

## **Deteção de áreas com vegetação permanente na bacia leiteira do estado de Pernambuco, a partir da utilização de técnicas de processamento digital em imagens multitemporais Landsat 5-TM**

Cristiana Coutinho Duarte<sup>1</sup>  
Benoit Paquereau<sup>1</sup>  
Ana Mônica Correia<sup>1</sup>  
Felipe José Alves de Albuquerque<sup>1</sup>  
Ivan Dornelas Falcone de Melo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP  
Av. Prof Luiz Freire, 700, Cidade Universitária - Recife - PE, Brasil  
crisdat@gmail.com, bpaquereau@gmail.com, anamonica@itep.br, felipe@itep.br

<sup>2</sup> Ministério do Meio Ambiente/Serviço Florestal Brasileiro  
SCEN - Av. 14 Norte - Trecho 2, Bloco G, CEP: 70.818-900, Brasília - DF  
ivan.melo@florestal.gov.br

**Abstract.** The ecosystem of native pastures of the Wasteland of Pernambuco comprises the typical vegetation of the savanna, characterized by a woody layer and a herbaceous layer consisting primarily of annual species. This type of vegetation has varied adaptations to thrive in this environment, especially the deciduous and the profound structural changes in dry periods. Thus, this work came with the intention of identifying and locating areas with permanent crops which remains in the dry period in dairy cattle of the Pernambuco. For this we used three Landsat 5-TM images, corresponding to the orbit / point 215/66, date of production 12/10/2003, 17/12/2003 and 07/12/2006 (month and driest years in the region) and applied the technique of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) for each one. Later we used the PCA (Principal Component Analysis) applied to the results generated by the NDVI. Were then selected two principal components (PC). The PC1 contains information that is common to all images. The CP2 contains the most significant spectral feature in the set, what changed. The final image generated by the PCA was classified into three classes: 1) Areas with no vegetation or modified (43.2% of the area), 2) Areas with sparse vegetation or slightly modified (44.04%) and 3) Areas with Vegetation persistent or no change (12.8%).

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, vegetation, sensoriamento remoto, processamento de imagens, vegetação.

### **1. Introdução**

As zonas áridas e semi-áridas correspondem por cerca de 90% do Nordeste brasileiro, sendo a pecuária leiteira uma das principais atividades dessa região, pois são nas zonas semi-áridas onde se concentram as principais bacias leiteiras do Nordeste do Brasil. O estado de Pernambuco é o segundo estado maior produtor de leite do Nordeste, com mais de 662 milhões de litros de leite produzidos, o que corresponde a 19,7% do leite nordestino e a 2,5% do leite do brasileiro (IBGE, 2007).

Os ecossistemas do Agreste de Pernambuco apresentam algumas características limitantes à exploração da agricultura, como por exemplo, solos predominantemente arenosos e rasos, com baixo teor de matéria orgânica, baixa capacidade de retenção de umidade e alta susceptibilidade a erosão, além da irregularidade e dos baixos índices de precipitação. Esses solos, bem como os recursos hídricos e a biodiversidade, quando não manejados adequadamente, deixam os sistemas agropastoris frágeis, tornando especialmente, a agricultura uma atividade de risco e mal remunerada nessa região.

Com relação à pecuária, a falta de uso de corretivos e fertilizantes e o superpastejo são as principais causas do processo de degradação das pastagens, sendo ainda atribuído a este último fator o desaparecimento de algumas espécies do estrato herbáceo da vegetação, que são de valor forrageiro.

Por sua vez, os recursos forrageiros existentes são uma característica deste ambiente geográfico, propiciando um plano de alimentação bem semelhante aos diferentes rebanhos leiteiros, o que confere tipicidade e especificidade ao queijo de coalho produzido nessa região. Pois, estes atributos permitem obter um queijo de coalho com Denominação de Origem Controlada – DOC e, com base numa abordagem qualitativa sua certificação por meio de um selo de procedência.

O ecossistema de pastagens nativas do Agreste pernambucano é constituído pela vegetação típica da caatinga, caracterizada por um estrato arbustivo-arbóreo e de um estrato herbáceo composto, principalmente de espécies anuais. A cada ano o estrato herbáceo se estabelece a partir do banco de sementes formado ao longo dos anos, num processo de sucessão espontâneo das diferentes espécies forrageiras que ocorrem naturalmente, no qual após o início das primeiras chuvas surgem algumas gramíneas e leguminosas.

