

Análise da correção atmosférica de imagens Landsat em estudo multitemporal na região de Mata Atlântica, Estado do Rio de Janeiro.

Maria Julia do Amaral Fadul ^{1,2}
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo ¹
Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira ¹
Rachel Bardy Prado ¹

¹ Embrapa Solos
Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22461-000, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
{efidalgo, pedreira, rachel}@cnps.embrapa.br

² Graduação em Geografia - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro/PUC-RIO
Centro de Ciências Sociais - Departamento de Geografia e Meio Ambiente
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil
majufadul@yahoo.com.br

Abstract. Multitemporal, remotely sensed data applied to land use land cover dynamic studies require radiometric correction of images, in addition to geometric correction. This allow the analysis of temporal variation of targets without the influence of others factors such as the atmospheric effects. This study aims to apply the dark-object subtraction technique to correct atmospheric effects and to analyze the results on multitemporal images of rivers Macacu and Caceribu watersheds, in Rio de Janeiro state, in Atlantic Forest region. Images without clouds from sensors TM/Landsat-5 and ETM+/Landsat-7 were selected for analysis of land use land cover dynamic of two periods: 1997 to 2002 and 2002 to 2007. The results indicated that the correction method did not reduce the atmospheric effects in a satisfactory manner. These effects continued to influence in any significant way in the spectral response of the targets. The major differences between the levels of gray of the corrected images were among the images of different sensors, indicating likely influence of the response of the sensors on the final results.

Palavras-chave: remote sensing, digital image processing, multi-temporal images, sensoriamento remoto, processamento digital de imagens, imagens multitemporais.

1. Introdução

A utilização de dados multitemporais de sensoriamento remoto para o estudo da dinâmica do uso e ocupação das terras requer, além do ajuste geométrico das imagens, processamentos para ajustes radiométricos de modo a permitir a análise da variação temporal dos alvos sem a influência de outros fatores como os efeitos atmosféricos. A uniformização de imagens de diferentes datas torna-se necessária porque elas podem apresentar valores digitais distintos para um mesmo alvo com reflectância supostamente invariante. Esse fenômeno ocorre devido às diferenças dos parâmetros do sensor, do ângulo solar e, também, aos efeitos atmosféricos.

O termo "efeito atmosférico" é atribuído às interações da radiação solar e da radiação refletida por alvos da superfície com constituintes da atmosfera que interferem no processo de sensoriamento remoto (Kaufman, 1989).

Os efeitos atmosféricos dependem do comprimento de onda da radiação eletromagnética e ocorrem devido à refração, à absorção, ao espalhamento, e ainda à reflexão da radiação por nuvens e outros materiais presentes na atmosfera (Jensen, 2000).

O espalhamento atmosférico contribui, principalmente, com um efeito aditivo na radiância captada pelos sensores, transformada em sinal elétrico e em número digital (ND) ou nível de cinza (NC). Uma metodologia bastante empregada para realizar a correção atmosférica proveniente do efeito do espalhamento é o modelo proposto por Chavez (1988). Ele utiliza a técnica de subtração do pixel escuro (Dark-Object Subtraction, DOS), que considera a existência de alvos escuros na imagem tais como sombras de nuvens e de

topografia. Embora esse método apresente restrições, destacadas principalmente por se limitar à correção dos efeitos de espalhamento e por considerar os efeitos atmosféricos homogêneos para toda a cena (Ponzoni e Shimabukuru, 2007), a grande vantagem de sua aplicação está no uso de dados provenientes apenas das imagens, não exigindo a coleta de informações sobre as condições atmosféricas no local e momento da passagem do sensor.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é analisar o efeito da correção atmosférica aplicando método de subtração de nível de cinza em imagens multitemporais da região das bacias hidrográficas dos rios Macacu e Caceribu, no Estado do Rio de Janeiro, em região de Mata Atlântica.

