- ◆ COMO O NOSSO PAÍS PODE SUPERAR A DEPENDÊNCIA DESSA E DE OUTRAS TÉCNICAS JÁ PATENTEADAS PELOS PAÍSES DESENVOLVIDOS ?
- ◆ **PESQUISA E DESENVOLVIMENTO!!!!**

ROTEIRO

1. OBJETIVO
2. INTRODUÇÃO
3. TÉCNICAS SAR E FLIR: QUADRO COMPARATIVO
4. FUSÃO SAR/FLIR: PERSPECTIVA FUTURA
5. OBSERVAÇÕES FINAIS
6. REFLEXÃO

1.OBJETIVO

- ◆ Apresentar uma breve revisão das tecnologias SAR e FLIR, traçando um quadro comparativo entre as suas características e aplicações. Além disso, apresentar a futura implementação da fusão SAR-FLIR.

REFERÊNCIAS

- ◆ [1] David Fernandes, “Radar de Abertura Sintética”, *apostila da disciplina EE-08 - Processamento radar do Curso de Especialização em Análise de Ambiente Eletromagnético (CEAAE)*, 2006.
- ◆ [2] “Principle of Naval Weapons”, *CDR Joseph Rall, US Navy*.
- ◆ [3] Alexsandro Machado Jacob, Elder Moreira Hemerly and David Fernandes “SAR Image Classification using supervised neural Classifiers”, *Seminário de Tese, COMP´03, Sessão Técnica Oral*, 2003.
- ◆ [4] Eduardo Viegas Dalle Lucca and Antônio Frederico Bastos, “Sistema Imageador Infravermelho Termal: Características, Descrição e Resultados”, *Anais do X SBSR*, pp. 1433-1440, 21-26 Abril 2001, INPE, Sessão Técnica Oral.
- ◆ [5] Cesar Boschetti, “Detectores de infravermelho – Princípios e Caracterização”, apostila obtida no site www.las.inpe.br/~cesar, consultado em Novembro de 2006.
- ◆ [6] Alexandre Beraldi, “HA-1 Fennec e sistema FLIR 2000 com data-link”, site www.defesanet.com.br, publicado em 12 de Outubro de 2006.
- ◆ [7] “Chapter 10 - Visible and Infrared Spectrum” da publicação “Fundamentals of Naval Weapons Systems”, *Weapons and Systems Engineering Department, United States Naval Academy*, Site <http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/fun/index.html>, consultado em Novembro de 2006.
- ◆ [8] Alper Yilmaz, Khurram Shafique and Mubarak Shah, “Target tracking in airborne Forward Looking Infrared imagery”, *Image and Vision Computing*, No.21, pp. 623-635, 2003.
- ◆ [9] Yangl Chen, “SAR and FLIR image registration method”, United States Patent 6795590, September 2004, patente disponível no site <http://www.freepatentsonline.com/6795590.html>.
- ◆ [10] Rama Chellappa, Qinfen Zheng, Phillipe Burlina, Chandra Shekhar and Kie B. Eom, “On the Positioning of Multisensor Imagery for Exploitation and target recognition”, *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, No.1, pp. 120-138, January 1997.

VIII SIMPÓSIO DE GUERRA ELETRÔNICA



LABORATÓRIO DE GUERRA ELETRÔNICA

“Aplicações Operacionais do Radar de Abertura Sintética (SAR) e da câmera Infravermelha de Visada Direta (FLIR): um quadro comparativo e implementações futuras”

CT(EN) Ali Kamel Issmael Junior - alikamel@ita.br, Tel +55-12-39476889
Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM)
Rua Primeiro de Março, 118
Centro - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20.010-000

Aluno do Curso de Especialização em Análise de Ambiente Eletromagnético (CEAAE) 2006, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica