

USO DE CALIBRAÇÃO DE DADOS AVHRR/NOAA COM DADOS TM/LANDSAT,
NO MONITORAMENTO DA COBERTURA FLORESTAL DA AMAZÔNIA ORIENTAL
ÁREA TESTE: REGIÃO DE MARABÁ-PARÁ

Ivan de Oliveira Pires
Laboratório de Sensoriamento Remoto
Instituto de Geociências - UFF
Campus da Praia Vermelha, s/nº
24.000 Niterói, RJ
BRASIL

Thomas A. Stone, Peter Schlessinger, I. Foster Brown
The Woods Hole Research Center
Remote Sensing Laboratory
P.O. Box 296
02543 Woods Hole, Mass.
USA

RESUMO

O monitoramento de grandes áreas em regiões tropicais como a Amazônia, apresentam uma série de desafios operacionais para a utilização do sensoriamento remoto. Um desses desafios é sem dúvida a presença constante de nuvens sobre essas áreas bem como a fumaça originada das queimadas. A utilização de imagens de alta resolução como as do TM-Landsat e Spot por sua vez demandariam além de enorme quantidade de cenas, volumoso trabalho no seu processamento e interpretação além de baixa repetitividade em relação a dinâmica climática dessa área.

Este trabalho apresenta alguns resultados na tentativa de utilização de cenas AVHRR da série NOAA no monitoramento das taxas de desmatamento na Amazônia, área teste da região de Marabá-PA, a partir de calibração com cena TM-Landsat. Estes resultados ainda iniciais, estimulam a demanda de esforços no sentido de se viabilizar esse tipo de procedimento em área tão extensa e de dinâmica complexa como a Amazônia.

ABSTRACT

Monitoring of great tropical regions like the Amazon represents a series of operational challenges for remote sensing utilization. One of these challenges, there is no doubt, is the constant presence of clouds and smoke from the burnings. Using of images of high resolution such as the TM/LANDSAT and SPOT ones would mean an enormous amount of images, a lot of processing and interpretation work besides the low repetitivity in relation to dynamic climate of this area.

The present work gives some results in the attempt of using image AVHRR of the series NOAA in monitoring the rate of deforestation in the teste site region of Marabá-PA, east Amazon, using TM/LANDSAT calibration. Although these results are only the beginning stages they show the necessity on increasing the efforts and work in this procedure in large and complex area like this.

1. INTRODUÇÃO

Produtos como os da série Landsat, embora de alta resolução espacial (30 metros), apresentam limitações no monitoramento de regiões tropicais como a Amazônica devido a sua baixa periodicidade (16 dias) e estreita largura de recobrimento (185 Km). Essa baixa periodicidade aumenta a probabilidade da presença de nuvens e fumaça da queimadas. Já devido a estreita faixa de cobertura, demanda um grande número de cenas (150 a 200) e conseqüentemente um exaustivo e caro trabalho de interpretação. Por outro lado, segundo Malingreau e Tucker (1988), os produtos da série AVHRR/NOAA recobrem a área atualmente, até duas vezes ao dia (AVHRR 10 e 11) aumentando a possibilidade de se obter cenas sem grande comprometimento de cobertura de nuvens. Contudo esse tipo de produto só permite o monitoramento em larga escala devido a sua baixa resolução espacial (1,1 Km).

Objetivo do trabalho

Este trabalho tem como objetivo, testar a viabilidade do uso de imagens AVHRR/NOAA, no monitoramento da cobertura vegetal na Amazônia, a partir da calibração com imagem TM/LANDSAT. A idéia é otimizar a alta periodicidade e o baixo custo de cenas AVHRR, para o processamento de informações em escala regional em regiões de grande extensão de cobertura florestal.

Principais características do AVHRR/NOAA

As primeiras gerações dos satélites da série NOAA, que teve seu início ainda na década de 60, tinham como objetivo principal a geração de dados meteorológicos. O seu sensor principal então VHR (Very High Resolution Radiometer) transmitia dados em duas bandas do espectro eletromagnético: 0.6 - 0.7 μm (visível) e 10.5 - 12.5 μm (infravermelho termal). A partir da terceira geração dessa série iniciando com o NOAA 6, mudanças de grande interesse para os ambientalistas foram introduzidas como:

órbita quase circular, heliossíncrona, polar 98.9°, similar à do Landsat, e com 830 Km de altitude.

O sensor atual AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), com IFOV médio de 1.4 mrad, o que proporciona uma largura de recobrimento de 2400 Km, resolução espacial nominal de 1.1 Km e 5 bandas eletromagnéticas (Curran, 1985). A tabela 1 a seguir, discrimina essas bandas, as compara com as bandas TM/LANDSAT e apresenta outras características, baseadas em Jensen (1986) e Pereira e Setzer (1986).

TABELA 1
COMPARAÇÃO ENTRE OS SENSORES
TM/LANDSAT e AVHRR/NOAA

AVHRR/NOAA		TM/LANDSAT	
BANDA	(μm)	BANDA	(μm)
		1	0.45-0.52
		2	0.63-0.69
1	0.58-0.68	3	0.63-0.69
2	0.725-1.1	4	0.76-0.90
3	3.55-3.93	5	1.55-1.75
4	10.55-11.5	7	2.08-2.35
5	11.50-12.5	6	10.4-12.5
IFOV	1.1 Km ²		900 m ²
Quant.	8 bits		8 bits
Repet.	diária		16 dias
Alt. Orb.	830 Km		705 Km
Larg. Orb.	2400 Km		185 Km

Descrição sumária de área de estudo

A área teste estudada, corresponde a uma seção (janela) das cenas utilizadas TM(3151x5727 pixels) e AVHRR (86x156 pixels) com cerca de 16235 km². Contendo parte do antigo município de Marabá, atualmente subdivido em 2 com a criação do município de Paraupabas no Pará. (Fig. 1)

Área de transição entre a floresta tropical úmida e o cerrado do planalto central, apresenta segundo Fonseca (1988), médias anuais de precipitação entre 1500 a 2500mm e temperaturas que variam entre a mínima de 20° e a máxima de 38°C. De geomorfologia caracterizada por grandes extensões de terras baixas colinosas onde predominam "terras firmes" que contrastam com as

encostas relativamente íngremes e dissecadas da Serra de Carajás (Ab'Saber, 1986). Apresenta um tipo de solo predominante, o Latossolo (oxissolos), seguido dos Podzolicos (ultissolos e alfissolos) e solos hifomórficos aluviais (Falesi, 1986). Segundo os dados do RADAM (1974), a cobertura florestal é caracterizada como região de floresta densa, mais especificamente sub-região da superfície dissecada do Araguaia, onde predomina a floresta submontana aplainada.

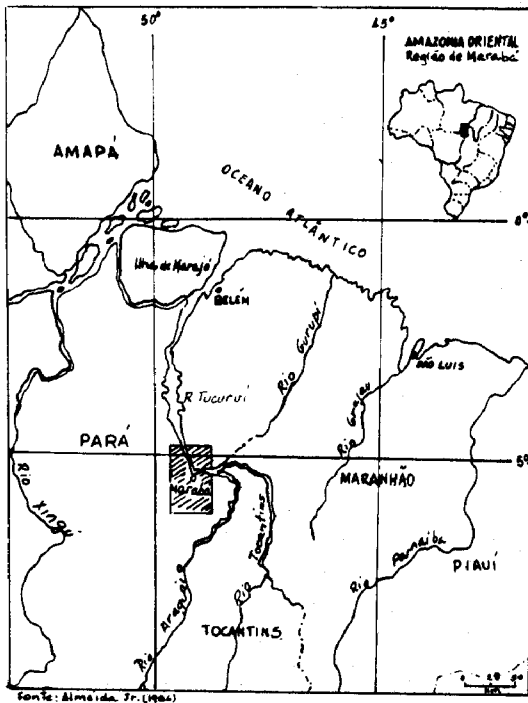


Fig. 1 - ÁREA DE ESTUDO

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

As imagens utilizadas neste trabalho correspondem aos dados orbitais recebidos e processados pelo laboratório de processamento de imagens do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) em Cachoeira Paulista (SP).

TABELA 2 - CENAS UTILIZADAS

CENA	ÓRBITA	PASSAGEM	PROCESSADA
AVHRR/NOAA-10	187011	30/07/88	15/05/89
TM/LANDSAT-5	22364	06/07/88	08/08/89

O tratamento e interpretação dessas imagens foi realizado no laboratório de sensoriamento remoto do Centro de Pesquisas de Woods Hole,

(Woods Hole Research Center) em Woods Hole, MA (USA). Foi utilizado um sistema interativo de análise de imagens (multiespectrais chamado ERDAS (Earth Resources Data Analysis System). Este sistema é constituído de um software de processamento de imagens e sistema de informações geográficas chamado ERDAS-PC com unidade de visualização de quatro planos. O hardware de apoio é constituído por um microcomputador Compaq 386/20 com disco rígido de 314 Mb, uma unidade de leitura de fitas 1600 (bits per inch), uma mesa digitalizadora, uma impressora de linha comum e outra a cores, um monitor a cores e outro monocromático.

A base cartográfica utilizada corresponde ao mapa, Carajás: Áreas Indígenas e Grandes Projetos na escala 1:2500000 Cooperação técnica entre CIMI, CEDI, IBASE, GhK e o Technische Fachhochschule, Berlim 1986.

O fluxograma abaixo mostra as principais etapas desenvolvidas.

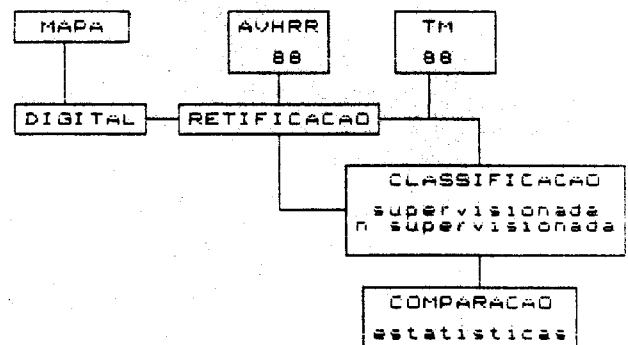


Fig.2 - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO TRABALHO

A seguir, de forma mais detalhada, são descritos os passos metodológicos executados durante o trabalho.

- 1) Digitalização e retificação mapa/AVHRR - Gravação da cena AVHRR bandas 1,2 e 4 nos ca

nais 1,2 e 3 do ERDAS respectivamente (programa LDAVHRR).

- O mapa utilizado para a digitalização não especificava o sistema de projeção. Através de medições aproximadas (MTEST e MAP SETUPtest) determinou-se a Projeção Cônica conforme de Lambert (PCCL) com 2 paralelos padrões (2^o e 6^o respectivamente) e meridiano central 46^o como a mais adequada.

Usando-se uma base transparente recobrimo o mapa, foram demarcados e numerados os pontos de controle necessários para a retificação da cena AVHRR.

- Os pontos de controle necessários para o processo de georeferenciamento mapa/imagem foram digitalizados através dos programas do ERDAS: READ, CURSES, DIGPOL (digitze polygons), CCVRT (coordinate conversion) e finalmente o GCPX (ground control points extensions) primeiro passo no processo de retificação, criando um arquivo GCP. (ERDAS, User's guide, 1988).

Os problemas encontrados nesta etapa foram devidos ao uso do sistema PCCL (Projeção Cônica conforme de Lambert), porque embora o ERDAS tenha o suporte para este tipo de projeção, o "software" faz com que o usuário perca muito tempo digitando todos os pontos de controle para o computador via teclado e através do programa DIGPOL opção "C" (pontos). São então este arquivo foi convertido para a PCCL através do CCVRT. Os pontos resultantes são em seguida digitados para o GCPX via teclado. Este processo é extremamente longo e tem que ser repetido inúmeras vezes até alcançar resultados satisfatórios. No total, foram necessários 75 pontos para este arquivo.

Este arquivo GCP é submetido a uma matriz de coeficiência criando um CFN (coefficient file) com transformações de segunda ordem (variação de 1 a 10) e RMS tolerance (root mean square) igual a 10. Este nível de tolerância é compatível com produtos do tipo AVHRR que recobrem grandes extensões da superfície terrestre.

Finalmente a retificação da cena AVHRR é realizada pelo programa NRECTIFY (Nth order coordinate transformation). Informações importantes como o número de linhas e colunas e o sistema de geo-referenciamento (coordenadas) do canto superior esquerdo e canto inferior direito da imagem de saída são necessários. Esse procedimento também é normalmente lento (12 horas) já que tem que ser repetido inúmeras vezes, deletando e adicionando pontos de controle. Esse processo pode ser atenuado nessa fase se durante o procedimento da fase anterior (coefficient file) usar-se de rigor máximo evitando o acúmulo de erros para as fases seguintes (com pessoal de Andy Zussmanis, corpo técnico do ERDAS Inc.)