Este trabalho foi realizado com recursos da FAPERJ e esta inserido no projeto Dinâmica espaço-temporal do uso da terra nas bacias hidrográficas dos rios Macacu e Caceribu: subsídios ao planejamento ambiental, coordenado pela Embrapa Solos.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende as bacias hidrográficas dos rios Macacu e Caceribu, localizadas na parte leste da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro, abrangendo aproximadamente 2 072 km². Ela se estende das escarpas serranas às planícies costeiras, passando por colinas, maciços e tabuleiros costeiros, abrangendo uma diversidade de ambientes onde ocorrem ecossistemas diversos como florestas, campos de altitude, restingas e mangues, pertencentes aos municípios de Guapimirim, Cachoeiras de Macacu, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá e Rio Bonito (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2. Material e Métodos

Para os objetivos do estudo da dinâmica de uso e cobertura da terra, foram estabelecidos dois períodos de interesse: 1997 a 2002 e 2002 a 2007. Selecionaram-se imagens da órbita-ponto 217/76, deste período, com menor cobertura de nuvens, sendo utilizadas imagens TM/Landsat-5, nas datas 21/07/1997 e 02/08/2007 e ETM+/Landsat-7, de 09/02/2002.

Para o processamento digital das imagens utilizou-se o programa ENVI, versão 4.5.

O georreferenciamento das imagens foi realizado aplicando-se a equação polinomial de primeiro grau para o ajuste a partir de pontos de controle distribuídos por toda a imagem. A imagem de 2007 foi a primeira a ser georreferenciada, selecionando-se pontos de controle em cartas planialtimétricas em escala 1:50 000 (IBGE, 1974, 1979a, 1979b, 1981, 1983 e 2007; BRASIL, 1964 e 1997). Na seqüência, as imagens de 2002 e 1997 foram georreferenciadas utilizando-se a imagem de 2007 como referência para a seleção de pontos de controle.

A correção atmosférica, realizada com base no modelo proposto por Chavez (1988) seguiu os passos descritos a seguir.

1. Seleção do nível de cinza do pixel escuro na banda 1. Para isso foi obtido, para cada ano, o histograma dos valores de NC da banda 1 e selecionado o menor NC em que se observa um grande aumento da frequência desses valores.

2. Com base no valor do pixel escuro, identificação das condições atmosféricas no momento da obtenção da imagem e seleção do modelo de espalhamento relativo (λ^a) que melhor a representa, segundo Tabela 1.

Tabela 1. Condições atmosféricas e modelo de espalhamento relativo para diferentes valores de pixel escuro da banda 1.

Pixel escuro	Atmosfera	Modelo de espalhamento relativo
≤ 55	Muito limpa	λ^{-4}
56-75	Limpa	λ^{-2}
79-95	Moderada	λ^{-1}
96-115	Com bruma	$\lambda^{-0,7}$
> 115	Com muita bruma	$\lambda^{-0,5}$

Fonte: Modificado de Chavez (1988).

3. Cálculo do espalhamento em cada banda ($espalhamento_i$), dado pelo comprimento de onda médio de cada banda elevado à potência referente ao modelo de espalhamento - selecionada na Tabela 1, seguido da aplicação da Equação 1.

$$espalhamento_i = (NC_{espalhamento1} - offset_1) fator_i \quad (1)$$

onde,

i = banda correspondente,

$NC_{espalhamento1}$ = nível de cinza selecionado conforme passo 1,

$offset_1$ = offset calculado para a banda 1, utilizando dados de pós-calibração fornecidos por Chander e Markham (2003) para o sensor TM/Landsat 5 e NASA (2008) para o sensor ETM+/Landsat 7,

$fator_i$ = razão entre os valores do espalhamento de cada banda pelo valor do espalhamento da banda em que foi selecionado o pixel escuro, neste caso a banda 1.

4. Cálculo do valor de nível de cinza a ser subtraído para as demais bandas, considerando os diferentes valores de ganho e offset. Neste caso, o nível de cinza é dado pela Equação 2:

$$NC_{espalhamento_i} = espalhamento_i \cdot norm_i + offset_i \quad (2)$$

onde,

$norm_i$ = razão entre o ganho da banda i e o ganho da banda 1 (valores de ganho calculados segundo dados fornecidos por Chander e Markham, 2003 e NASA, 2008).

