

# Características e aplicações das imagens SAR na identificação de alvos na Região Amazônica

Gustavo de Oliveira Lopes<sup>1</sup>  
Camila Aparecida Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM  
SPO, Área Especial 5, Bloco K – 70.610-200 - Brasília - DF, Brasil  
gustavo.lope@sipam.gov.br

<sup>2</sup> Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM  
SPO, Área Especial 5, Bloco K – 70.610-200 - Brasília - DF, Brasil  
Camila.lima@sipam.gov.br

**Abstract.** The dynamics and diversity of soil use in the Amazon Region require the use of appropriate technologies that allow tracking these targets throughout the year and with high resolution, as the images generated by SAR. The data from radar tracking programs allow coverage of the earth, with appropriate spatial and temporal resolutions. Aiming to be characteristic of the sensor SAR of R99-B (SIPAM) and some of the applications of SAR images were analyzed images with spatial resolutions of 3, 6 and 18 meters, by means of Visual Selective Classification. The radar uses the microwave region of the electromagnetic spectrum, with a wavelength ranging from 3 to 75 cm. This region is divided into spectral bands that are identified by letters (K, X, C, S, L and P). The SAR is installed in aircraft R99-Bravo and operates on two frequencies: 1.28 GHz - Banda L (HH, HV, VH, VV) and 9.3 GHz - Banda X (HH). These sensors are able to obtain information under various weather conditions, can operate independent of the conditions of sunlight, have target side and carry out its work in high altitudes. These factors allow the use of the SAR for different missions, mainly in the identification of land use. The use of such sensors is strategic for the country and have great potential in carrying out studies focused on the area of remote sensing.

**Palavras-chave:** remote sensing, RADAR, use of soil, sensoriamento remoto, RADAR, uso do solo.

## 1. Introdução

RADAR é um acrônimo de RADio Detection And Ranging (Detecção e Medida de Distância por Rádio).

O radar é um sensor ativo que transmite um sinal de energia eletromagnética, iluminando a superfície ou alvo e registra as respostas retornadas da superfície. Como um sensor ativo, os radares independem do sol e de suas condições e podem operar de dia ou de noite (Henderson e Lewis, 1998).

O uso de dados polarimétricos de radar tem aumentado em estudos de mapeamento de cobertura da terra, principalmente em regiões de floresta tropical ombrófila densa onde trabalhar com dados ópticos é dificultado em virtude da constante cobertura de nuvens nestas áreas (Nepomuceno, 2003).

O regime de uso da terra em florestas tropicais é dinâmico (tempo curto entre uso e abandono); regionalmente heterogêneo (calendário agrícola variável); e de granulação fina (tamanho e quantidade de área em uso dependente da disponibilidade de mão-deobra) (Moran, 1994).

O monitoramento da dinâmica da cobertura da terra requer sensores capazes de observação durante o ano todo e com alta resolução. Os sensores ópticos de alta resolução espacial não são capazes de detectar o dinamismo devido às restrições de aquisição, que restringe o período de observação às épocas de secas. Os sensores de alta resolução temporal têm baixa resolução espacial, o que impede o monitoramento de mudanças realizadas em escala pequena (Nepomuceno, 2003).

Com dados de radares tem-se a possibilidade de desenvolvimento de programas de monitoramento de cobertura da terra, com resoluções temporal e espacial adequadas para o problema em questão, complementares aos programas atuais nacionais e internacionais tais como PRODES e SOS Mata Atlântica (Nepomuceno, 2003).

Este trabalho tem como objetivo apresentar as características do sensor SAR do R99-B (SIPAM) e algumas das aplicações das imagens de Radar para a identificação de alvos na região amazônica.

## 2. Metodologia de Trabalho

As imagens utilizadas neste estudo foram obtidas pelo sensor SAR da aeronave R99-Bravo da Força Aérea Brasileira, disponibilizadas pelo Centro Gestor e Operacional da Amazônia (CENSIPAM), com resoluções espaciais de 3, 6 e 18 metros. O método de análise foi o da Classificação Visual Seletiva, que consiste na identificação visual de alvos, considerando os padrões de respostas apresentados por estes a energia eletromagnética incidente (Moreira, 2005). A área escolhida para o estudo foi a Amazônia Legal, em região de Floresta Amazônica.