2) - Retificação da cena TM/88

- Gravação das bandas 3,4 e 5 nos canais 1,2,e 3 do ERDAS.

- Digitalização de pontos comuns entre o arquivo de coordenadas TM/LANDSAT e a seção retificada da cena AVHRR obtendo-se o co-registro das cenas sobre uma mesma base cartográfica. Os pontos foram disseminados por toda a cena com exceção das áreas com cobertura de nuvens. Este arquivo GCP incluiu cerca de 70 pontos de registro.

- Uma matriz de coeficiência de terceira ordem, com RMS=10, demonstrou ser mais eficiente neste caso, com aproveitamento de um maior número de pontos significativos.

- A cena TM/88 foi então retificada através do NRECTIFY com base na retificação anterior AVHRR.

- Através do uso sucessivo dos comandos READ, CURSES, e SUBSET foi determinada uma seção comum (janela) de coordenadas entre as cenas TM e AVHRR utilizadas. Para tanto determinou-se um ponto central no mapa de coordenadas levando-se em conta que cada pixel AVHRR corresponde 37 pixels TM. Esse procedimento requer o máximo de cuidado para evitar erros que comprometam os resultados da classificação a seguir:

A janela TM foi criada com as seguintes coordenadas: canto superior esquerdo (-395000,

549000), canto inferior direito(-300500,-720780) com a dimensão de 3151 x 5727 pixels(16235 km²) A janela AVHRR (LAC window): canto superior esquerdo (-3950000,-549700), inferior direito (-301500,-720222) com dimensão de 156x86 pixels (16233 km²).

3) - Classificação

3.1. Seleção e treinamento de amostras

O sistema de classificação utilizado constituiu-se de 3 classes: 1) Floresta (sub-classes: floresta densa, floresta mista e floresta de planície aluvial); 2) Não floresta (sub-classes: desertos, área urbana, áreas agropastoris, campo cerrado e afloramentos rochosos); 3) Água (sub-classes: corpo d'água dos rios, nuvens e sombras).

Nos casos das classes 1 (Floresta) e 3 (Água) não há dificuldades, quando necessário, de se classificar separadamente cada sub-classe mesmo em se tratando de AVHRR. Por outro lado, é praticamente impossível separar-se as assinaturas que compõem a classe 2 (Não Floresta). Principalmente as sub-classes uso agrícola e cerrado. Stone et Alii (1989) chamam a atenção para este problema num trabalho de estimativas de mudanças do uso solo em Rondônia.

A seleção de amostras na obtenção de assinaturas das classes para o treinamento foi realizada através do programa FIELD (training field selection) na escala 1:1 em seções de 512 x 512 pixels. As amostras de uma mesma classe foram somadas durante o processo (collapsed). Cerca de 50 amostras foram sendo testadas (alarmadas) com o aproveitamento de 5 a 7 por classe. A seguir procedeu-se a análise das amostras selecionadas. O uso das tabelas estatísticas (desvio padrão e covariância) não são suficientes para analisar a representatividade de uma amostra no treinamento. A utilização do programa ELLIPSE tem demonstrado ser bastante eficiente na análise de amostras para a classificação. (Com. pessoal de Andy Zussmanis, apoio técnico ERDAS). Este programa

permite uma visão direta do grau de recobrimento entre as assinaturas das classes selecionadas através do traçado de elipses coloridas (color code) sobre os pontos distribuídos dentro do espaço de atributos (diagrama cartesiano) combinando dois canais por vez. (Fig.3). Foram utilizadas nesta etapa todas as subclasses identificadas nas cenas. Através de análises sucessivas de elipses e do programa SIGNAM (create signature file) criou-se o arquivo final de assinaturas para a classificação. Esse procedimento foi utilizado para ambas as janelas TM e AVHRR, criando os arquivos respectivos.