Vale ressaltar que, as pastagens nativas via de regra, na estação chuvosa em função de condições favoráveis ao crescimento das espécies forrageiras, atendem as necessidades de alimentação dos rebanhos. No entanto, no período seco do ano, ocorre o inverso, ou seja, cai a disponibilidade e a qualidade da forragem, levando a necessidade do criador suplementar seus rebanhos, utilizando outros volumosos produzidos na propriedade, ou também volumosos e concentrados comprados fora da fazenda.

Destaca-se ainda que o cultivo da palma forrageira constitui o caminho mais importante para se produzir um volumoso estratégico, capaz de equilibrar a produção animal ao longo do ano, pois antes era fornecida aos animais, principalmente no período seco do ano, no entanto hoje, entra como principal alimento na composição da dieta de vacas de leite durante, praticamente o ano inteiro.

Diante dos fatos destacados o presente trabalho surgiu com o intuito de identificar e localizar as áreas com plantação de palma forrageira ou de lavouras permanentes que se mantém no período seco a partir de técnicas de detecção de mudanças com a utilização de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, na área delimitada como território de produção de queijo de coalho do agreste pernambucano.

Técnicas de processamento digital de imagens tem se mostrado eficazes nos estudos de mudança na vegetação e uso do solo, como também na análise de áreas degradadas no semi-árido tais como: o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e ACP (Análise por Componentes Principais). O primeiro pode ser facilmente correlacionado a determinados parâmetros de vegetação, tais como fitomassa, área foliar, produtividade, atividade fotossintética, porcentagem de cobertura verde, entre outros (ELVIDGE e CHEN, 1995). Trata-se de um índice muito simples, resultante da diferença entre a reflectância do infravermelho próximo (IVP) e reflectância do vermelho (V), dividida pela soma das duas reflectâncias respectivamente (TOWNSHEND *et al.*, 1994). Já o segundo consiste em um método estatístico de processamento digital de imagens que possui como principal função determinar a extensão da correlação existente entre as bandas e através de uma transformação matemática apropriada, remover a correlação existente entre as bandas (Crosta, 1993).

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de estudo

A área delimitada para a pesquisa foi definida a partir da identificação dos municípios maiores produtores de leite do estado e aqueles que os tangenciam, como no caso dos municípios de Sertânia e Ibimirim, que não são considerados maiores produtores, mas inicialmente foram destacados. Essa delimitação foi necessária como pré-requisito para o processo de Indicação Geográfica (IG) do queijo de Coalho do Agreste de Pernambuco (processo realizado pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP), assim, dentre uns dos procedimentos para a IG consiste na delimitação e caracterização do território de produção do queijo de coalho, para se obter, primeiramente, o selo de Origem de Procedência.

Diante destes fatos, a bacia leiteira abrange três regiões de desenvolvimento do estado: Sertão do Moxotó, Agreste Meridional e Agreste Central. A segunda está contida totalmente na bacia leiteira, sendo a Região de Desenvolvimento mais representativa para a bacia (51% da área da bacia) e onde está concentrada a maior produção de leite (36,23%).

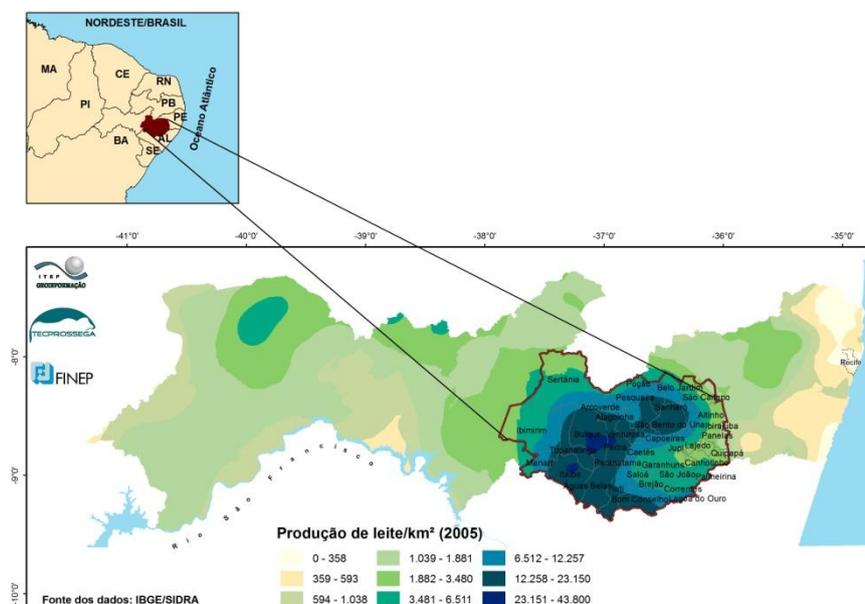


Figura 1. Mapa de Localização da bacia leiteira do estado de Pernambuco. Produção de leite por km<sup>2</sup>

