
UTILIZAÇÃO DE DADOS DE RADAR PARA O ESTUDO DE FLORESTA

• **Pedro Hernandez Filho, Yosio Edemir Shimabukuro**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - C.P. 515, São José dos Campos, SP, 12201-970 - pedro@ltid.inpe.br - yosio@ltid.inpe.br

RESUMO - O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais tem acompanhado a evolução dos sistemas de radares para fins de estudos do meio ambiente. Vários programas espaciais têm fornecido sistemas de radares, tais como ERS, JERS, Radarsat e outros e tem disponibilizado estes dados para a comunidade científica. Este trabalho pretende apresentar os sistemas de radares disponíveis, em operação, bem como visa divulgar algumas aplicações destes dados em áreas ocupadas por florestas tropicais

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm sido lançadas várias plataformas espaciais transportando sistemas sensores que operam na região de microondas do espectro eletromagnético. A energia nessa região do espectro pode penetrar nuvens e até uma certa intensidade de chuvas. Portanto, esses sistemas sensores conhecidos como radar permitem obter dados da superfície terrestre sob estas condições desfavoráveis à aquisição de imagens. O sistema radar, pelo fato de ser um sensor ativo (produz a sua própria fonte de iluminação), pode operar tanto durante o dia como a noite. Como o Brasil possui uma grande parte do seu território localizado em regiões tropicais, e por isso apresentando dificuldades para obtenção de informações livres de cobertura de nuvens através de sensores óticos, o radar apresenta-se como um sistema valioso para o levantamento destas áreas. O objetivo deste trabalho é apresentar os sistemas de radares disponíveis e citar algumas aplicações destes dados em áreas ocupadas por florestas tropicais.

2. CARACTERÍSTICAS DOS DADOS DE RADAR

A interpretação de imagens de radar pode produzir informações valiosas que não estão disponíveis nas regiões do visível ou do infravermelho próximo do espectro eletromagnético. A maioria dos radares em sensoriamento remoto operam no intervalo de comprimento de ondas de 0,5 cm a 133 cm. Neste intervalo tem sido definidas certas bandas que são identificadas por letras. As bandas mais conhecidas são: banda X que usa o intervalo de comprimento de ondas de 2,4 a 3,8 cm (12,5 a 8Ghz); banda C que usa o intervalo de comprimento de ondas de

3,8 a 7,5 cm (8 a 4 Ghz); banda S que usa o intervalo de comprimento de ondas de 7,5 a 15 cm (4 a 2 Ghz); banda L que usa o intervalo de comprimento de ondas de 15 a 30 cm (2 a 1Ghz); e banda P que usa o intervalo de comprimento de ondas de 75 a 133 cm (225 a 400 Mhz). A figura 1 ilustra a interação das bandas L, C e X com uma área de floresta. Observa-se que quanto maior o comprimento de onda maior é a penetração na floresta e maior é a informação de sua estrutura. Além disso, os radares são feitos para transmitir radiação com polarização vertical ou horizontal e da mesma maneira podem receber a radiação com polarização vertical ou horizontal. Portanto a polarização de uma imagem de radar pode ser HH (transmitida e recebida com polarização horizontal), VV (transmitida e recebida com polarização vertical), HV (transmitida com polarização H e recebida com polarização vertical) e VH (transmitida com polarização vertical e recebida com polarização horizontal). Quando a radiação transmitida e recebida estão na mesma polarização são chamadas de "co-polarização" e quando a polarização da radiação recebida é oposta a da radiação transmitida é chamada de "polarização- cruzada". Os radares em aeronaves podem operar tanto em "polarização-cruzada" e/ou "co-polarização" porque eles estão mais próximos dos alvos, mas os radares em satélites geralmente usam "co-polarização" porque os sinais "polarização-cruzada" implicam em satélites mais sofisticados e caros.

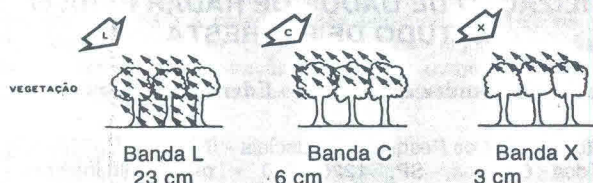


Fig. 1. Possibilidade de penetração de radar multifrequência através da vegetação.

