

# O SISTEMA SLAR-X BRASILEIRO RADAR IMAGEADOR AEROTRANSPORTADO DE VISADA LATERAL - FAIXA X -

Ulf Walter Palme<sup>1</sup>  
Darcton Policarpo Damião<sup>2</sup>  
Franz Witte<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515  
12201 São José dos Campos, SP, Brasil  
fax 0123-218743 e-mail:ulf@ltid.inpe.br

<sup>2</sup>CTA - Centro Técnico Aeroespacial  
IAE - Instituto de Aeronáutica e Espaço  
12228 São José dos Campos, SP, Brasil  
fax 0123-412522 e-mail:darcton@ltid.inpe.br

<sup>3</sup>DLR - German Aerospace Research Establishment  
HF - Institute for Radiofrequency Technology  
Münchner Strasse, 20  
D 8031 Oberpfaffenhofen, Germany  
fax 0049-8153-28-1135 e-mail:hf28@vm.op.dlr.de

**Abstract.** This work presents the brazilian SLAR system which is installed in a Bandeirante aircraft. Operating in X band (3.1 cm) the system offers 7-15 km swath at a mean resolution of 15 m. At present time the data are recorded on a VCR system. The image is displayed in real time and selected frames can be printed out as hardcopies. The main applications considered are: imaging and monitoring of cloudy areas; flooded areas; deforested areas; sea pollution, especially oil slicks; and during catastrophic events.

## 1 Introdução

O presente trabalho tem por objetivo apresentar o sistema SLAR-X, suas especificações técnicas bem como suas potencialidades de emprego junto à comunidade de sensoriamento remoto. O desenvolvimento e implementação do sistema SLAR-X está no contexto de um projeto de cooperação internacional entre o INPE, o CTA/IAE e o Instituto de Tecnologia em Radiofrequência da DLR (Agência Espacial da República Federal da Alemanha) havendo também a participação da indústria nacional.

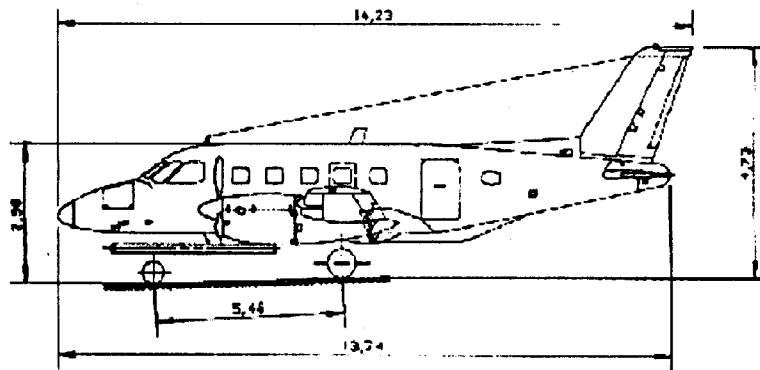
## 2. Características Gerais

Trata-se de um radar aerotransportado de visada lateral operando na faixa X de microondas (3 cm). Mede os padrões de refletividade do terreno e os apresenta sob a forma de uma imagem em um monitor, em tempo real.

Constitui-se de um conjunto de três consoles instalados no interior da aeronave, contendo os subsistemas eletrônicos e de uma antena na parte

externa da aeronave, responsável pela transmissão dos pulsos do radar e pela respectiva recepção dos ecos (Figuras 1a e 1b). O sistema pode ser operado e permite a geração de imagens tanto diurna como noturnamente, inclusive em condições atmosféricas adversas (chuva, neblina etc.).

As aplicações típicas consideradas para este sistema são: monitoramento de áreas com expressiva cobertura de nuvens, monitoramento de áreas afetadas por enchentes, desmatamentos, queimadas, áreas de garimpo e monitoramento de poluição do mar, notadamente manchas de óleo e filmes monomoleculares na plataforma continental e regiões costeiras. No caso de derrames, existe a possibilidade de se estimar a quantidade de óleo. As Figuras 2 a 6 apresentam exemplos de resultados brutos obtidos com um sistema semelhante na Alemanha. Durante o simpósio espera-se poder apresentar resultados obtidos com o sistema brasileiro.