### 2.2 Procedimento de escolha das imagens

Inicialmente escolheu-se a imagem Landsat 5-TM, disponível no sítio do INPE, por possuir uma resolução (30 metros) que apreende os objetivos propostos para a pesquisa em tela. As cenas que abrangem a área são: Orbita/Ponto, 214/66 e 215/66, sendo apenas esta última utilizada na descrição do presente trabalho.

Procurou-se adquirir imagens dos anos mais secos e dos meses mais secos, com a intenção de destacar as áreas com vegetação permanente no período seco.

### 2.3 Etapa de Pré-processamento

Tanto para a etapa de Pré-processamento quanto para o processamento das imagens foi utilizado o programa *Erdas Image 9.1* e foi seguido uma seqüência lógica para o tratamento das imagens até chegar ao resultado final:

### 2.3.1 Empilhamento das bandas registro e correção geométrica das imagens

Para cada imagem foi feito o empilhamento das bandas de 1 a 4. Logo em seguida, realizou-se o registro das imagens baseado em uma imagem Landsat 5 TM 215/66. O registro foi feito pelo método automático *AutoSync/Georeferencing Wizard*, do programa Erdas. Em seguida realizou-se a correção geométrica. Esta consiste em um conjunto de operações matemáticas cujos principais objetivos são reorganizar os pixels de uma imagem, de acordo com um sistema de projeção geográfica, e remover as distorções geométricas sistemáticas introduzidas pelo sistema sensor (MALDONADO, 2004). O sistema escolhido foi o WGS – 84 fuso 24 Sul.

O uso de imagens em conformidade geométrica ou registradas imagem-imagem é fundamental para casos como a detecção de mudanças. Segundo Bernstein (1983), quando o objeto de interesse são as diferenças nas feições do terreno entre imagens multitemporais é necessária uma correção geométrica ou um registro imagem-imagem extremamente preciso (MALDONADO, 2004).

Ainda na etapa do pré-processamento foi feito um recorte da imagem a partir do arquivo shapefile da bacia leiteira, para uma melhor análise.

### 2.4 Aplicação do NDVI

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo ( $r_{IV}$ ) e do vermelho ( $r_V$ ) e a soma entre elas (TUCKER, 1979 *apud* TASUMI, 2003):

$$NDVI = \frac{(\rho_{INV} - \rho_{VER})}{(\rho_{INV} + \rho_{VER})}$$

em que  $r_{IV}$  e  $r_V$  correspondem, respectivamente, às refletividades das bandas 4 (que mais reflete a vegetação) e 3 (que menos reflete a vegetação) do TM+, Landsat 5. O NDVI é um indicador da quantidade e da condição da vegetação verde da área e seus valores variam de -1 a +1, em quanto mais próximo de 1 maior é a densidade da vegetação. Alguns autores destacam a ineficácia desse método em ambientes semi-árido no período úmido, entretanto, Israel, Shoshany et al. (1994) encontraram consistência quando compararam os resultados obtidos com Landsat TM na época seca, com os mapas do semi-árido, num gradiente desde floresta até arbustal aberto.

Aplicação do NDVI foi de forma automática no programa *Erdas* a partir do Módulo *Interpreter/Spectral Enhancement/Indices/NDVI*. Após gerar um NDVI para cada imagem realizou-se um empilhamento destas para a aplicação da ACP.

### 2.5 Aplicação da ACP

A técnica conhecida como ACP é usada por ter a vantagem de realçar a informação da dinâmica entre datas diferentes (Jiaju, 1988). Outra vantagem desta técnica com imagens multitemporais, é a obtenção de resultados sem a necessidade de calibrações e correções atmosféricas, como abordam Chavez e Mac Kinnon (1994 *apud* GOMES e MALDONADO, 1998).