3. MISSÕES DE RADAR

O primeiro sistema de coleta de dados de radar, denominado de radar de visada lateral (SLAR) foi desenvolvido no início da década de 1950 para propósitos militares. Estes radares eram conhecidos como radares de abertura real. Os primeiros usos de cunho científico de radares de abertura real (SLAR) foram para o mapeamento cartográfico e geológico. O retorno do sinal do radar é sensível à declividade de superfície, rugosidade de superfície e à presença de água. A principal desvantagem para o uso do SLAR é que sua resolução ao longo do percurso do terreno é limitado pelo comprimento da antena. Esta limitação incentivou o desenvolvimento de sistemas radares que permitissem acoplar antenas que permitissem melhores resoluções as quais foram denominadas radar de abertura sintética (SAR).

Nos últimos anos, algumas missões com sistemas SAR, com diferentes polarizações, bandas, resoluções e ângulos de visada, tem sido programadas e realizadas em diferentes partes do mundo.

3.1. Missão SAREX'92 (South American Radar Experiment)

No âmbito de um projeto de cooperação Canadá/ Brasil e com o suporte financeiro da Agência Espacial Européia (ESA) e da Agência de Desenvolvimento Internacional do Canadá (CIDA), foi efetuada em abril de 1992, uma campanha com o SAR-580 aerotransportado, para a obtenção de dados radar em banda C, polarização HH e VV, na região Amazônica. O objetivo do SAREX foi coletar um conjunto de dados a serem usados na preparação para as missões RADARSAT e ERS-1. Foram obtidos dados sobre o Brasil (Pará e Acre), Venezuela, Guiana, Guiana Francesa, Colômbia e Costa Rica. Durante a operação da missão SAREX no Brasil a aeronave operou numa altitude de 6 km, usando a banda C, em dupla polarização (HH e VV) e 3 modos de imageamento diferenciados pelos ângulos de visada, resolução espacial e área do terreno a ser coberta.

3.2. Missão SIR-C

A missão SIR-C (Spaceborne Imaging Radar-C) é uma missão usada para um instrumento de radar construído para voar no Space Shuttle e registrar dados da superfície da Terra. O SIR-C voou na espaçonave Space Shuttle Endeavour em abril e maio de 1994. As imagens de radar geradas pelo SIR-C estão sendo analisadas por cientistas de todo o mundo para ajudar a compreender alguns processos que afetam o meio-ambiente, como, o desflorestamento na Amazônia, desertificação no Saara e a retenção de umidade pelo solo no meio-este dos Estados Unidos. A grande contribuição do SIR-C é permitir a observação e o monitoramento da superfície da Terra em diferentes comprimentos de ondas (24 cm, 6 cm e 3 cm), e em medidas em diferentes polarizações.

3.3. Sistemas SAR em programas espaciais

Na década de 90 tem sido estabelecidos vários programas espaciais com sistema SAR. Estes programas foram concebidos para obter dados de várias partes do mundo, inclusive do Brasil, cujo acesso aos dados é assegurado através de programas de cooperação científica entre os países responsáveis pelo lançamento desses satélites e as instituições brasileiras, como caso do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A Tabela 1 apresenta algumas características do SAR a bordo dos satélites em operação e a serem lançados no futuro.

Tabela 1. Características do SAR em programas espaciais

Parâmetro	Seasat (US)	ALMAZ (USSR)	ERS-1 (ESA)	JERS-1 (JAPÃO)	Radarsat (Canadá)	ERS-2 (ESA)
Ano do lançamento	1978	1991	1991	1992	1995	1994
Resolução (m)	25	15-30	25	20	28	25
Largura da faixa (Km)	100	40	100	75	50-500	100
Frequência (GHz)	1,28(L)	3(S)	5,3(C)	1,3(L)	5,3(C)	5,3(C)
Polarização	HH	HH	VV	HH	HH	VV
Ângulo de incidência	22°	30°-60°	23°	35°	20°-45°	23°
Comprimento da antena (m)	10,74	15	10	12	14	10
Altitude (Km)	800	300	784	568	800	785

4) Aplicações em florestas tropicais

Sanden e Hoekman (1993) utilizaram dados SAR aerotransportado, bandas X e C, para identificar tipos de cobertura florestal, na região da Guiana. O retroespalhamento de radar oferece poucas possibilidades. Dados da banda X são mais sensíveis a textura do que dados correspondentes da banda C. Os dados da polarização HH oferece melhores possibilidades do que das polarizações VH ou VV.