Os dados foram obtidos mediante consultas a bibliografia existente sobre o tema.

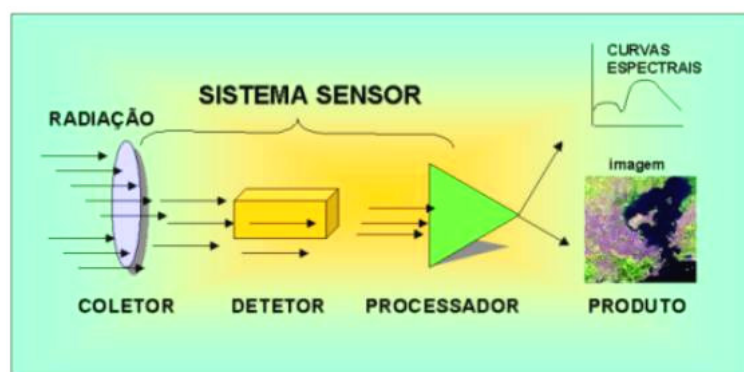
## 3. Desenvolvimento

### 3.1. Sensoriamento Remoto

No entendimento de LILLESAND & KIEFER (1994), o Sensoriamento remoto é a ciência e arte de obter e transmitir informações em torno de um objeto, área ou fenômeno através da análise dos dados obtidos por um sensor que não está em contato com a cena.

A partir do sensoriamento remoto é possível mapear, monitorar e fiscalizar extensas áreas da superfície terrestres com rapidez, se comparado aos mapeamentos realizados com visitas de campo e trabalhar em diferentes escalas, a depender exclusivamente da natureza dos estudos a serem realizados (Meneses e Madeira-Netto, 2001; Ponzoni e Shimabukuro, 2007)

Sensores são aparelhos que detectam e registram a radiação eletromagnética, em determinada região do espectro eletromagnético, transformando-a em imagens digitais, gráficos e tabelas passíveis de análises e interpretações (Moreira, 2005) (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema básico de um sistema sensor. Fonte: Moreira (2005).

A qualidade dos produtos oriundos do sensoriamento remoto depende do objetivo de seu emprego, e está diretamente relacionada a quatro domínios de resolução: espacial ou geométrica, espectral, temporal e radiométrica (Moreira, 2005).

### 3.2. O Espectro Eletromagnético

No espectro eletromagnético, a região de microondas (comprimento de onda de 1 mm a 100 cm) é a utilizada pelos sensores remotos denominados de radar. Para fins de sensoriamento remoto, os comprimentos de onda variam de 3 a 75 cm. A interação da energia contida nesses comprimentos de onda de microondas com a matéria ocorre quase completamente em termos dos princípios do modelo ondulatório, onde o tamanho da onda em relação ao tamanho da rugosidade das superfícies dos materiais é o parâmetro que comanda as intensidades da reflectância, a qual, no caso específico de radar, denomina-se de retroespalhamento. Por este fato, a imagem de radar fornece uma visão bastante diferente da paisagem em comparação com as imagens do visível ou do infravermelho (Meneses, 2004).

A região das microondas é dividida em bandas espectrais que são identificadas por letras, conforme apresentado no quadro 1.

**Quadro 1.** Comprimentos de onda e frequências das bandas do sensor radar.

Banda	Comprimento de Onda (cm)	Frequência (GHz)
K	0,8 – 1,7	40 – 18,5
X	2,4 – 3,8	12,5 – 8
C	3,8 – 7,5	8 – 4
S	7,5 – 15	4 – 2
L	15 – 30	2 – 1
P	30 – 100	1 – 0,3

A denominação SAR (Synthetic Aperture Radar – Radar de Abertura Sintética) refere-se a um sistema que emprega uma antena pequena, que por meio de técnicas de registros e de processamentos conseguem reproduzir o efeito de uma antena grande. O resultado deste modo de operação é uma largura estreita e efetiva do feixe da antena, sem requerer fisicamente uma antena de grandes proporções. Por exemplo, em um sistema de abertura sintética, uma antena com 10 metros pode sintetizar o tamanho de uma antena real de 600 metros (Meneses, 2004).

