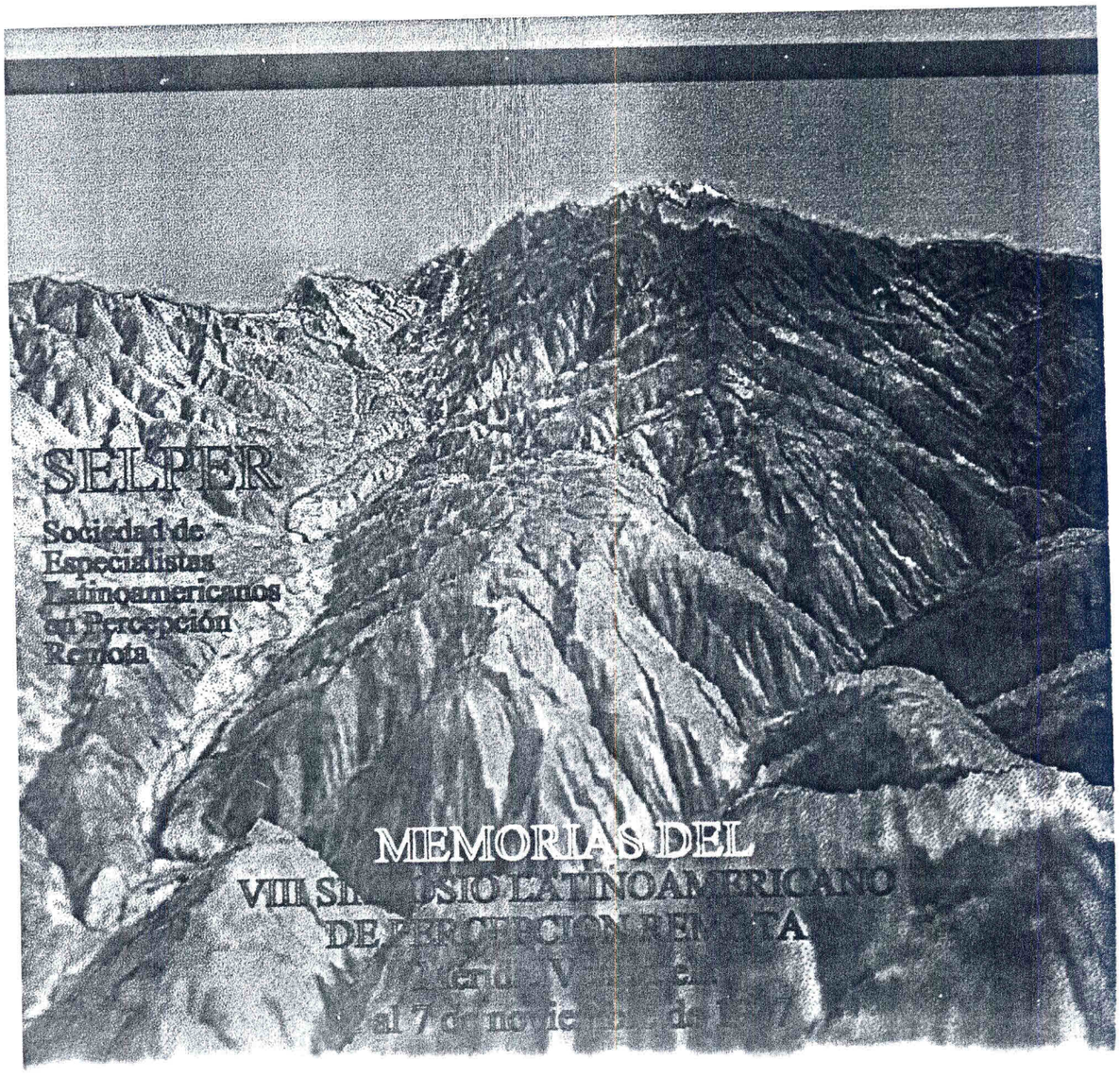
SELPER
Sociedad de
Especialistas
Latinoamericanos
en Percepción
Remota
MEMORIAS DEL
VII SI SIO LATINOAMERICANO
DE PERCEPCION REMOTA

Metodologia para análise multitemporal de imagens: relação entre imagens NDVI e precipitação na Amazônia

Eugênio Sper de Almeida - CPTEC/INPE
Getulio Teixeira Batista - DSR/INPE
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Rod. Pres. Dutra, Km 40 - Cach. Paulista - SP- Brasil
eugenio@cptec.inpe.br

