

## **Avaliação de Mudanças no Albedo do Núcleo de Desertificação do Seridó através de Imagens do Landsat TM**

LUCIANO JOSÉ DE OLIVEIRA ACCIOLY<sup>1</sup>  
MARIA APARECIDA JOSÉ DE OLIVEIRA<sup>1</sup>  
FLAVIO HUGO BARRETO BATISTA DA SILVA<sup>1</sup>  
NIVALDO BURGOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>EMBRAPA/CNPS/UEP Recife  
Rua Antonio Falcão, 402 – Boa Viagem - Recife – PE, Brasil  
oaccioly@elogica.com.br

**Abstract** This paper describes the use of albedo difference image to detect changes in the desertification nucleos of Seridó-Brazil. Albedo images were generated for 1994 and 1999 years for TM images. The images were calibrated to at ground reflectance using TM calibration coefficients and the dark target subtraction method to remove the first order atmospheric effect. The soil map and the map of slopes were also used as additional layers. Due to overstimulation of albedo values caused by the calibration of the 1994 TM image only positive values were considered in the analysis of the results. Changes in albedo above 20% were associated to the exposure of soil from many of the water reservoirs affected by the 1997/99 drought. Minor changes in albedo occurred in areas occupied by shallow soils and in stepped areas.

**Keywords:** albedo, Caatinga, land use, change detection, Landsat TM.

### **1 Introdução**

Um dos indicadores da desertificação é a redução da cobertura de plantas perenes. Aliado a essa mudança está a degradação dos solos das áreas com menor cobertura vegetal. Essas duas condições tendem a aumentar o albedo das superfícies sujeitas à degradação. O albedo é definido como a fração da energia recebida no intervalo do espectro solar (0.3 a 3.0  $\mu$ m) que é refletida por uma superfície (Monteith & Unsworth). Sob condições de campo o albedo é medido com instrumentos conhecidos por piranômetros. Os piranômetros tem campo de visada hemisférico, integram toda a radiação refletida no espectro solar e, desde que sejam usados sob condições de céu claro, não sofrem interferência da atmosfera. Apesar das restrições com relação ao campo de visada (direcional, o que implica na suposição de que as superfícies medidas são isotrópicas), uso de bandas discretas e influências da atmosfera, os sensores orbitais tem sido utilizado cada vez com maior frequência na avaliação das mudanças de albedo na superfície terrestre por apresentarem vantagens como a de possibilidade de monitoramento de grandes áreas.

O objetivo desse trabalho foi a verificação de mudanças no albedo de uma área piloto do Seridó entre 1994 e 1999.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Descrição da área

Esse trabalho foi desenvolvido em uma área piloto de de aproximadamente 75.000 ha localizada no Núcleo de Desertificação do Seridó. A área piloto é limitada no extremo superior esquerdo pelo município de Caicó e no canto inferior direito pelo município de Equador e dentro das mesmas se encontra parte dos municípios mencionados na **Figura 1**. Essa área vem sofrendo um processo de desmatamento indiscriminado visando principalmente a extração da lenha para a alimentação dos fornos das inúmeras olarias e cerâmicas instaladas na região. A vegetação é composta de caatinga hiperxerófila onde podem ser distinguidas pelo menos três padrões de densidade: caatinga densa, caatinga semi-densa e caatinga aberta.

O levantamento das classes de solo dessa área revelou que os solos Bruno Não Cálcicos (NC), Planossolos (PL), Regossolos (RE) e Litólicos (R) dominam boa parte da área piloto (**Figura 2**). Observações de campo, também revelaram um acentuado nível de erosão ocorrendo em várias áreas ocupadas notadamente pelos solos NC e Re.

### 2.2 Obtenção da imagem de albedo

As imagens de albedo referentes aos anos 1994 e 1999 foram obtidas a partir da conversão dos níveis de cinza (NC) das imagens originais para reflectância. O método foi aplicado em duas etapas. Na primeira etapa os valores de NC foram convertidos à radiância espectral na banda  $i$  ( $L_i$  em  $Wm^{-2}sr^{-1}:m^{-1}$ ) utilizando-se os valores de radiância mínima ( $L_{imin}$ ) e máxima ( $L_{imax}$ ) para a banda considerada obtidos a partir da calibração absoluta de pós lançamento dos sensores Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+. A seguinte equação converte os valores de NC em radiância:

$$L_i = L_{imin} + [(L_{imax} - L_{imin}) / 255] * NC_i \quad (1)$$

Onde

$NC_i$  = Nível de Cinza na banda  $i$ .