### 3.3. Descrição do Sistema SAR do R99-B

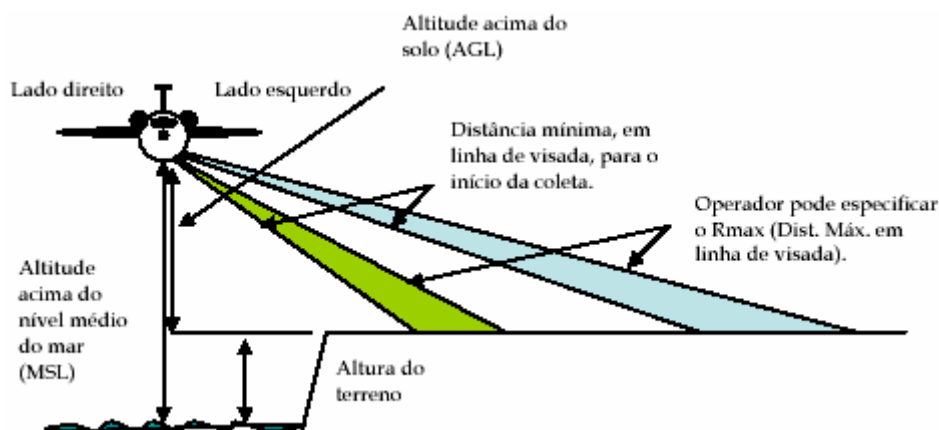
O SAR se encontra instalado em aeronaves R99-Bravo (Figura 2) e opera em duas frequências: Banda L (1.28 GHz) e Banda X (9.3 GHz). O subsistema da Banda L tem a capacidade de transmitir e receber tanto na polarização vertical (V) quanto na horizontal (H). O subsistema da Banda X só transmite e recebe na polarização horizontal.



**Figura 2.** Sensores SAR instalados na aeronave R99-Bravo.

Existem duas antenas para a Banda L e duas para a Banda X. As antenas da Banda L são fixas nas laterais do R99-B, sendo uma utilizada para a aquisição no modo "Stripmap" com visada para a esquerda e a outra, para a aquisição neste modo, com visada para a direita. As antenas da Banda X são montadas em um pedestal abaixo da fuselagem da aeronave.

Os dados SAR coletados são armazenados em fitas de alta densidade (fitas DCRsi). Os 25 modos de operação disponíveis para o SAR (utilizando as bandas L e X) são modos de visada lateral que realizam o mapeamento de faixas do terreno (Figura 3).



**Figura 3.** Geometria do modo de mapeamento SAR em faixas.

Para as faixas obtidas com a Banda L existem quatro polarizações disponíveis: HH, HV, VV, VH. Para a Banda X só existe a polarização horizontal HH. A primeira letra designa a polarização transmitida e a segunda letra designa a polarização recebida.

### 3.4. Sensores Imageadores de Radar (SAR)

O SAR utiliza ondas para detectar a presença de objetos e determinar a sua posição. Diferente da iluminação solar, que envolve o envio de radiação paralelas e contínuas de luz sobre uma superfície, o SAR envia séries descontínuas de pulsos de fótons de uma fonte pontual, que se espalha sobre o terreno como um feixe angular (Meneses, 2004).

As seguintes propriedades caracterizam os sensores imageadores SAR (Ulaby et al., 1982):