3.2. Classificação supervisionada e não supervisionada

Utilizando-se as mesmas classes: Floresta, Não Floresta e Água para as duas janelas TM e AVHRR respectivamente, foram realizadas as classificações supervisionada (MAXCLAS) e não supervisionada CLUSTER (Cluster analysis) com base nos arquivos criados na etapa anterior cujos resultados são demonstrados a seguir:

3. RESULTADOS

Classificação

TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA E NÃO SUPERVISIONADA

CLASSES	MAXCLAS		CLUSTERS	
	TM(%)	AVHRR(%)	M(%)	AVHRR(%)
Floresta	72.2	86.2	80.5	92.8
Não Floresta	23.0	10.0	17.5	8.0
Água	4.8	3.8	2.0	0.2
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0

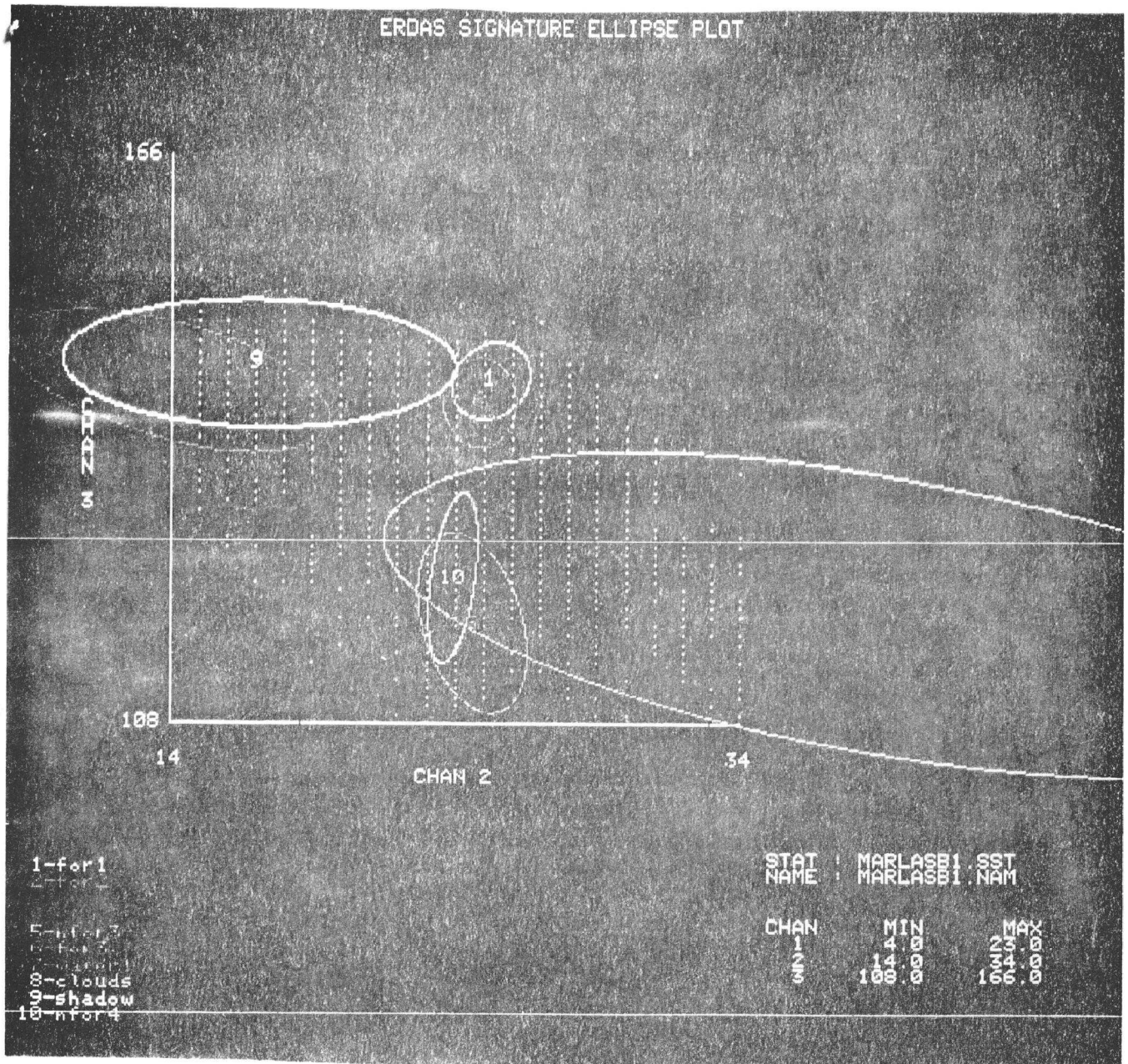


FIG.3 - DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS POR CLASSES E POR CANAIS, RECOBRIMENTO DE ASSINATURAS.