No Estado do Acre a interpretação preliminar da imagem C-SAR, faixa larga, indicou a possibilidade de detectar a rede de drenagem, planícies aluviais, várzeas e grandes feições de relevo. Áreas desmatadas grandes e médias são claramente distinguidas por causa de sua textura lisa que contrasta fortemente com a textura rugosa do dossel da floresta original bem como em função dos padrões geométricos distintos dos projetos agropecuários (Ahern, et al., 1992).

Shimabukuro et al. (1993) analisaram a banda C, polarização HH, faixa larga, da missão SAREX, na região da Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, e distinguiram tipos de florestas assentadas em topografias diferentes.

Hernandez Filho et al. (1994) utilizaram produto fotográfico da banda C, polarização HH, da missão SAREX, da Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, conseguindo separar três tipos de floresta, áreas de regeneração e áreas de uso agrícola do solo.

Conway e Estreguil (1995) avaliaram dados multi-temporais ERS-1 para mapear áreas de florestas tropicais na Nova Guiné. Utilizando métodos de análise visual e digital foi possível separar dois tipos de florestas.

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem celebrado acordos de cooperação científica com os países que desenvolvem programas espaciais (ERS-1, ERS-2, JERS, Radarsat) voltados para obtenção e análise de dados SAR. Esforços têm sido direcionados na tentativa de avaliar as possibilidades da aplicabilidade de dados SAR, no estudo do meio-ambiente. Os resultados desses estudos têm sido apresentados em simpósios e em revistas especializadas de sensoriamento remoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahern F. J.; Kux, H.J.H.; Salcedo, R. Pietsch, R.W. An evaluation of C-Band to detect openings in moist tropical forests. In: Final results Workshop for SAREX'92. Paris, 6 a 8 de dezembro de 1993, pp 57- 69.

Conway J; Estreguil, C. Evaluation of multi-temporal ERS-1 data for tropical forest mapping in Papua New Guinea. In: Proceeding of IGARSS'95, V.III, Firenze, Italy, pp 2186-2188.

Hernandez Filho, P.; Dutra, L. V.; Grover, K.; Amaral, S. A.; Quegan, S. Land cover discrimination using SAREX data. In: Proceeding of IGARSS'94, V.II, Pasadena, California, USA , pp 1074-1075.

Sanden, J. J. Van der e Hoekman D. H. Identification of tropical forest cover types using X-and C-Band airborne SAR data. 16º Canadian Symposium on Remote Sensing. Sherbrooke, Quebec, June, 7-10, 1993.

Shimabukuro, Y. E.; Hernandez Filho, P.; Lee, D. C .L.; Ahern, F. J.; Santos Filho, C. P.; Almeida, R. R. Evaluation of C-band SAR data from SAREX'92: Tapajós study site. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, 10-14 de maio de 1993.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO AMAPÁ

• Marco Antonio A. Chagas

Geólogo - SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente - Av. Mendonça Furtado, 053 - Centro - CEP. 68.900-060 - Macapá-AP - Tel. (096) 223.5771 / Fax.(096) 223.5731

ABSTRACT. - This paper to emphasize the actual stage of the environment preservation of Amapá, describes the Conservation Units Sistem implemented in the region and its relation to the territorial distribution on the predominant ecosystems.

1. A AMAZÔNIA E O AMAPÁ

O processo desordenado de ocupação da Amazônia vêm gerando impactos sócio-econômicos e ambientais indesejáveis. Segundo as problemáticas imagens do satélite Landsat, estima-se que 10% da floresta amazônica brasileira já foi alterada por atividades humanas. Para reverter esse quadro, o Governo Federal lançou o Zoneamento Ecológico-Econômico-ZEE e o Sistema de Vigilância da Amazônia-SIVAM, ambos com objetivo de proteção ambiental e controle sobre o território amazônico, ambos com o estigma do fracassado planejamento governamental e dos interesses escusos.

Nesse contexto, os Países considerados "ricos", por detarem o poder na economia-mundo, vêm interferindo na gestão amazônica, através da injeção de vultuosos recursos destinados a redução da taxa de desmatamento das florestas da Amazônia, reconhecendo assim, suas culpas por grande parte dos desequilíbrios ambientais globais.