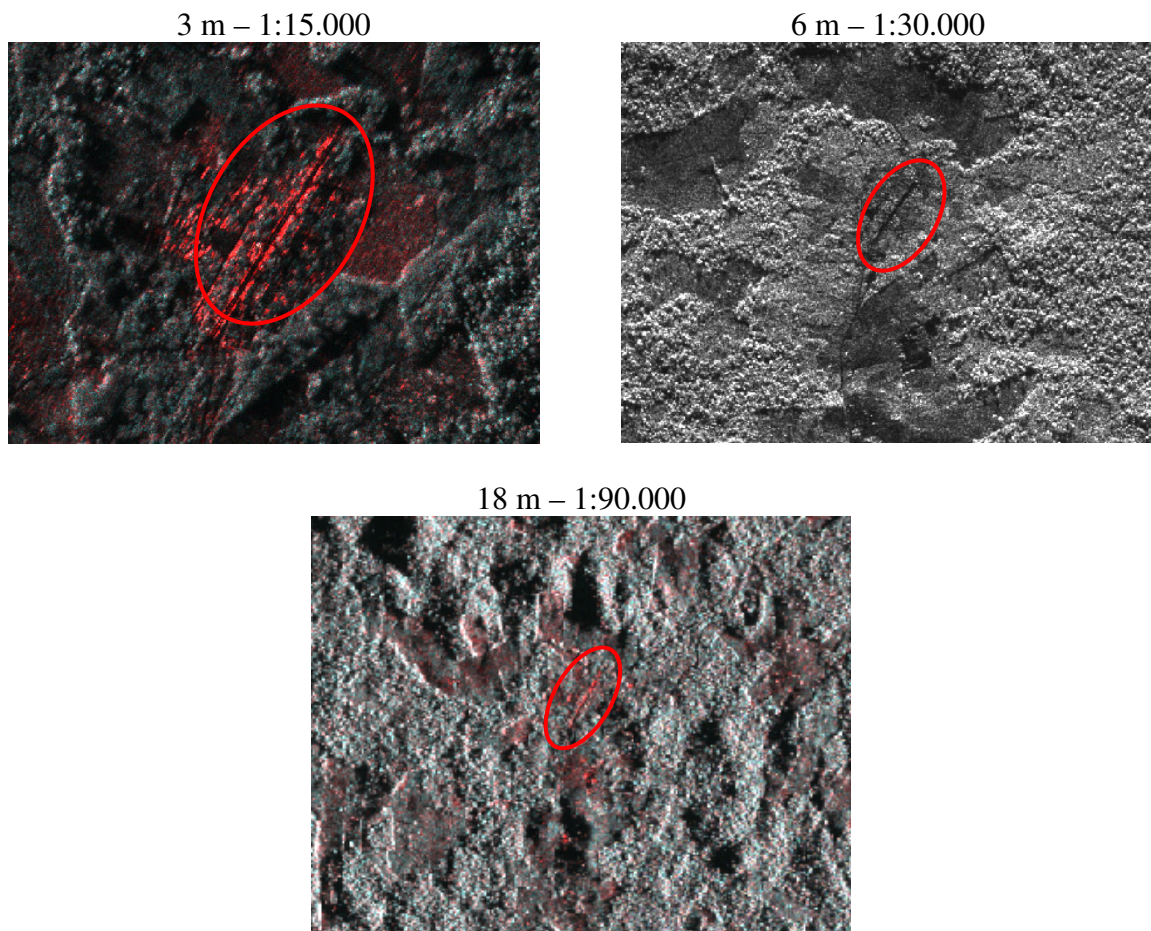
- ❖ A radiação de microondas é capaz de penetrar a atmosfera sob quase todas as condições, isto é, sob presença de nuvens, fumaças, neblinas ou chuvas fracas a moderadas. Isto se dá, em parte, devido à pequena quantidade de energia contida nesses comprimentos de onda de microondas, insuficientes para interagir ao nível dos átomos ou moléculas dos materiais;
- ❖ Os sensores de microondas são ativos, isto é, possuem a sua própria fonte de radiação eletromagnética e, por isto, podem operar em qualquer hora do dia, independente das condições de iluminação solar;
- ❖ A reflexão de microondas dos materiais terrestres guarda pouca relação com a reflexão no visível e no infravermelho;
- ❖ Complementam as informações em relação a outros sensores, dado que as informações disponíveis nas microondas são diferentes daquelas disponíveis nas regiões do visível e infravermelho;
- ❖ São denominados radares de visada lateral, devido ao apontamento lateral das antenas em relação a trajetória de voo.

### 3.5. Características das Imagens SAR

#### 3.5.1. Resoluções espaciais e largura da faixa de imageamento

Resolução espacial é a capacidade que o sensor possui para discriminar objetos em função do seu tamanho. As medidas de resolução espacial dos sensor de radar mais complexas que as dos sensores multiespectrais e termais. O elemento ou célula de resolução espacial de um radar de visada lateral é controlada por dois parâmetros independentes: a) comprimento do pulso, que é determinado pela duração de tempo que a antena emite os pulsos de energia; e b) largura do feixe da antena. Como são parâmetros independentes, cada um deles determina uma resolução espacial (Meneses, 2004).