EMB-110B "BANDEIRANTE"  
REF. O.T. IR95-2-1

IDIMENSÕES ESTIMADAS DA ANTENA

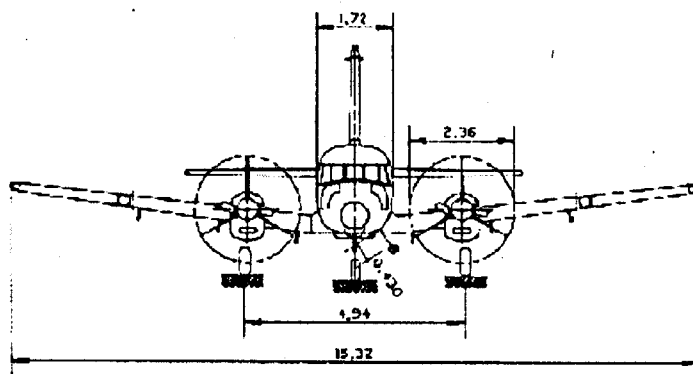
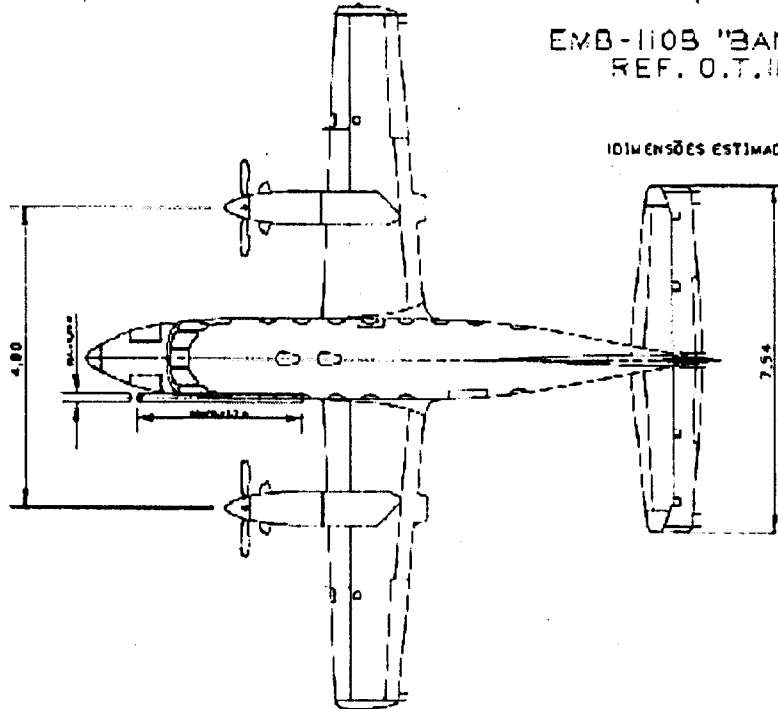


Figura 1a: "lay-out" externo do Bandeirante equipado com o sistema SLAR-X.