Para os casos em que  $L_{imin} = 0$  a equação (1) se reduz a:

$$L_i = L_{imax} / 255 * NC_i \quad (2)$$

Valores de  $L_{imin}$  e de  $L_{imax}$  para a imagem do Landsat 7 ETM+ (1999) foram extraídos do Handbook do Landsat 7 ([http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook\\_toc.html](http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html)) enquanto que para o caso da imagem do sensor TM foram usados os ganhos apresentados por Thome (1997) para a data de 08 de Outubro de 1994, isto é, menos de 2 meses antes da passagem do sensor sobre a área objeto desse estudo. O trabalho de Thome, no entanto, assume que  $L_{imin} = 0$ .

Uma vez convertidos os valores de NC em radiância a próxima etapa foi a da remoção do efeito de primeira ordem da atmosfera. Para tanto foram utilizados os valores mínimos de radiância dados por alvos escuros. Os valores de  $L$  para esses alvos podem ser atribuídos ao somatório do sinal de ruído do instrumento com a fração da energia que é refletida pela atmosfera que atinge diretamente o sensor para a banda considerada (“path radiance”).

A conversão de radiância para reflectância é dada pela seguinte equação:

$$\Delta_i = B * Lic * d^2 / E_{0i} * \cos 2_s \quad (3)$$

Onde:

Lic = radiância corrigida (subtraído o valor encontrado para o alvo escuro)  
na banda i ( $Wm^{-2}sr^{-1}:m^{-1}$ )

d = distancia da terra ao sol (unidade astronômica)

$E_{0i}$  = irradiância solar no topo da atmosfera terrestre ( $Wm^{-2}:m^{-1}$ ) para a banda i

$2_s$  = ângulo solar zenital

Os valores de  $E_{0i}$  foram obtidos através de modelagem, utilizando-se o programa MODTRAN 3.0 (Berk et al., 1989) configurado para o modelo de atmosfera tropical no modo de irradiância solar direta, com visibilidade de 23 Km. A opção de espalhamento atmosférico escolhido foi a do tipo Rayleigh. Os valores de  $E_{0i}$  foram obtidos assumindo-se a média de resposta do sistema detetor/filtro do sensor TM para o intervalo de comprimento de onda abrangido para cada banda. Essa suposição não teve maiores impactos sobre a imagem da diferença de albedo uma vez que foi usada para as imagens de ambas as datas. O ângulo solar zenital para a imagem de 1994 foi calculado considerando-se o dia do ano no calendário juliano e a latitude e longitude da área piloto e o horário local aparente da passagem do Landsat 5 TM conforme descrito por Iqbal (1983). A **tabela 1** apresenta um resumo dos dados utilizados na obtenção da imagem reflectância para as duas datas.

As imagens de albedo da área piloto foram obtidas utilizando programas desenvolvidos no “Spatial Modeler Language” do software ERDAS 8.3.1 a partir dos dados gerados pelas equações 1, 2 e 3. Cada píxel da imagem albedo representa o somatório das reflectâncias das bandas 1 a 4 e 7. Este procedimento tem sido utilizado por outros autores para extração dos valores de albedo em cenas do Landsat (Robinson et al., 1981) A imagem das mudanças espaciais nos valores de albedo foi obtida pela subtração da imagem albedo do ano de 1994 da imagem albedo referente ao ano de 1999.

### 2.3 Outros planos de informação

Outros planos de informação como o mapa de solos e as curvas de nível foram digitalizados no programa PC Arc/Info 3.5 e georeferenciados de forma a permitir a sobreposição sobre as imagens do albedo. O modelo digital de terreno (MDT) foi obtido pela transformação do vetor curvas de nível para o formato grid através do método de interpolação triangular (TIN) usando modelo polinomial de primeira ordem (ERDAS, 1997). O MDT foi gerado com a opção de tamanho de pixel de 30 m para combinar com a resolução espacial das bandas do visível e dos infravermelho próximo e médio das imagens do Landsat. A partir da imagem de MDT da área foi obtida a imagem de declividades. A imagem de declividades foi recodificada estabelecendo-se 5 classes de declividade conforme recomendado por Lemos & Santos (1996).