O SAR do R99-B apresenta três possibilidades de resolução espacial, que variam de acordo com o modo e com a largura da faixa de imageamento (Quadro 2). A variação da resolução espacial resulta na geração de imagens com maior ou menor nível de detalhes (Figura 4).



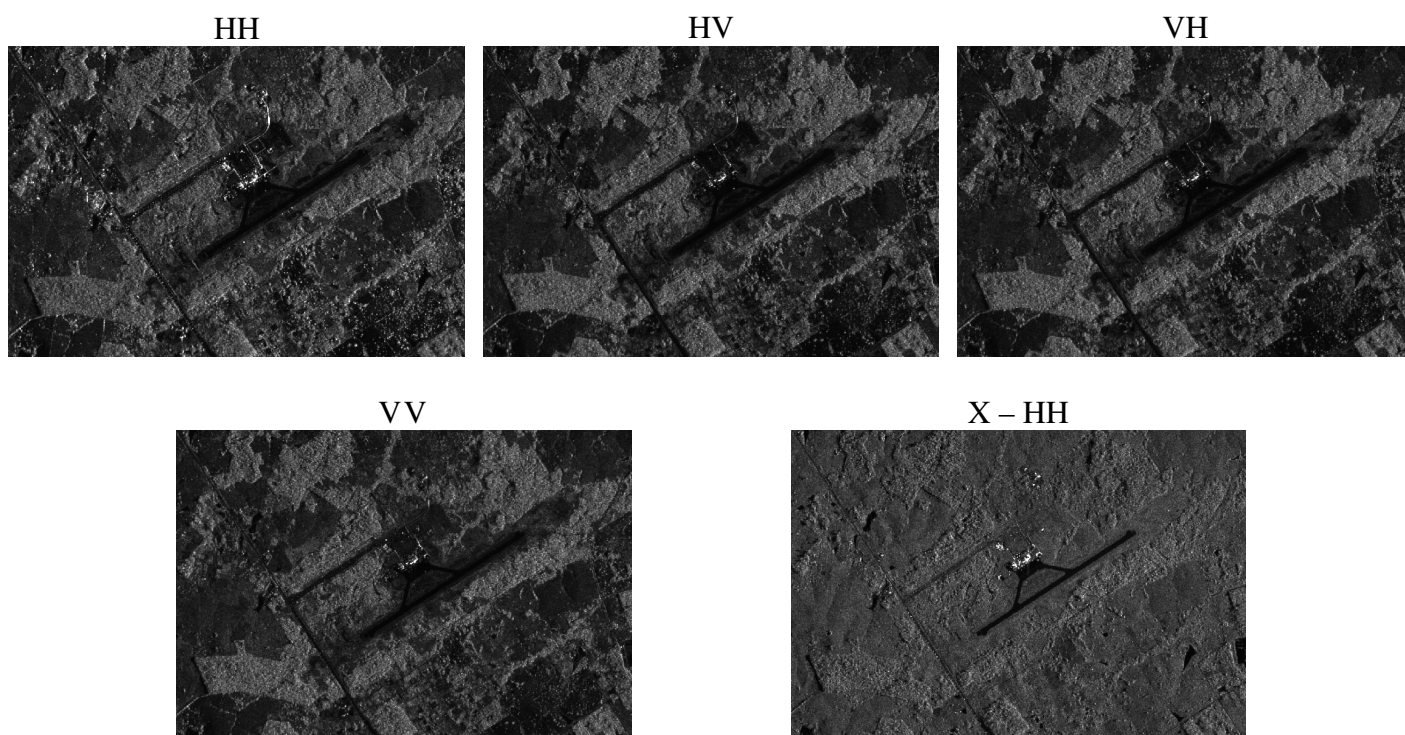
**Figura 4.** Comparações entre as resoluções espaciais do SAR (3, 6 e 18 m) na identificação de aeródromo não catalogado no estado do Pará. O elipsóide indica o alvo.