Devido ao baixo desempenho da classificação não supervisionada (cluster analysis) foram feitas mais duas tentativas usando o mesmo programa para um range de 27 classes. A primeira, usando a mesma janela, trocando a banda 3 pela banda 4 do AVHRR. A outra tentativa utilizando as bandas 1,2 e 3 AVHRR, para uma área adjacente entre os vales do Rio Araguaia e Xingu com menor cobertura de nuvens. Os resultados são mostrados na tabela 4 a seguir. Destaque-se que nos dois casos foram criadas sub-classes nuvens e sombras posteriormente juntadas (collapsed) a

classe Água.

TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA

Classe	AVHRR(%)	AVRRb(%)
Floresta	64.25	71.0
N Floresta	30.45	23.0
Água *	5.30	6.0
% Total	100.0	100.0

* Inclui nuvens e sombras.

Os resultados acima são mais representativos quando comparados com os da classificação

TM/LANDSAT (tabela 3), confirmando resultados alcançados por Malingreau e Tucker (1989) e David Skole (com.pessoal) a respeito do uso da banda 3 AVHRR para a separação de áreas de florestas e não florestas. Segundo os primeiros autores a banda 3 AVHRR(3.5-3.9 μ) é sensível a um intervalo de 0^oa 100^oC contrastando os diferentes balanços de radiação entre as áreas desmatadas e a floresta. Além disso,concluem citando o trabalho de Schutt et alii(1986) que componentes refletivos contidos nessa banda contribuem para o aumento de contraste entre as classes.

Retificação

A fig.4 mostra a superposição de pixels AVHRR/TM dentro da seção retificada (janela),de um trecho da rodovia BR-22(cortando a Aldeia Indígena Mãe-Maria) próximo a Marabá.Pode-se observar que há um deslocamento de cerca de 1 pixel (1,1km)no traçado da rodovia entre as duas cenas. Observe-se que este trecho, nas duas cenas, contém grande quantidade de pontos significativos utilizados durante a retificação.

A não determinação da projeção do mapa utilizado não foi fator determinante no resultado