#### 4 Resultados e discussão

A **Figura 3** apresenta a imagem da diferença de albedo entre os anos de 1999 e 1994. As partes escuras representam as áreas onde houve redução, enquanto que as partes claras representam as áreas onde houve aumento do albedo entre os anos de 1994 e 1999 (**Figura 3a**). Os coeficientes de calibração, em média mais altos para a imagem de 1994, aumentaram consideravelmente os valores de  $L_{i\max}$  tendendo a superestimar o albedo da área piloto para esse ano. Essa superestimação embora tenha mascarado os resultados nas áreas com menor variação de albedo, não invalida a discussão desses resultados para as áreas onde houve aumento do albedo no ano de 1999. Para facilitar a interpretação dos resultados a imagem da diferença de albedos foi recodificada em quatro classes que levaram em consideração apenas os valores de albedo iguais ou superiores a zero (**Figura 3b**). Estas classes foram as seguintes: 1) Variação negativa ou nula; 2) Variação maior que zero e menor ou igual a 10%; 3) variação entre 10 e menor ou igual a 20 %; e 4) variação maior que 20%. A variação positiva do albedo ocorreu em 8,6 % da área piloto sendo 4,5, 1,8 e 2,3% para as faixas de 0 a 10, 10 a 20 e maior que 20 %, respectivamente.

A maior parte das variações de albedo maiores que 20 % não estiveram associadas à degradação do solo e/ou à alterações no seu uso mas sim à redução no nível dos açudes devido à seca que assolou essa região nos anos de 1997 a 1999. A maior parte da área ocupada por água em 1994 foi ocupada por vegetação verde quando o nível da água baixou nos anos de 1997 a 1999. Esse fato provocou um aumento considerável na reflectância, principalmente, para a banda 4 (infra-vermelho próximo). A alteração nos valores de reflectância nos açudes é exemplificada para o açude Zangarelhas (**Tabela 2**). Valores mais altos nas demais bandas estão associados à exposição do solo com a retração das águas. Com a retração das águas dos açudes houve uma maior influência das características de reflectância dos alvos da vizinhança sobre a reflectância dos espelhos d'água. Esse fato levou ao aumento dos valores mínimos da resposta espectral dos alvos escuros (**Tabela 1**), principalmente, nas bandas localizadas nos infravermelho próximo (banda 4) e médio (bandas 5 e 7) em 1999, quando comparados aos valores de 1994. Considerando a boa visibilidade atmosférica comumente encontrada na região nas épocas das passagens do Landsat, valores maiores que zero na reflectância da água nessas bandas, não podem ser associados à presença de aerossóis mas sim ao efeito das características de reflectância dos alvos vizinhos que contaminaram a radiação dos espelhos d'água captadas pelo sensor. Após isolar as áreas com variação acima de 20% no albedo não associadas aos açudes, verificou-se que a redução do espelho d'água em 1999 foi de cerca de 43% em relação ao ano de 1994, passando de 8,04 para 4,45  $\text{Km}^2$ . Essa redução do espelho d'água entre as duas épocas pode ser considerada drástica, uma vez que a imagem de 1999 foi coletada logo após o final da estação "chuvosa" (que vai de janeiro a maio), enquanto que a imagem de 1999 foi coletada no final da estação seca (junho a dezembro).

Fora das áreas ocupadas por espelhos d'água, verificou-se que o albedo aumentou em áreas ocupadas principalmente por solos Bruno Não Cálcicos (Área 1 da **Figura 2**), Litólicos (Área 2 que corresponde à Serra das Queimadas na **Figura 2**) e em áreas onde há predominância de afloramentos de rocha (Área 3 da **Figura 2**). Os solos das classes Bruno Não Cálcicos e Litólicos são, também, reconhecidamente mais suscetíveis à erosão. No caso dos solos Litólicos a hipótese

mais provável é a de que esse aumento esteja associado à exploração da lenha em áreas que no passado eram matidas preservadas ou seja, áreas onde grande parte do relevo pertence às classes forte ondulado (20 a 45% de declividade) e montanhoso (45 a 75% de declividade) localizadas no trecho da Serra das Queimadas contido na área piloto. As causas das variações de albedo das áreas não ocupadas por açudes, contudo, necessitam ser melhor investigadas. Sugere-se o estudo pormenorizado do histórico do uso da área piloto.

## 5 Conclusões

Neste trabalho foram analisadas apenas as variações positivas nos valores de albedo entre os anos de 1994 e 1999. Os valores mais altos (acima de 20%) dessas variações estiveram associados à retração no espelho d'água dos açudes motivado pela seca que assolou a região entre os anos de 1997 e 1999. Variações no albedo entre 0 e 20 % ocorreram em ambientes normalmente susceptíveis à degradação como as áreas com maior declividade e/ou ocupadas pelos solos Bruno Não Calcicos e Litólicos ou por afloramentos rochosos.