Pode-se resumir o procedimento da ACP realizado neste estudo da seguinte forma: dadas as três imagens de NDVI das datas 12/10/2003, 17/12/2004 e 07/12/2006, serão analisadas as correlações entre elas e gerado novas imagens sem nenhuma correlação entre si (Gomes e Maldonado, 1998). Conforme Crosta (1993) a ACP é aplicada da seguinte forma: um

conjunto de N imagens de entrada, depois de processadas pela ACP, vai produzir um outro conjunto de N imagens de saída com nenhuma correlação entre si. O primeiro conjunto de saída será chamado de primeira componente principal ou CP1, o segundo conjunto de saída será chamado de CP2, o terceiro, de CP3, e assim por diante. A primeira componente principal ou CP1 irá conter a informação que é comum a todas as bandas N originais. A CP2 conterá a feição espectral mais significativa do conjunto. As CPs seguintes conterão feições espectrais cada vez menos significantes, até a última CP, que conterá a informação que sobrar, ou seja, a menos significativa. Nesta pesquisa a aplicação da ACP também foi realizada de forma automática no *Erdas Image*, tendo por meio do Módulo *Interpreter/ Spectral Enhancement/Principal Component*. Foram, então, escolhidas duas componentes principais.

## 2.5 Classificação das imagens

Após a geração da ACP foi realizada a classificação não supervisionada no Módulo *Classifier/Unsupervised Classification*. Optou-se por escolher três classes.

## 3. Resultados

Tendo em vista que a vegetação do semi-árido, em geral, possui variadas adaptações para prosperar nesse ambiente, destacando-se a caducifólia e as profundas modificações estruturais nos períodos secos, foram analisados os climogramas de alguns municípios pertencentes a bacia, para compreender o regime pluviométrico, a concentração do período chuvoso e os anos considerados atípicos diante das normais climatológicas, com a intenção de destacar as áreas com vegetação permanente no período seco.

Assim, as imagens escolhidas para a cena 215/66 têm suas datas de aquisição: dias/mês/ano, 12/10/2003, 17/12/2003 e 07/12/2006. A precipitação nos municípios varia quanto à distribuição durante os meses, mas em geral, as chuvas se concentram nos meses de março, abril, maio, junho e julho (MAMJJ). Analisando-se o regime pluviométrico anual atípico, os anos de 2003 e 2004 foram considerados anos secos, com precipitações abaixo das normais climatológicas e o ano de 2006 foi considerado normal.

O comportamento pluviométrico dos meses e anos das imagens escolhidas exemplificando-se com alguns municípios da bacia leiteira são destacados a seguir:

- Imagem de 12/10/2003 - Para o município de Alagoinha o ano de 2003 foi considerado um ano seco. O mês mais chuvoso foi fevereiro (90 mm), seguido de outubro (63mm), o restante do ano apresentou baixos índices de precipitação. No município de Brejão o mês mais chuvoso foi setembro que atingiu 132 mm, com uma queda significativa no mês de outubro (23 mm).

- Imagem de 17/12/2004 - Para o município de Itaíba o ano de 2004 foi considerado seco. O mês de janeiro foi o que mais choveu (340 mm), o restante do ano as chuvas foram pouco significativas. No município de Alagoinha as chuvas atingiram 367 mm no mês de janeiro e o restante do ano as chuvas foram pouco expressivas.

- Imagem de 07/12/2006 - Para o município de Itaíba, o ano de 2006 foi considerado um ano com precipitações normais. Os meses de junho e julho foram os meses mais chuvosos. E os meses de novembro e dezembro apresentaram pouca chuva ou nenhuma chuva no último mês. O mesmo ocorreu no município de Alagoinha, sendo os meses de abril, maio e junho mais chuvosos.

Assim, as áreas que se mostrarem com vegetação verde sadia nos resultados do NDVI, serão áreas de vegetação arbustiva arbórea, ou matas localizadas em serras ou altas altitudes, matas ciliares e também áreas de cultivo permanente. Pode-se, então, visualizar na figura 1 as

imagens referentes ao NDVI gerado para os anos 2003, 2004 e 2006. O índice foi classificado em tons de rosa (áreas sem vegetação) à verde escuro (áreas com vegetação densa ou caatinga arbustiva desenvolvida). Nas áreas classificadas em verde coincide com áreas de caatinga arbustiva densa, a maioria sobre serras ou altitudes mais elevadas, e até mesmo em porções mais úmidas, como verificado à sudeste da imagem, são verificados exemplares de mata subperenifólia. Em outras áreas são encontradas matas ciliares e cultivos de porte mais significativo. As áreas em tons verde claro são características, em geral, de áreas de caatinga pouco desenvolvida e esparsa (sendo verificadas algumas cactáceas) e áreas destinadas à cultivos agrícolas e de forragens.