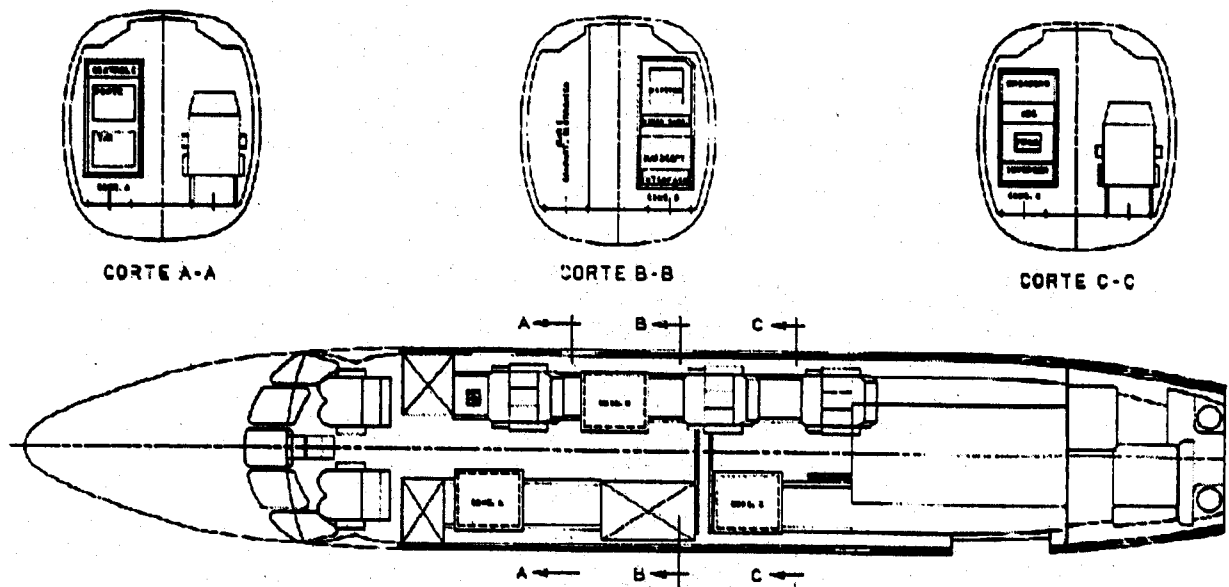


Figura 1b: "lay-out" interno do Bandeirante equipado com o sistema SLAR-X.



Figura 2: área urbana imageada com presença de nuvens.

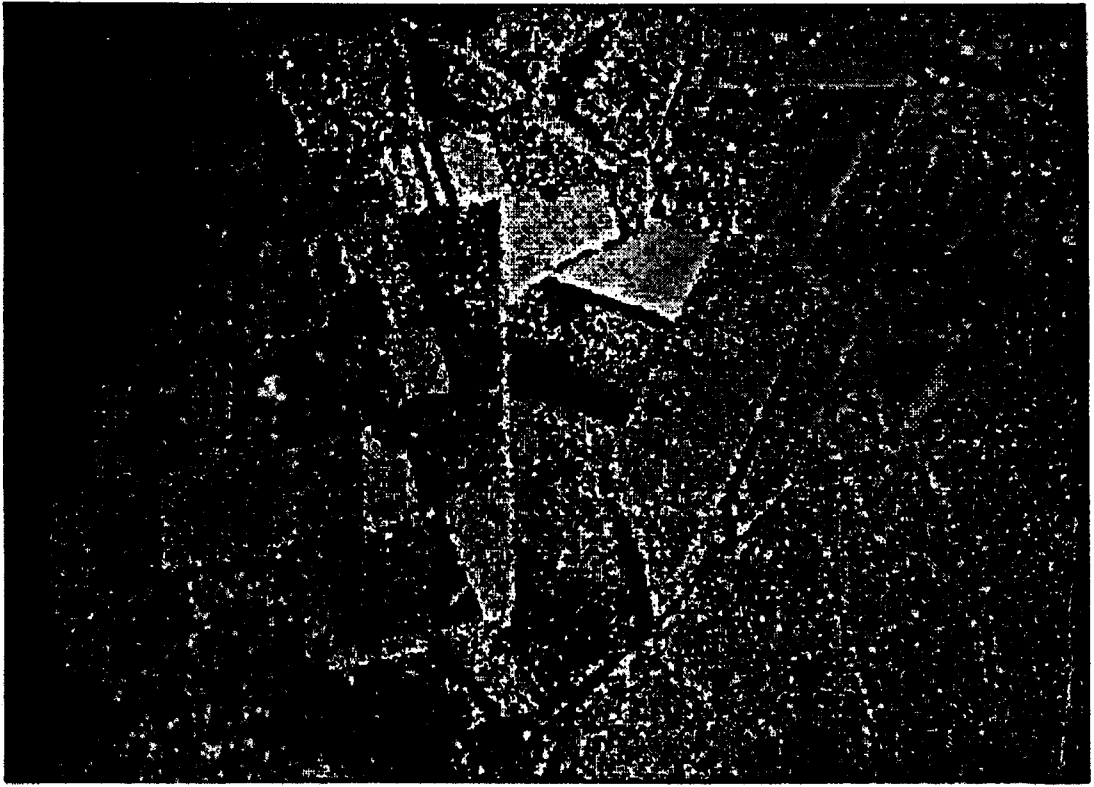


Figura 3: áreas agrícolas.