Os valores de nível de cinza, calculados para cada banda e referente a cada data de passagem conforme o procedimento descrito, foram subtraídos das imagens georreferenciadas.

A análise do resultado da correção atmosférica foi realizada comparando as imagens corrigidas com as originais. Para tal, coletou-se amostras de áreas em que não houve mudança

de uso ou cobertura da terra durante o período analisado. Foram selecionadas três janelas de amostragem para as seguintes classes: floresta densa, área urbana, pasto, mangue e água, totalizando quinze janelas.

Os valores de NC correspondentes às áreas das janelas foram coletados para cada banda e data de passagem, com e sem correção atmosférica, e calculadas as médias.

Realizou-se análise de variância para verificar se as médias dos níveis de cinza de cada amostra, nos três anos analisados apresentavam diferença significativa. O teste foi aplicado para o conjunto de amostras na condição sem correção atmosférica (SC) e com correção atmosférica (CC).

3. Resultados e Discussão

O georreferenciamento dos dados foi realizado para toda a área de estudo, obtendo-se em média 111 pontos de controle em cada imagem e um erro máximo de 1,25 pixels (Tabela 2).

Tabela 2. Número de pontos de controle (PC) e erro resultante do processo de georreferenciamento das imagens.

Ano da imagem	N. de PC	Raiz média quadrada do erro (RMS) em pixels ⁽¹⁾
1997	65	1,25
2002	91	0,91
2007	178	1,91

⁽¹⁾ 1 pixel = 30 metros

Na Figura 2 é apresentado exemplo de amostra selecionada em área de floresta densa.



Figura 2. Exemplo de amostra de áreas de floresta densa em composição colorida das bandas 4(R), 5(G) e 3(B), após a correção atmosférica. Da esquerda para a direita, imagens de 1997, 2002 e 2007.

Em geral, os resultados da análise de variância aplicada para o conjunto de amostras na condição sem correção atmosférica (SC) e com correção atmosférica (CC) mostraram-se significativos em nível de 0,01 (Tabela 2), rejeitando a hipótese de que as médias dos NC das classes selecionadas nos três anos são iguais. Observa-se ainda que as maiores diferenças entre os NC estão entre as imagens de 2002 e as demais, de 1997 e 2007 (Figura 3).

Tabela 2. Resultados da análise de variância (valores de F calculado) para as amostras das classes de uso da terra selecionadas nas condições sem correção atmosférica (SC) e com correção (CC).

	Banda 1		Banda 2		Banda 3	
	SC	CC	SC	CC	SC	CC
Floresta Densa	25,9**	6,0*	2000,2**	8,3*	2280,9**	241,1**
Pasto	1,2	7,7*	335,2**	80,3**	62,8**	12,9**
Área Urbana	5,4*	4,4	201,4**	54,0**	77,8**	24,7**
Mangue	50,6**	38,5**	1193,1**	200,2**	1661,1**	213,9**
Água	3,4	8,4*	136,6**	20,6**	107,6**	14,8**

	Banda 4		Banda 5		Banda 7	
	SC	CC	SC	CC	SC	CC
Floresta Densa	291,6**	191,2**	42,9**	22,4**	490,9**	185,4**
Pasto	244,0**	173,8**	0,4	0,0	6,0*	2,1
Área Urbana	60,7**	336,2**	10,3*	6,5*	57,3**	33,6**
Mangue	442,2**	281,1**	777,2**	405,3**	2228,7**	764,4**
Água	263,5**	81,3**	32933,2**	9648,0**	100302,0**	23263,3**

* significativo em nível de 0,05.