Resumo

A análise estatística entre diversas imagens multitemporais representa ainda hoje um grande desafio computacional. Para avaliar a relação entre um conjunto de 9 anos (janeiro/82 a dezembro/90) de imagens mensais *NDVI* (índice de vegetação da diferença normalizada), (geradas pela NASA/GSFC - Goddard Space Flight Center) e imagens mensais *precipitação* (geradas a partir de dados do DNAEE - Departamento Nacional de águas e Energia Elétrica) da região Amazônica compreendida entre 1°N-14°S e 53°O-69°O (resolução de 0,0625°), foi necessário buscar uma solução eficiente. Nenhum sistema de informações geográficas (SIG) atual permitia tratar um conjunto tão grande de imagens. A solução encontrada foi utilizar o sistema IDL ("Interactive Data Language"), que possibilita a manipulação e análise estatística de um conjunto grande de matrizes através de uma linguagem de programação própria. Para a execução do processamento foi necessário primeiramente que as imagens fossem registradas (i.e., um determinado pixel em uma imagem deveria possuir a mesma coordenada que seu pixel correspondente na outra imagem). Inicialmente as imagens mensais foram agrupadas em duas grandes matrizes (256x256 pontos) e posteriormente foi desenvolvido um programa para gerar o histograma da distribuição dos coeficientes de correlação dos pixels entre as duas séries de imagens. Posteriormente, gerou-se a imagem *coeficiente de correlação* contendo 10 classes de valores entre -1 a + 1. A análise da variação dos coeficientes de correlação na imagem mostrou-se muito útil para o entendimento da relação entre a ocorrência de precipitação e a resposta da vegetação evidenciada pela variação nos valores de NDVI. A metodologia adotada mostrou-se rápida para se extrair informações de um conjunto grande de dados. Espera-se estender esse tipo de análise para outros dados ambientais e acrescentar outras funções estatísticas na análise.

INTRODUÇÃO

A motivação para gerar esta metodologia surgiu a partir da dificuldade de se analisar dois conjuntos de 108 imagens (cada): ***índice de vegetação*** (derivado do canal visível e infravermelho), e ***precipitação***, com o intuito de se avaliar a relação entre essas variáveis no tempo e no espaço, na Amazônia.

A Amazônia é um ambiente bastante diversificado, onde podem ser observados diversos tipos de formação vegetal: florestas, áreas de formações pioneiras, cerrado, áreas de tensão ecológica, campinarana e refúgio ecológico (IBGE e IBDF, 1994). Esta região possui também um significativa variabilidade espacial e temporal do clima, que pode ser notado pela variação na distribuição de precipitação sobre diversas regiões da Amazônia e em diferentes épocas do ano (Figueroa e Nobre, 1990).

Até a atualidade, nota-se na região uma baixa densidade de estações meteorológicas. A estimativa de parâmetros hidrológicos, tais como medidas de precipitação implicam na colocação de medidores de precipitação em locais representativos da região. Neste caso, o estabelecimento de uma relação entre precipitação e fenologia da vegetação pode servir para fornecer informações complementares sobre a precipitação em locais com baixa densidade de estações meteorológicas. Desta forma é necessário que se estude a viabilidade de se utilizar métodos alternativos, para complementar informações não disponíveis.

Uma importante fonte de dados na avaliação da precipitação têm sido as imagens índice de vegetação, geradas a partir do sensor AVHRR a bordo do satélite NOAA. Os sensores AVHRR são muito utilizados no acompanhamento da vegetação, devido a sua cobertura diária. Com isto ele fornece um grande volume de dados, que permite muitas vezes amenizar problemas de cobertura de nuvens. Existem estudos em regiões semi-áridas da Africa (Hielkema et al., 1986; Kerr et al., 1989; Nicholson et al., 1990; Justice et al., 1991; Nicholson e Farrar, 1994) e no cerrado brasileiro (Assad et al., 1988, 1996) onde foram encontradas correlações significativas entre precipitação e índice de vegetação.

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para análise multitemporal de imagens índice de vegetação (derivado do NOAA-AVHRR) e precipitação na região Amazônica, utilizando as estações meteorológicas do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), partindo da hipótese que o NDVI é diretamente correlacionado com a fitomassa, que por sua vez é sensível à precipitação.