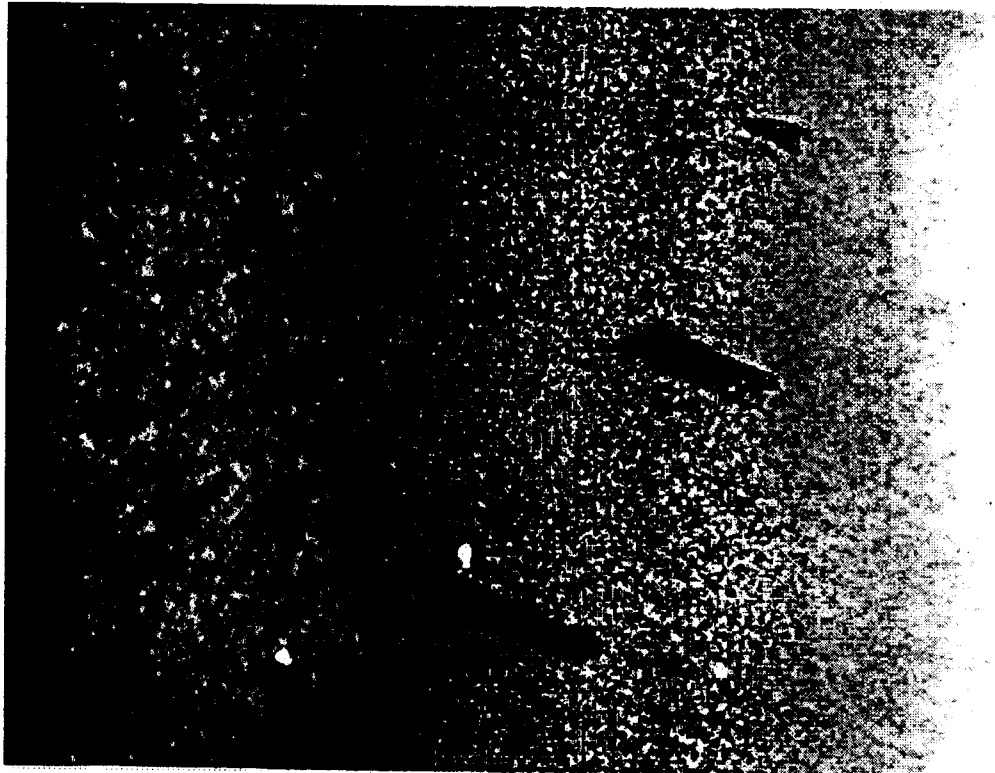


Figura 4: navio e mancha de óleo (5 m3).



Figura 5: navio durante a operação de retirada de óleo.



Figura 6: manchas monomoleculares de álcool oleico sobre o mar.

### 3 Aeronave

A concepção do sistema permite sua instalação e operação em diferentes tipos de aeronave (desde monomotores como o Cessna 207 até aeronaves de médio porte como o Lockheed C-130 "Hércules"). Atualmente o sistema encontra-se instalado na aeronave E-110B "Bandeirante". A aeronave dispõe de sistema de navegação próprio (omega), que permite precisar melhor o imageamento em termos de localização geográfica durante a execução das missões.

A aeronave dispõe ainda de um sistema de comunicação interna entre os pilotos e os operadores do sistema SLAR-X, como também entre os operadores foto. Por tratar-se de um sistema ativo, realizaram-se ensaios de compatibilidade eletromagnética no sentido de avaliar se existe interferência do radar para com a instrumentação da aeronave, e vice-versa, o que poderia comprometer a segurança de voo.