** significativo em nível de 0,01.

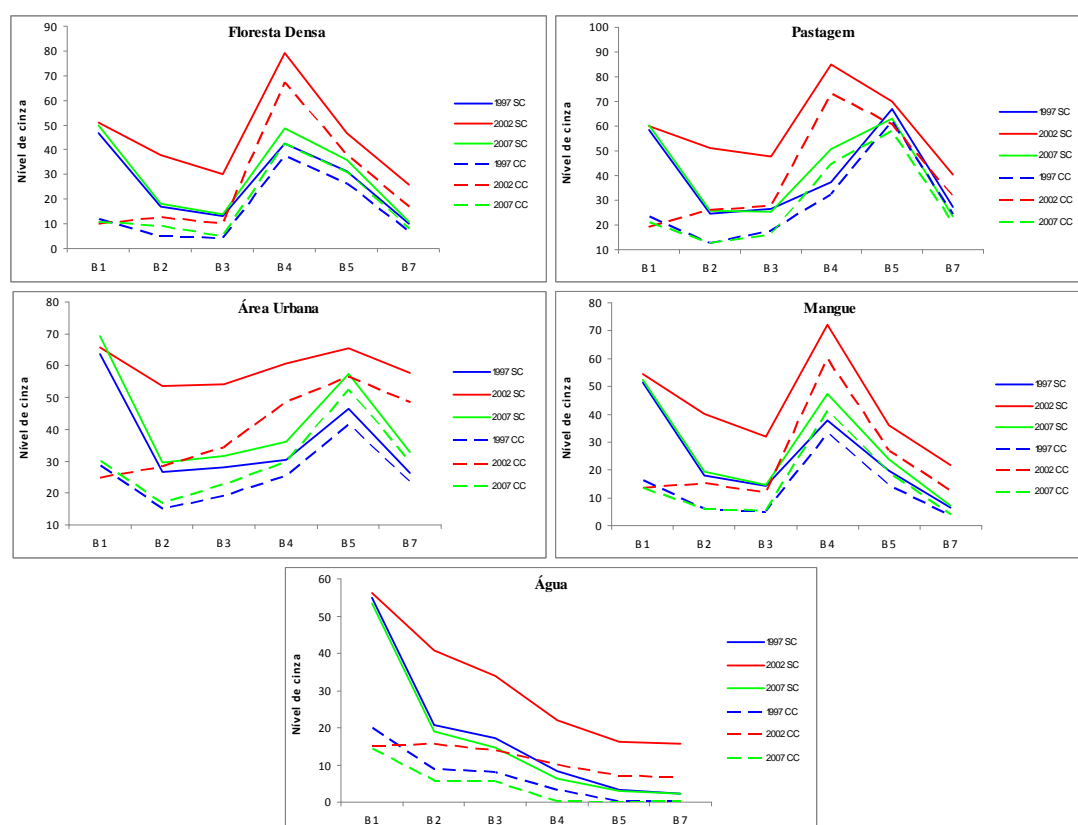


Figura 3. Valores de nível de cinza médios por banda nos 3 anos analisados, nas imagens sem e com correção atmosférica (SC e CC, respectivamente).

Temos que considerar que, embora o cuidado na escolha de amostras que não apresentassem alterações ao longo dos anos, variações podem ter ocorrido nas três imagens

usadas devido a outros fatores que não mudança de uso, por exemplo, variações sazonais como estresse hídrico na vegetação ou alteração da quantidade de sedimentos na água.

Neste caso, a imagem de 2002 difere das demais em relação ao período do ano. As imagens de 1997 e 2007 são de julho e agosto (período mais seco) e a de 2002 é de fevereiro (período mais úmido), o que poderia influir na resposta de alguns alvos mais sujeitos a variações sazonais. Porém, o comportamento da classe área urbana, para a qual não são observadas variações sazonais, seguiu o das demais classes, apresentando médias de NC nas imagens de 2002 que diferem das médias observadas em 1997 e 2007.

Um fator importante a ser considerado na diferença observada entre a imagem de 2002 e as de 1997 e 2007 é que são provenientes de diferentes sensores, sendo a de 2002 do sensor ETM+ e as demais do sensor TM.