A grande extensão territorial da Amazônia (60% do território nacional) e as múltiplas diferenças sócio-culturais de sua população, constituem realidades que impõem desafios ao planejamento estratégico e por conseguinte, frustra as tentativas dos Governos em implantarem na região modelos de desenvolvimento copiados de outros centros, confirmando a tese de que "a realidade nunca está errada e sim o modelo!"

No cenário nacional e internacional, a Amazônia tem sido conhecida por imagens de destruição ambiental e conflitos sociais: "queimadas no Pará, invasão de terras indígenas em Roraima, desmatamento em Rondônia, exploração indiscriminada da fauna no Amazonas, assassinato de seringueiros no Acre, etc."

Pelo fato de não ter se transformado em fronteira em expansão, ilhado do continente amazônico, o Amapá difere desse contexto. Um Estado de 143.453,7 km², equivalente as dimensões territoriais da Inglaterra, rico em recursos naturais e com apenas 1% de área desmatada em relação a sua cobertura florística original.

Até então, o Amapá somente era conhecido no cenário econômico global pelas suas minas de manganês da região de Serra do Navio, cujo minério abasteceu durante 50 anos a indústria metalúrgica mundial. Hoje, o Amapá é o principal produtor nacional de caulim (matéria-prima mineral usada no processo de branqueamento do papel).

Além de rico em recursos minerais, o Amapá detém amostras de vários ecossistemas brasileiros e, em seu território estabeleceu-se um Sistema de Unidades de Conservação representativo de várias categorias de manejo. O atual estado de conhecimento sobre a biodiversidade da região, tanto aquelas úteis hoje, quanto aquelas que poderão vir a ser úteis no futuro, é ainda insignificante. As Unidades de Conservação constituem a base para implementação de políticas voltadas para um melhor conhecimento desses valores.

2. ECOSSISTEMAS PREDOMINANTES

Entre os ecossistemas predominantes no Amapá, destacam-se: I) a floresta de terra firme, ocupando 70% do território amapaense e em excelente estado de preservação; II) a floresta de várzea, com 4,8% e marcada pela presença de palmeiras, com destaque para a *Euterpe oleracea* Mart. (açazeiro), espécie de cujos frutos se extrai o açaí, importante componente da dieta alimentar do homem amazônida; III) o cerrado, com 6,5%, ocorrendo em forma de uma cunha norte-sul (encrave) e apresentando diferenciações florísticas ao longo de sua distribuição; IV) o campo de várzea, com 11,7%, usado extensivamente para a prática da bubalinocultura (criação de búfalos) e onde concentra-se a ocorrência de vários lagos temporários e permanentes; V) o manguezal, com 2%, distribuído ao longo da costa amapaense, apresentando nesta região o maior desenvolvimento estrutural de sua vegetação quando comparado a outras regiões do País, com bosques de 15 a 25 metros de altura e tendo como principais tipos: o siriubal (*Avicenia germinans* Jacq.), o tintal (*Laguncularia racemosa* Gaertn.) e o mangal (*Rhizophora* spp.), ambiente típico do carangueijo, espécie de crustáceo bastante apreciado na culinária regional.

3. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

O Brasil possui 320.000 km² de Unidades de Conservação, o que corresponde a 3,7% da superfície total brasileira. A Amazônia detém 282.000 km² desse total (7,3% da região norte). Esse valores indicam que a Amazônia detém 88% das Unidades de Conservação ocorrentes no País.

No Amapá, as Unidades de Conservação abragem 21.918km² (Tab. 01). Esses dados, correspondem a 15,6% da superfície total do Estado. Quatro vezes mais que a média nacional e o dobro da média da região norte (Fig. 01).

Tabela 01 - Unidades de Conservação no Amapá

Nº	USO	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	ÁREA (km²)
01	INDIRETO	Parque Nacional do Cabo Orange	6.190
02		Estação Ecológica das Ilhas Maracá-Jipióca	720
03		Reserva Biológica do Lago Piratuba	3.570
04		Estação Ecológica do Jari	2.271
05		Reserva Biológica do Parazinho*	01
06	DIRTETO	Floresta Nacional do Amapá	4.120
07		Reserva Extrativista do Rio Cajari	4.816
08		Área de Proteção Ambiental do Curiaú*	230
TOTAL			21.918

* Unidade de Conservação Estadual.