FUNDAMENTAÇAO TEORICA

Segundo Kidwell (1995), o sensor AVHRR é o mais versátil radiômetro de varredura lá colocado a bordo de satélites meteorológicos, e um dos instrumentos mais importantes da carga útil dos satélites da série NOAA. Constitui-se de um radiômetro multiespectral que fornece imagens em vários canais no visível e no infravermelho, permitindo avaliações de vegetação, massas d'água, condições das nuvens, de gelo e temperaturas da superfície do mar, além de extração de outros parâmetros meteorológicos. O AVHRR a bordo dos satélites TIROS-N, NOAA-6,-8,-10 possui 4 canais e o AVHRR a bordo dos satélites NOAA-7,-9,-11,-12,-13 possui 5 canais. O canal 1 opera na faixa do visível e os demais canais operam na faixa do infravermelho.

Apesar da vantagem de alta resolução temporal, este sensor possui a característica de gerar imagens com baixa resolução espacial, quando comparadas com aquelas provenientes de outros sistemas de sensoriamento remoto (e.g., LANDSAT e SPOT). O sensor AVHRR do satélite NOAA permite

monitoramento diário da superfície terrestre, pois ele fornece duas imagens diárias (uma durante o dia e outra à noite).

Os índices de vegetação são medidas radiométricas adimensionais que envolvem a razão e/ou combinação linear entre bandas espectrais dos sensores remotos nas regiões do vermelho (0,6-0,7μm) e infravermelho próximo (0,75-1,1μm), sendo largamente utilizados na avaliação da vegetação (Gutman, 1991).

As bandas espectrais do vermelho (Canal 1) e do infravermelho próximo (Canal 2) do sensor AVHRR, podem ser combinadas de diferentes formas, gerando uma grande variedade de índices de vegetação. Neste trabalho será utilizado o índice de vegetação da diferença normalizada (*"NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX" - NDVI*), proposto por Rouse et al. (1973).

NDVI = (Canal 2 - Canal 1)/(Canal 2 + Canal 1)

O NDVI é sensível à presença da vegetação, pois a vegetação sadia usualmente diminui a resposta no vermelho devido à absorção por clorofila e aumenta a resposta no infravermelho próximo devido ao espalhamento pelos tecidos da folha (Tucker e Sellers, 1986). Desta forma, alvos diferentes de vegetação (água, solo exposto, etc.) são facilmente distinguíveis devido às suas assinaturas espectrais características.

Hielkema et al. (1986), Assad et al. (1988), Kerr et al. (1989) encontraram altos valores de correlação entre índice de vegetação e precipitação. Assad et al. (1996), conseguiram determinar 8 grupos homogêneos relacionados com chuva e índice de vegetação nos cerrados brasileiros.

Nicholson et al. (1990) e Nicholson e Farrar (1994) conseguiram precisar o tempo de resposta do NDVI à precipitação analisando várias regiões da África, concluindo que a vegetação não responde diretamente à precipitação, mas sim à umidade do solo. Nestes estudos também foi verificado a existência de uma relação log-linear entre NDVI em regiões com florestas e vegetação arbustiva e uma relação mais linear em regiões com vegetação arbustiva e herbácea. Concluiu-se deste estudo que a resposta do NDVI à precipitação é dependente do tipo de vegetação e de sua localização geográfica.

Batista et al. (1993) analisando o NDVI para várias coberturas vegetais da região Norte do Brasil observaram uma diminuição dos valores de NDVI em consequência do efeito do fenômeno El Niño no ano de 1983, que provocou uma diminuição da precipitação na região.

MATERIAIS E MÉTODO

Segundo o IBGE e IBDF (1994), a Amazônia Legal é coberta em sua maior parte por florestas, mas existem outros tipos de vegetação como cerrados, pastagens, capoeiras e outros elementos como água (rios, represas e lagos), solo exposto, estradas e construções. Nesta região são encontrados os seguintes tipos fisionômicos-ecológicos de formações vegetais: Floresta ombrófila densa; Floresta ombrófila aberta; Floresta estacional decidual; Floresta estacional semidecidual; Área de formações pioneiras; Cerrado; Área de tensão ecológica; Campinarana; Refúgio ecológico. Neste estudo foi

considerada a região da Amazônia compreendida entre as coordenadas 1°N-14°S e 53°O-69°O (Figura 1).