## Referências

- Berk, A.; Bernstein, L.S.; Roberson, D.C. **MODTRAN: A moderate resolution model for LOWTRAN 7**. U.S. Air force Geophysical Laboratory (AFGL), Hanscom Air Force Base, Massachusetts, 1989.
- ERDAS. **ERDAS Tour Guide, Version 8.3.1**. Atlanta, ERDAS Inc., 1997
- Iqbal, M. **An Introduction to Solar Radiation**. Academic Press, New York, 1983.
- Lemos, R.C.; Santos, R.D. **Manual Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1996.
- Monteith, J.L.; Unsworth, M.H. **Principles of Environmental Physics**. New York, Chapman and Hall, Inc, 1990.
- Robinove, C.J.; Chavez, P.S.; P.S.; Gehring, D; Holmgren, R.. Arid land monitoring using Landsat albedo difference images. **Remote Sens. Environm.**, 11:133-156, 1981
- Thome, K.J.; Markham, B.; Barker, J.; Slater, P.N.; Biggar, S.F. Radiometric calibration of Landsat. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 63:853-858, 1997.



Figura 1 – Localização da área de estudo (área piloto)

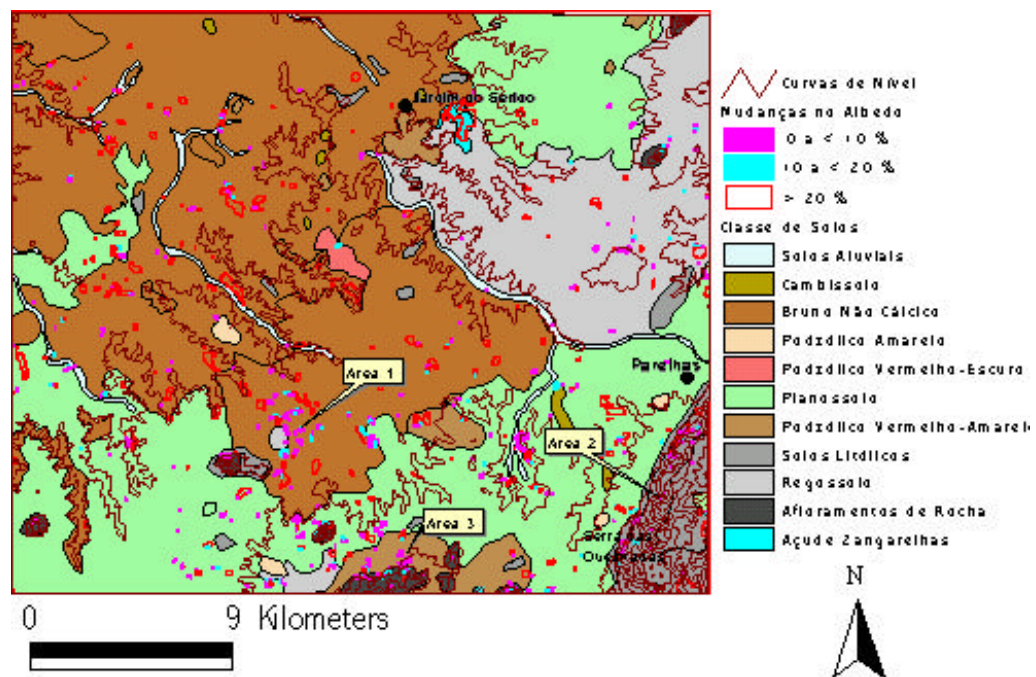


Figura 2 – Mapa das mudanças no albedo tendo como “background” o mapa das classes de solos

Tabela 1 – Dados utilizados para a calibração das imagens.