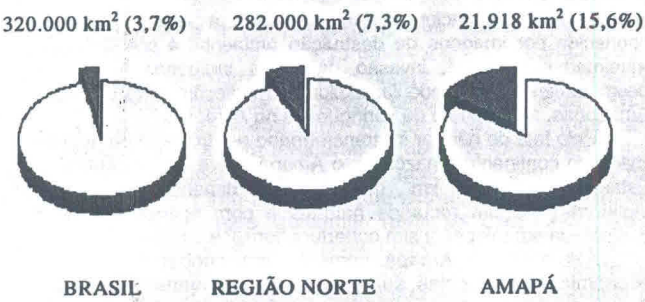


Fig. 01 - Distribuição Territorial das Unidades de Conservação.

Quanto a sua representatividade, a Tabela 02 mostra a performance das Unidades de Conservação por amostragem de ecossistemas.

Tabela 02 - Ecossistemas e sua Distribuição pelas Unidades de Conservação

ECOSSISTEMA	ÁREA		UNIDADE DE CONSERVAÇÃO			
	(km ²)	%	Uso Indireto (km ²)	%	Uso Direto (km ²)	%
Floresta de Terra Firme	107.590	75,0	186	0,2	8.275	7,9
Campo de Várzea	16.784	11,7	5.140	31,3	586	3,6
Cerrado	9.324	6,5	18	0,2	0	0
Floresta de Várzea	6.886	4,8	656	9,7	775	11,5
Manguezal	2.869	2,0	2.062	73,0	0	0
TOTAL	143.453	100,0	8.247	-	9.894	-

Fonte: IRDA (1993), adaptado. Não inclusos: Estação Ecológica do Jari e Unidades Estaduais.

As Unidades de Conservação, somados aos percentuais das Áreas Indígenas ocorrentes no Amapá, elevam os índices de ocupação territorial para 24,2% (Fig. 02).

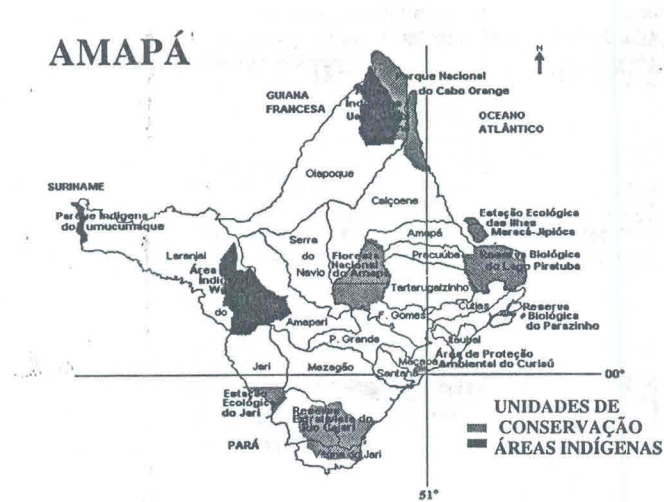


Fig. 02 - Unidades de Conservação e Áreas Indígenas do Amapá

As Unidades de Conservação do Amapá constituem um sistema de múltiplas alternativas de uso sustentável e de preservação ambiental, ressentindo, nesse momento, de uma efetiva gestão das Instituições responsáveis, no sentido de consolidar os respectivos zoneamentos, planos de manejo e demais instrumentos de ordenação territorial.

Esses instrumentos, devem extrapolar a simples consolidação de informações do meio físico e sócio-econômico, gerar estratégias definidas de gestão, principalmente nos campos da pesquisa e da educação ambiental.

4. REFERÊNCIAS

BRASIL/CIMA. O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. Relatório do Brasil para a CNUMAD. Brasília, 1991.

IRDA. Subsídios para o Zoneamento Econômico-Ecológico do Amapá: Uma Análise das Unidades de Conservação Biológicas. Série Técnica. Macapá, 1993.

RABELO, Benedito Vitor & CHAGAS, Marco Antonio Augusto. Aspectos Ambientais do Amapá. SEPLAN/IEPA. Macapá, 1995.