### 4 Consoles Internos

A especificação e instalação dos consoles no interior da aeronave, seguiu as normas pertinentes, de modo que os subsistemas eletrônicos que compõe este conjunto possam ser afixados e operados com segurança (norma "anti-crash"). Os consoles estão montados sobre absorvedores de choque ("shock mounts") e sua disposição é perpendicular à trajetória de voo. O conjunto de consoles contém os seguintes subsistemas eletrônicos:

- radar (T/R)
- alimentação das fontes: 28 VDC e 115 VAC
- painel de controle
- conversor AD ("Biomation")
- formatador
- unidade de visualização da imagens, composta de:
  - interface
  - vídeo cassette
  - monitor de vídeo 12"
  - dispositivo para cópia em papel ("hardcopy")

O conjunto de consoles é intercambiável de modo a permitir a instalação em outras aeronaves similares.

### 5 Antena

A antena, do tipo guia fendido ("slotted waveguide"), está afixada na fuselagem da aeronave, em três pontos. Esta fixação ocorreu em pontos "duros" da estrutura do avião, seguindo as normas do fabricante da aeronave. Também foram realizados vôos de ensaio, visando checar a qualidade de vôo após a integração do sistema à aeronave. A antena encontra-se do lado esquerdo da aeronave, próxima aos consoles, sem no entanto

permitir que as pás das hélices do motor esquerdo provoquem "sombra" no feixe radar, em função da geometria de aquisição da antena. Através de um furo na fuselagem da aeronave, ocorre a passagem de um guia de onda, sendo parte dele móvel, conectando a extremidade posterior da antena à unidade de transmissão/recepção, que se encontra no console "A" (Figura 1a).

A antena foi fabricada pela TECNASA S.A. a partir de desenhos fornecidos pelo INPE.

### 6 Especificações Técnicas do Sistema

Transmissor/receptor (9T12 PILOT T SUPER)	
frequência de operação	9.55 GHz
potência de pico ("peak power")	9 KW
PRF (frequência de repetição do pulso)	960 Hz
PRF (gravada)	43 Hz
largura do pulso	60 ns
FI - frequência central	60 MHz
FI - largura da faixa amplificada	16 MHz
FI - "range" dinâmico	70 dB
figura de ruído	8.6 dB

#### 6.1 Antena

tipo	guia fendido
Fc	9.55 GHz
largura de faixa	Fc +/- 30 MHz
dist.primeiros mínimos	em +/- 4: < -20 dB
dist.primeiros mínimos	fora dos 4: < -25 dB
"squint angle"	5°
feixe 3 dB	Az: 0.53°, El: 45°
ganho	29.5 dB
VSWR	Fc +/- 30 MHz: < 1.15:1
polarização	linear, VV
comprimento	3.6 m

#### 6.2 Gravação dos Dados

analógica	vídeo cassette
tamanho da palavra	8 bits
tempo de gravação p/ fita	60 minutos

#### 6.3 Unidade de Visualização das Imagens

tempo real	512 x 512 (1028 x 1028)
display	monitor de TV P&B, 12"
cópia em papel	Visicorder (Honeywell)

#### 6.4 Condições de Operação Básica

altitude de vôo	3000 - 10000 ft	
velocidade aerodinâmica	~ 150 Kt	
faixa imageada	3 - 7 Km	
ângulo de depressão	22°	
resolução a 3000 ft	Az (m)	El (m)
$\theta = 10^\circ$	53.3	9.1
$\theta = 40^\circ$	14.4	11.8
$\theta = 65^\circ$	10.2	21.4

**Agradecimentos:** Os autores externam seus sinceros agradecimentos à Divisão de Sistemas Aeronáuticos do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE/CTA), em especial ao Eng. Walter Casellato e sua equipe; à Tecnasa S.A. na pessoa do Sr. Volkmer e colaboradores; e a todos os servidores do INPE e do CTA que colaboraram direta e indiretamente na condução do Projeto.