**Quadro 2.** Modos de imageamento, resolução espacial e largura da faixa de obtenção de dados do sensor SAR do R99-B.

Modo de Imageamento	Resolução espacial (m)	Largura da faixa (km)
L + X	3	20
	6	40
	18	120
Dual L + X	3	20
	6	40
	18	120
Quad L + X	3	10
	6	20
	18	60

### 3.5.2. Polarizações

Os tons das imagens de radar podem variar de uma ou outra maneira sistemática. Quanto um pulso de energia é emitido pela antena, o vetor do seu campo elétrico pode ser controlado para vibrar em uma direção horizontal (H) ou vertical (V), dependendo do desenho da antena. A maioria dos pulsos é plano polarizado, o que quer dizer que se o pulso foi emitido na direção H, o retorno do pulso também será registrado na direção H. Diz-se então que a polarização é HH. Da mesma maneira, tem-se a polarização plano paralela VV e as variações entre elas (Figura 5).

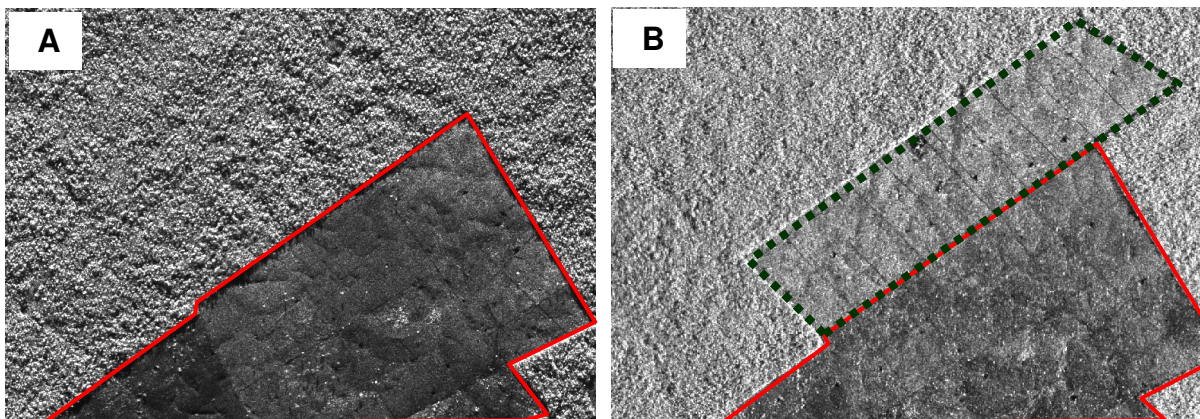


**Figura 5.** Amostras das polarizações do SAR. Aeroporto Presidente Médice (AC).

### 2.6. Utilização de Imagens de Radar

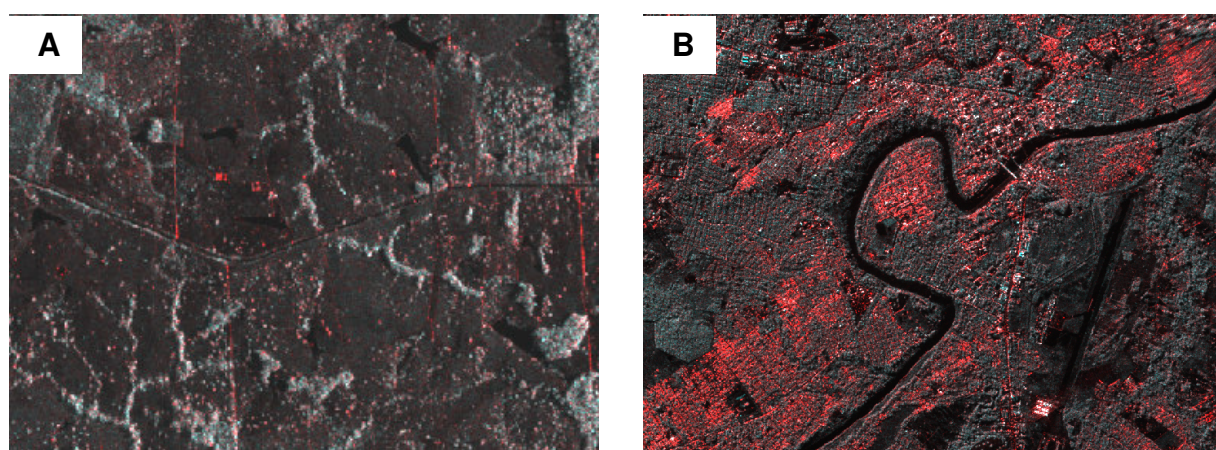
Diversas são as aplicações das imagens SAR, sendo algumas delas expostas a seguir:

- ❖ Realização de análises multitemporais, o que possibilita a identificação de alterações nos usos e ocupações do solo em uma determinada região de interesse (Figura 6);



**Figura 6.** Expansão de desmatamento identificado por análise multitemporal de imagens SAR. Imagem A: — área desmatada. Imagem B: — área desmatada; ..... área de desmatamento recente.