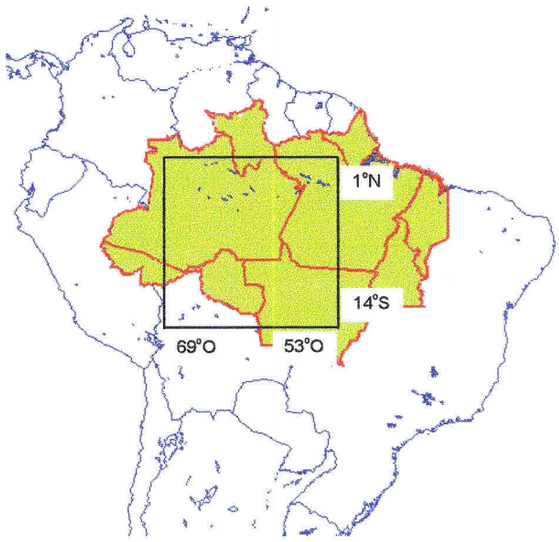

Fig. 1 - Área de estudo da análise matricial.

Para verificar a relação entre precipitação e NDVI através da análise matricial multitemporal utilizou-se as seguintes fontes de informação referentes à região Amazônica:

a) Um conjunto de 108 imagens NDVI derivadas do NOAA-AVHRR GAC, correspondentes ao período de janeiro de 1982 a dezembro de 1990, geradas pelo grupo "Global Inventory Monitoring and Modeling Studies" (GIMMS) - NASA "Goddard Space Flight Center" (GSFC) e reprocessadas pela Universidade de Washington (correção para degradação do sensor), abrangendo apenas uma porção da Amazônia, compreendida entre 1°N-14°S e 53°O-69°O e com resolução de 0,0625° (~7 Km). Esse conjunto de imagens foi registrado ao conjunto de imagens precipitação mensais (ítem b);
b) Um conjunto de 108 imagens mensais de precipitação com resolução de 0,0625° (~7 Km), processadas por Greenberg (1996), Universidade de Washington, correspondentes ao período de janeiro de 1982 a dezembro de 1990; derivadas dos dados primários coletados de 562 estações pluviométricas operadas diariamente pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e mensalmente pelo Peru e pela Bolívia.

Neste estudo foi gerada uma imagem correlação a partir dos conjuntos de imagens precipitação e NDVI. Dentro deste contexto, foi adotado o seguinte procedimento para o tratamento desses dados:

a) Conversão do formato original para binário;
b) Tratamento estatístico multitemporal;
c) Geração de histograma da distribuição dos coeficientes de correlação;
d) Geração de imagem correlação entre NDVI e precipitação.

Os procedimentos adotados durante esta fase estão ilustrados na Figura 2.

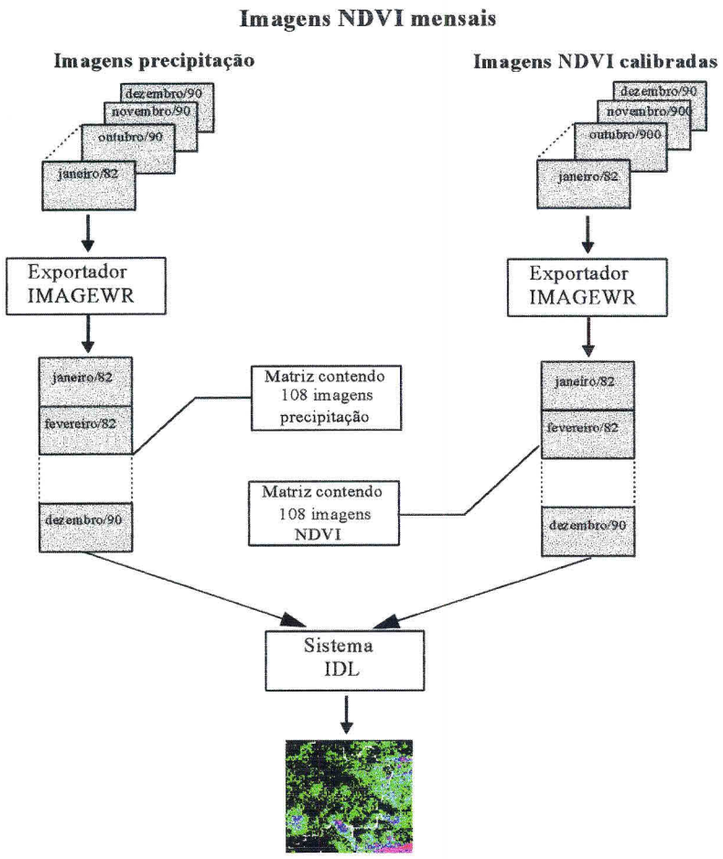

Fig. 2 - Diagrama da análise multitemporal da correlação entre imagens NDVI e precipitação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise multitemporal dos dados matriciais podemos visualizar o histograma da distribuição dos valores de coeficientes de correlação de todos os pixels da imagem da região de estudo, notando que a maioria dos pixels resultou em valores de índice de correlação menores que 0,3 (Figura 3).