Mesmo após a correção atmosférica, os NC da imagem de 2002 mostraram-se superiores aos dos outros anos, com exceção da banda 1 para todas as classes e da banda 5 para a classe pastagem, que apresentaram valores muito próximos.

Observa-se que os valores de NC na banda 1 já eram próximos antes da correção e que a correção para as classes pastagem e água até mesmo aumentou a diferença entre NCs das imagens dos diferentes anos.

No caso específico da classe água, os valores de NC nas bandas 5 e 7 para as imagens de 1997 e 2007 eram muito próximos dos valores de NC para subtração - 3 e 2, respectivamente -, o que resultou em um elevado número de pixels com valor 0 em todas as amostras. Já para a imagem de 2002, embora os valores corrigidos fossem baixos, resultaram maiores que 0. Neste caso, os valores de F calculados para as amostras da classe água nas bandas 5 e 7 ficaram muito elevados.

4. Conclusões

Os resultados obtidos indicam que a correção realizada segundo o método de subtração do pixel escuro não permitiu reduzir os efeitos atmosféricos das imagens dos dois sensores de forma satisfatória, sendo que esses efeitos continuaram a influir de forma significativa na resposta espectral dos alvos.

As maiores diferenças entre os níveis de cinza das imagens corrigidas ocorreram entre as imagens de 2002 (sensor ETM+) e as imagens de 1997 e 2007 (sensor TM), indicando provável influência da resposta dos sensores no resultado final.

Como continuidade deste trabalho pretende-se buscar alternativas para a correção radiométrica das imagens de forma a reduzir os efeitos atmosféricos e eventuais efeitos devidos ao uso de diferentes sensores na resposta dos alvos, visando obter melhores resultados na análise da dinâmica temporal.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico. **Rio Bonito**: folha SF-23-Z-B-V-2 MI-2746/2. 5. ed. Rio de Janeiro, 1997. Carta topográfica na escala 1:50.000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico. **Marica**: folha SF-23-Z-B-V MI-2746/3 e 2774^a/1. ed. Rio de Janeiro, 1964. Escala 1:50.000. Carta Topográfica.

Chander, G.; Markham, B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamics ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 11, p. 2674-2677, 2003.

Chavez, P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 3, p. 459-479, 1988.

IBGE. **Itaboraí**: folha SF-23-Z-B-V-1. 2. ed. Rio de Janeiro, 1979a. Escala 1:50.000. Carta topográfica.

IBGE. **Itaipava**: dados digitais da carta topográfica na escala 1:50.000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/#sub_download>. Acesso em 12 fev. 2007. Os dados foram publicados sob forma impressa em 1974.

IBGE. **Nova Friburgo**: folha SF-23-Z-B-II-4. Rio de Janeiro, 1974. Escala 1:50.000. Carta topográfica.

IBGE. **Petrópolis**: folha SF-23-Z-B-IV-2. 2. ed. Rio de Janeiro, 1979b. Escala 1:50.000. Carta topográfica.

IBGE. **Saquarema**: Folha SF-23-Z-B-V-4 MI-2746/4. ed. Rio de Janeiro, 1981. Escala 1: 50.000. Carta Tipográfica.

IBGE. **Teresópolis**: folha SF-23-Z-B-II-3 MI-2716-3. 2. ed. Rio de Janeiro, 1983. Escala 1:50.000. Carta topográfica.

Jensen, J.R. Eletromagnetic radiation principles. In: **Remote sensing of the environment: an earth resource perspective**. New Jersey: Prentice Hall, 2000. chap 2, p. 29-51.

Kaufman, Y. The atmospheric effect on remote sensing and its correction. In: Asrar, G. **Theory and applications of optical remote sensing**. New York: John Wiley & Sons, 1989. chap. 9, p. 336-428.

NASA. Data Products. In: _____. **Landsat 7: science data users handbook**. Chap. 11. Disponível em <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.html>. Acesso em: 28 ago. 2008.

Ponzoni, F.J.; Shimabukuru, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: A. Silva Vieira. Ed., 2007.