- ❖ A possibilidade de obtenção de imagens a elevadas altitudes de vôo (30.000 a 37.000 ft. ou 9.140 a 11.277 m), a utilização de radares de visada lateral e a possibilidade do sensor operar independente das condições de iluminação solar, dificultam a identificação da aeronave e de suas atividades de imageamento por parte de elementos hostis, corroborando para o desenvolvimento de missão que requerem grau de sigilo;
- ❖ O ângulo de incidência próximo à vertical dos radares de visada lateral, faz com que este seja sensível a inclinação e a textura do terreno e as sombras. Este fato permite a definição das características do relevo da região com maior precisão. Esta informação é essencial para o planejamento e execução de missões de campo;
- ❖ A produção das imagens em diferentes tipos de energia polarizada (HH, HV, VH, VV), permite a diferenciação de alvos mediante a combinação das polarizações (Figura 5);
- ❖ A identificação de diferentes tipos de uso do solo, tais como, ocupações urbanas, aeródromos, vias de acesso, corpos d'água, desmatamentos, minerações e culturas agrícolas, contribuindo com o controle destes espaços e possibilitando o planejamento e a execução de missões de campo (Figura 7);



**Figura 7.** Imagem A: Via de acesso inserida em área desmatada. Imagem B: cidade de Rio Branco (AC). Composição de bandas RGB: HH, VH, HV.

- ❖ Imagens com alta resolução espaciais permitem a geração de informações detalhadas, enquanto que imagens com baixa resolução espaciais agregam uma quantidade menor de informações.

#### 4. Conclusões

A utilização do sensor SAR do R99B (SIPAM) é estratégica para o país, tendo em vista proporcionar grande independência de organizações internacionais detentoras de tecnologias similares de geração de imagens, além da versatilidade e a agilidade na obtenção de dados, permitindo a tomada de decisão em curtos períodos de tempo.

As imagens SAR apresentam grande potencial na execução de estudos voltados para a área de sensoriamento remoto.

#### Agradecimentos

Ao CENSIPAM por ter disponibilizado as imagens SAR para este trabalho.

#### Referências Bibliográficas

Henderson, F. M.; Lewis, A. J. Radar. In: **Manual of remote sensing: principles and application of imaging radar**. New York: John Wiley & Sons, 1998. v. 2, Cap. 1, p. 1-6.

Lillesand, T e Kiefer, R. **Remote sensing and image interpretation**. New York, United States of America: John Wiley & Sons. 3ª Edition. 1994. 750p.

Meneses, P. R. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília. Brasília – DF: Departamento de Geociências. Brasília. Texto Universitário. 2004.

Meneses, P. R.; Madeira Netto, J. S. **Sensoriamento remoto. Reflectância dos alvos naturais**. Universidade de Brasília. Brasília – DF. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 2001. 262p.

Moran, E. F. Adaptabilidade do homem aos trópicos úmidos. In: **Adaptabilidade Humana: uma introdução à antropologia ecológica**. São Paulo: EDUSP, 1994. v. 10, Cap. II-9, p. 303-350.

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3a ed. UFV. Viçosa – MG, 2005. 320p.

Nepomuceno, A. M. **Uso de rede neural artificial não supervisionada na classificação de dados de radar na banda-p para mapeamento de cobertura da terra em floresta tropical**. 2003 197p. (INPE-10236-TDI/901). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.

Ponzoni, F.J. e Shimabukuro, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 150p.

Ulaby, F. T.; Moore, R. K.; Fung, A. K. Real-Aperture Side-Looking Airborne Radars. In: **Microwave Remote Sensing: Active and Passive**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1982. v. 2, Cap. 8, p. 562-628.