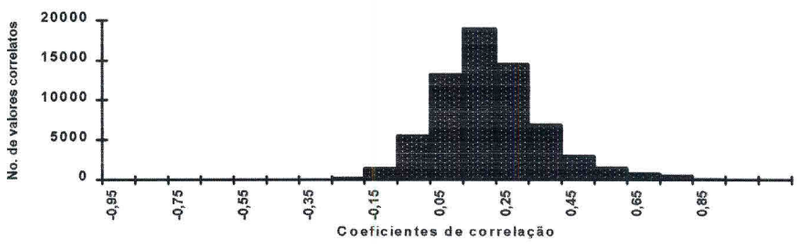

Fig 3 - Histograma dos coeficientes de correlação entre imagens NDVI e precipitação.

Ao mesmo tempo foi gerada uma imagem correlação entre NDVI e precipitação, na qual pode-se verificar que as áreas referentes aos maiores coeficientes de correlação corresponderam às áreas de cerrado ou áreas em que a ação antrópica foi intensa. As áreas referentes às florestas ombrófilas originais (densa e aberta) apresentaram os menores valores de correlação. A Figura 4 mostra a imagem correlação com tonalidades correspondentes aos coeficientes de correlação.

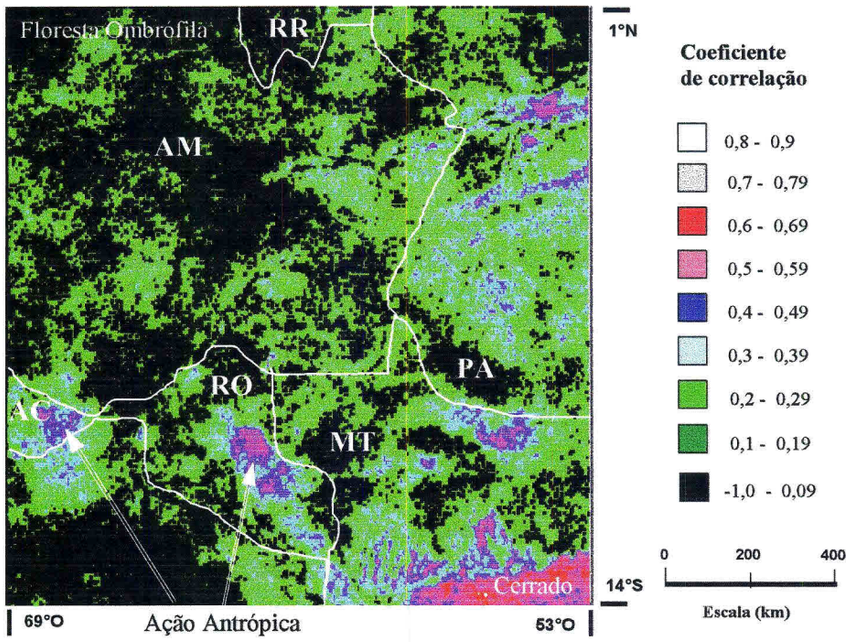

Fig 4 - Imagem correlação entre NDVI e precipitação (interpolada pela U.W. a partir dos dados do DNAEE).

Neste estudo foi possível verificar uma alta correlação (r=0,6-0,9) em áreas de cerrado, uma correlação menor (r=0,4-0,6) em áreas antropizadas e valores de correlação próximos a zero em áreas de florestas. A existência de uma correlação maior em áreas antropizadas do que em áreas de floresta pode ser creditada a uma possível resposta da vegetação implantada naquela região à precipitação.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma metodologia de análise multitemporal de imagens para avaliação de correlação entre valores de precipitação e índice de vegetação.

Após a avaliação da correlação, verificou-se através da metodologia adotada a existência de baixa correlação entre NDVI e precipitação em áreas de floresta. Não observou-se diferença entre os valores de coeficiente de correlação entre os modelos linear e logarítmico para a região amazônica. O tempo do NDVI à precipitação foi significativo. O tempo de resposta de 2 meses entre a ocorrência da precipitação e a resposta do NDVI apresentou melhores resultados de correlação na maioria dos casos.