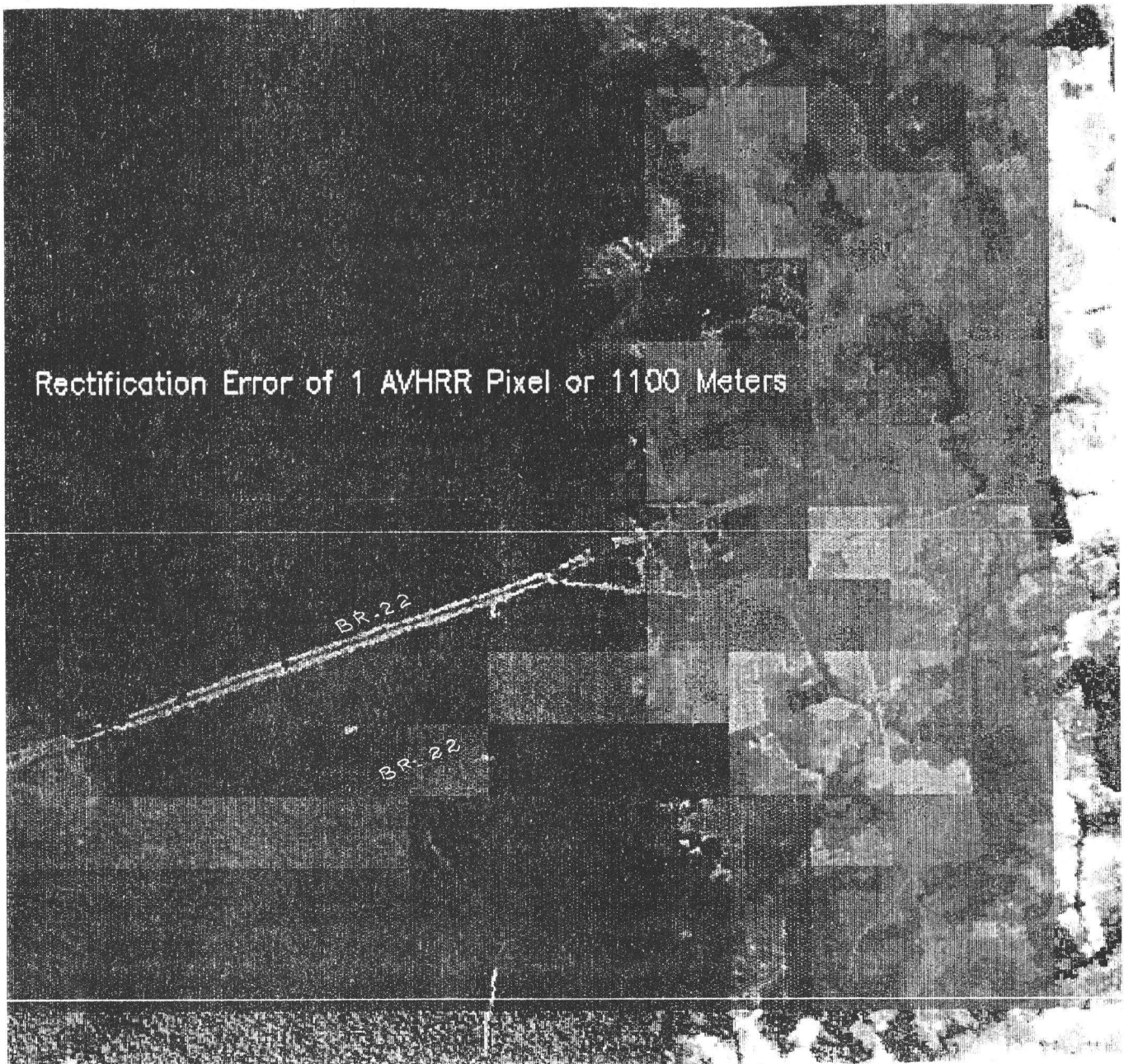


FIG.4 - SUPERPOSIÇÃO DE PIXELS AVHRR e TM

da retificação, aumentando contudo o tempo de computação. Por outro lado, a geometria cilíndrica comum as cenas orbitais, sugere que a retificação entre imagens e mapas poderiam ser mais precisos quando do uso de mapas com geometria semelhante.

A cobertura de nuvens, além de outros problemas já conhecidos, impediu que houvesse uma melhor disseminação de pontos de controle.

Como já salientado anteriormente, software atual do ERDAS, mostrou-se insatisfatório para a retificação das cenas para a projeção utilizada (PCCL). Seu desempenho nesse sentido, foi complicado e exaustivo.

Comparação

Tomando-se a classificação TM (área de 28x28 km), sem a presença da classe Água, como referencial do percentual de cobertura florestal foi elaborado um modelo de regressão comparando dados AVHRR e TM. Os dados AVHRR são resultados de um índice de vegetação normalizado entre as bandas 1 e 2 deste sensor:

$NDVI = \frac{b2 - b1}{b2 + b1}$. Segundo Iverson et alii (1989) foram as bandas que melhor resultados apresentaram no modelo aplicado na calibração em Jackson County, com $r^2 = 0.407$. No presente trabalho esse ajuste foi $r^2 = 0.396$. Os resultados desse modelo de regressão são demonstrados na fig.5.

4. CONCLUSÕES

Considerando-se algumas limitações como; carência de dados cartográficos adequados, maior conhecimento da área de estudo e espaço curto de tempo para sua realização, este trabalho apresentou resultados satisfatórios estimulando sua continuidade. Resultados alcançados em outros trabalhos com objetivo semelhante, como aqueles apresentados por Iverson et Alii (1988), na região de Jackson County, Illinois (EUA), demonstram ser viáveis as estimativas de taxas de áreas desmatadas em escala regional através de calibração de dados AVHRR e TM/LANDSAT.

Destaque-se contudo que em regiões de florestas tropicais como a Amazônia o grau de dificuldade é bem mais acentuado. Fatores limitantes como cobertura quase permanente de nuvens, a fumaça provocada por grandes queimadas, dificuldades para trabalhos em campo (grandes extensões, difi-