Banda do Sensor TM	1	2	3	4	5	7
Intervalo espectral (:m)	0,45 – 0,52	0,52 – 0,60	0,63 – 0,69	0,76– 0,90	1,55 – 1,75	2,08 – 2,35
Imagem 1994 (TM)						
- Data da passagem: 20-11-1994						
- Dda: 324						
- Ângulo solar zenital (2): 47,26°						
- Cos2 = 0.67867						
- Lmin (Wm <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> :m <sup>-1</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Lmax (Wm <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> :m <sup>-1</sup> )	208,7	390,5	287,5	241,9	37,4	19,4
- E <sub>0</sub> (Wm <sup>-2</sup> :m <sup>-1</sup> )	2014	1895	1598	1105	238,0	78,4
- D = 0.98653 AU						
- NCmin	56	21	19	5	5	0
Imagem 1999 (ETM+)						
- Data da passagem: 06-08-1999						
- Dda: 218						
- Ângulo solar zenital (2): 39,10°						
- Lmin (Wm <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> :m <sup>-1</sup> )	-6,2	-6,4	-5,0	-5,1	-1,0	-0,35
- Lmax (Wm <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> :m <sup>-1</sup> )	191,6	196,5	152,9	157,4	31,06	10,80
- E <sub>0</sub> (Wm <sup>-2</sup> :m <sup>-1</sup> )	1913,7	1800	1518	1049	226,1	74,53
- Cos2 = 0.77604						
- D = 1.01475 AU						
- NCmin	55	33	26	14	12	9

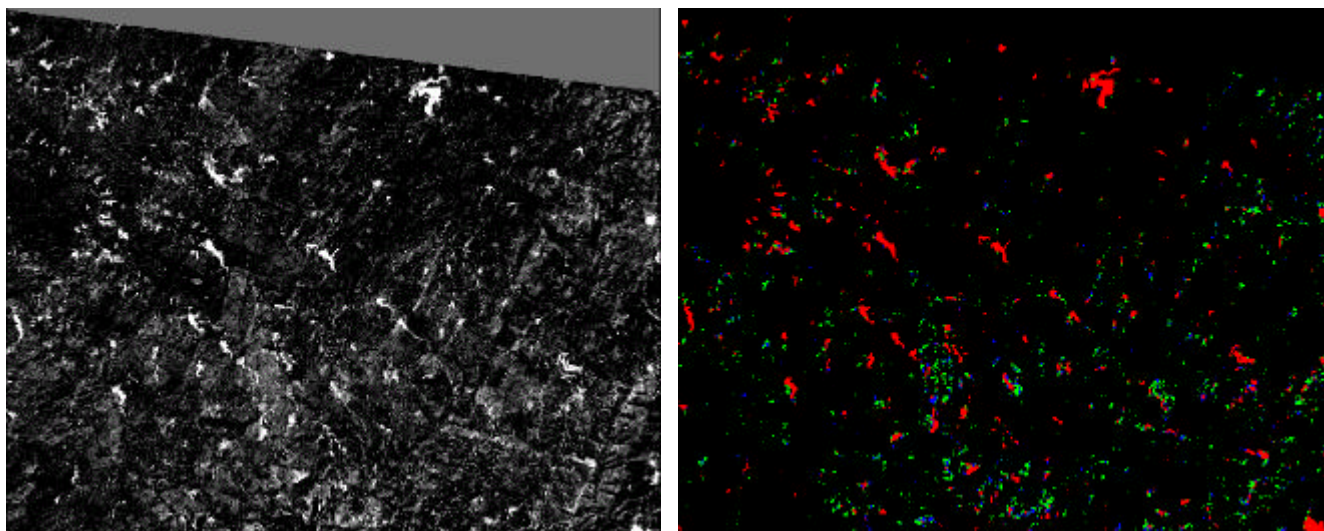


Figura 3 – Imagem albedo (a) e mapa das classes de albedo (b). Em (b) as cores Preta, Verde, Azul e Vermelha indicam, respectivamente, as seguintes variações no albedo: 1) Nula ou menor que zero; 2) Maior que zero e menor que 10 %; 3) Igual a 10 e inferior a 20 %; 4) Maior que 20%.

Tabela 2 – Valores de reflectância relativos à área do açude Zangarelhas nos anos de 1994 e 1999

Área de Interesse	Banda	Reflectância Mínima (%)	Reflectância Média (%)	Reflectância Máxima (%)
Açude em 1994 – Sensor TM	1	0,18	2,40	9,88
	2	1,45	4,30	16,01
	3	1,27	5,50	25,74
	4	0,39	7,40	36,40
	5	0,00	8,70	52,23
	7	0,00	5,20	31,42
Açude em 1999 – Sensor ETM+	1	3,04	6,20	10,64
	2	2,20	6,50	12,33
	3	2,03	9,50	18,68
	4	0,66	31,70	51,68
	5	0,22	27,20	43,12
	7	0,00	19,50	36,68