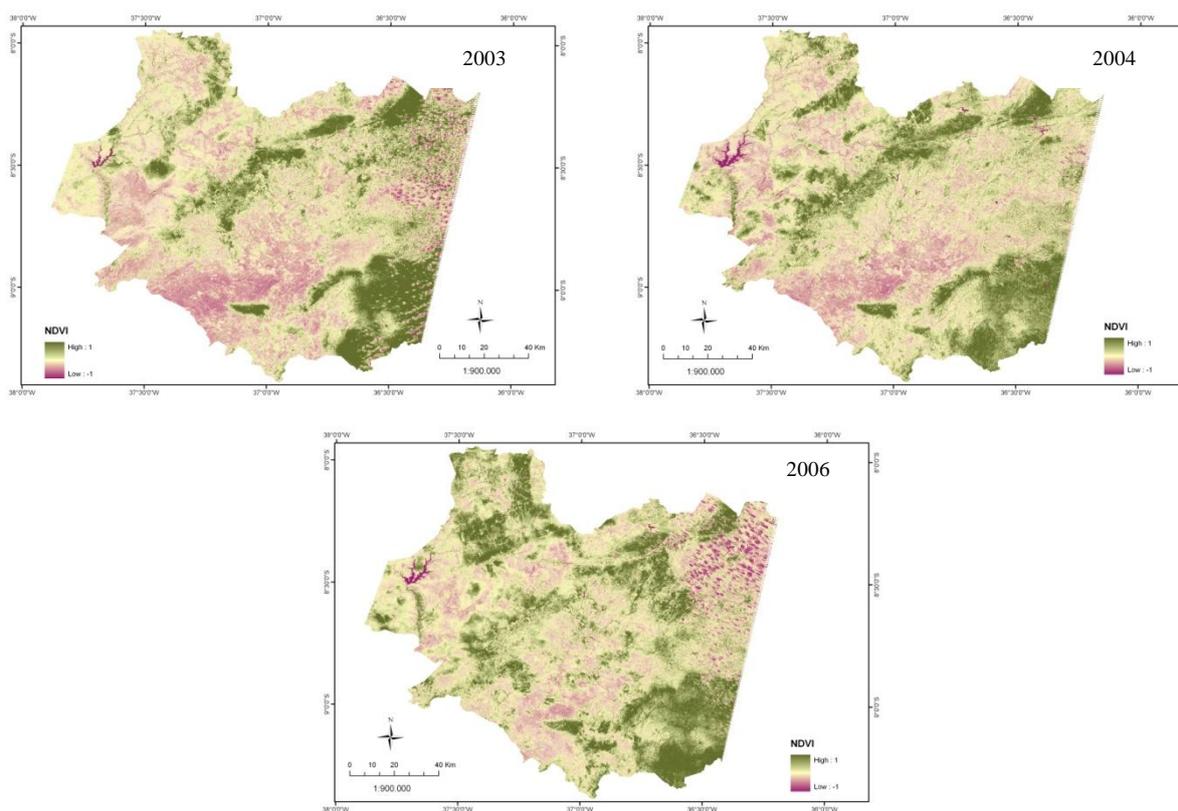


Figura 1. NDVI das imagens Landsat 5-TM (órbita/ponto 215/66) das datas de 12/10/2003, 17/12/2004, 07/12/2006

A imagem final gerada pela ACP (Figura 2) foi classificada em três classes: 1) Áreas sem vegetação ou modificadas (43,2%); 2) Vegetação rala ou áreas pouco modificadas (44,04%); 3) Vegetação persistente ou áreas não modificadas (12,8%).

As áreas consideradas como vegetação rala ou áreas pouco modificadas foram as que apresentam uma maior correlação com as áreas com plantações de palma forrageira, sendo necessária a confirmação desses resultados em campo.