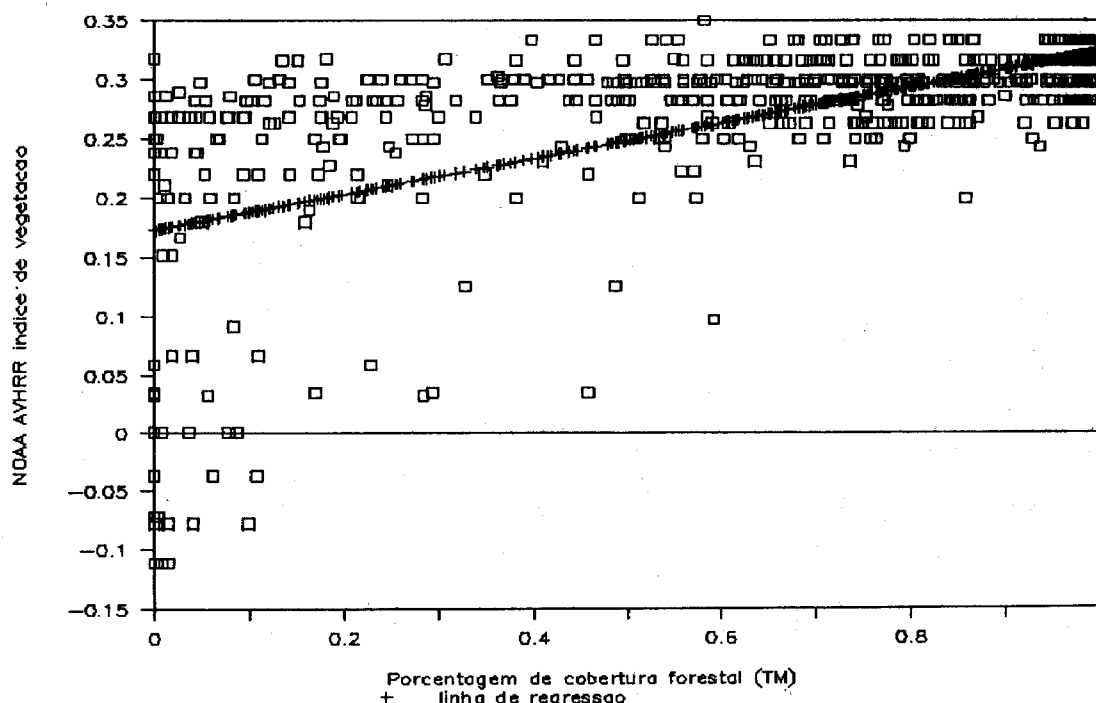


FIG.5 - COMPARAÇÃO ENTRE DADOS AVHRR e TM

o acesso e alto custo em apoio logístico, etc) além da falta de material cartográfico atualizado e de boa precisão complicam, mas não impedem os esforços para sua plena operacionalização.

5. BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. Geomorfologia da região do PGC. Apud: ALMEIDA Jr., Carajás: Desafio Político Ecologia e Desenvolvimento. Editora Brasiliensis e CNPq, p.88, 1986.
- ALMEIDA, M.G. Carajás: Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. Editora Brasiliensis e CNPq. Brasília, p. 633, 1986.
- BRASIL. Cia. Vale do Rio Doce (CVRD), Impacto Ambiental e Desenvolvimento Sócio Econômico ao longo da Estrada de Ferro Carajás, Relatório final, 2, 42-43, 1989.
- BRASIL. Projeto Radam, 4, fls. SB/SC.22 (ARAGUAIA/TOCANTINS) Mapa Fitoecológico, 1974.
- BRASIL. Assembleia Legislativa do Estado do Pará, Comissão de Redação de Leis, Lei de Criação do Município de Paraupabas, 1988.
- BRASIL. Superintendencia do Desenvolvimento da Amazonia (SUDAM) e Instituto de Desenvolvimento Florestal (IBDF), Levantamento da Alteração da Cobertura Vegetal Natural do Estado do Pará. Anexo, 1988.
- CURRAN, P.J. Principles of Remote Sensing, Longman Inc., New York, 282, 1985.
- ERDAS. ERDAS User's Guide, ERDAS Inc. Atlanta. 1988.
- FALESI, C.I. O Ambiente Edáfico. Apud: ALMEIDA Jr., Carajás: Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. Editora Brasiliensis e CNPq 126, 1986.
- FONSECA, F.A. Human Activity and Environment Alteration in the Eastern Amazon Region. Symposium on Amazonia: Deforestation and Possible Effects. 46th International Congress of Americanists, Amsterdam, 4, 1988.
- JENSEN, J.R. Introductory Digital Processing. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 379, 1986.
- MALINGREAU, J.P.; TUCKER, C.J. Large Scale Deforestation in the Amazon Basin, Ambio, 17 (1): 49-65, 1989.
- PEREIRA, M.C.; STZER, A.W. Detecção de Queimadas e Plumas de Fumaça na Amazônia através de Imagens dos Satélites NOAA. Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos (SP) 1986.
- STONE, T.A.; BROWN, I.F.; WOODWELL, G.M. Estimates of Land Use Change in Central Rondônia, Brazil by Remote Sensing. Submitted Journal of Forest Ecology and Management, 1989.