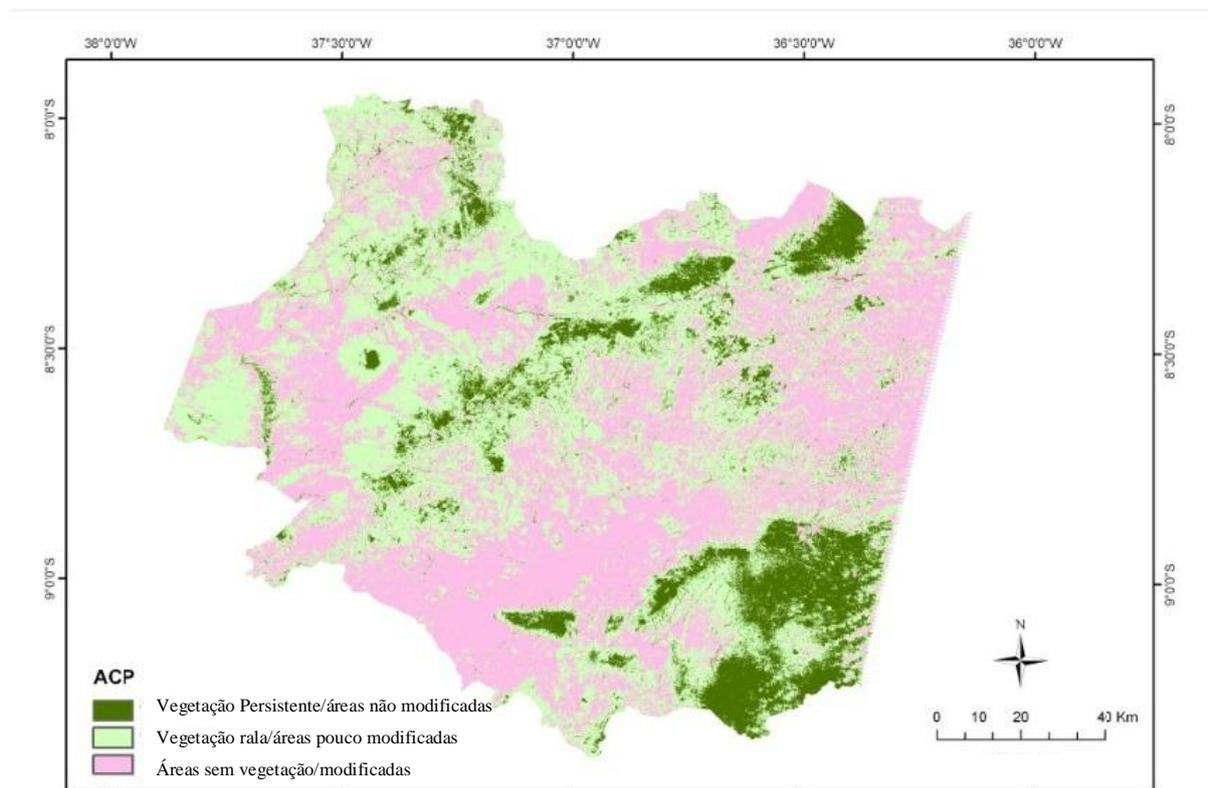


Figura 2. Classificação da ACP gerada a partir das imagens NDVI

#### 4. Considerações Finais

O que foi apresentado aqui se trata ainda de uma metodologia inicial para a detecção das áreas com plantação de palma forrageira. A continuidade desse estudo, portanto, se dará através de análise da acurácia pela coleta de amostras de campo e construção de matrizes de confusão. Outras técnicas, como mistura espectral, também devem ser testadas.

Outros testes, considerando correções atmosféricas, serão realizados, principalmente no que se refere aos resultados da Análise por componentes principais e o comprometimento quantitativo do NDVI.

Mesmo a vegetação dessa região do Brasil não alcançando alturas elevadas, é importante uma análise dos efeitos de sombra causadas pela inclinação do sol na tomada das cenas.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Geoinformação do Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, à FINEP e ao INPE.

#### Referências

- Crosta, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1993. 189p.
- Elvidge, C. D.; Chen, Z. 1995. Comparison of broadband and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 54, (1), p. 38-48.
- Gomes, A.R.; Maldonado, F.D. 1998. Análise de Componentes Principais em Imagens Multitemporais TM/Landsat como Subsídio aos Estudos de Vulnerabilidade à Perda de Solo em Ambiente Semi-Árido. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais**. Santos, INPE.

Maldonado, F. D. **Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semi-árido**. Tese de Doutorado. São José dos Campos: INPE, 2004

Townshend, J. R. G.; Justice, C. O.; Skole, D. 1994. The 1 km resolution global data set: needs of the International Geosphere Biosphere Programme. **International Journal of Remote Sensing**. v. 15, p. 3417-3441.

Tasumi, M. 2003. **Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery**. Idaho: University of Idaho, p. 378.