

## Aplicação de um critério estatístico para a determinação da melhor composição colorida e análise visual em imagem LANDSAT 7 ETM+

**Attilio A. Disperati e Paulo C. de Oliveira Filho**

Departamento de Engenharia Florestal - UNICENTRO  
84500-000 Irati-PR

**Fernando L. Dlugosz e Rogério Bobrowski**

Engenheiro Florestal - UNICENTRO - Irati-PR

*(Recebido: 12 de março de 2003)*

*Resumo: Uma das questões discutidas, antes de extrair informações de imagens digitais de sensores remotos, está na escolha das bandas a utilizar. O presente trabalho utilizou a técnica de OIF (optimum index factor - Fator Índice Ótimo), para determinar a melhor combinação colorida por meio de um critério estatístico e comparar visualmente esta composição com a composição colorida R5,G4,B3, amplamente utilizada em estudos para a avaliação de recursos ambientais. Foram utilizadas as 6 bandas de resolução espacial de 30 m de uma imagem Landsat 7 ETM+ e o software SPRING 3.5. Com os valores digitais, de cada uma das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 da imagem, foram obtidos os valores da estatística univariada (média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão, variância e matriz de correlação), os quais foram utilizados no cálculo do OIF. A seguir, a melhor composição colorida da imagem e a composição R5G4B3 foi submetida ao processo de realce de contraste para expandir e uniformizar os níveis de cinza de seus histogramas originais, de modo a possibilitar uma melhor interpretação visual de suas características. O cálculo do OIF demonstrou que a melhor composição colorida foi a formada pelas bandas 3, 4 e 7. A diferença numérica de OIF, entre as três melhores composições coloridas, foi mínima. A comparação visual entre as duas composições não evidenciou diferenças marcantes referentes ao possível mapeamento do uso do solo.*

*Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Processamento digital de imagens, Estatística de imagens*

**Abstract:** *The choice of the available bands in one digital image must be considered in any digital analysis. In the present paper, the technique of OIF (optimum index factor) was used to determine the three best channels used for a color composite and latter on to compare it visually with the R5G4B3 color composite largely used in natural resource studies. The six 30 m spatial resolution bands of a Landsat 7 EM+ were considered in the study running under the software SPRING 3.5. From the digital values of the six bands it was acquired the univariate statistics values need for the IOF calculation. The IOF technique indicated that the best color composite was formed by the bands 3, 4 and 7. The IOF numerical differences between the three best color composite were small. The best color composite and the R5G4B3 color composite were enhanced for visual comparative analysis that indicated no outstanding differences related with possible land use mapping.*

**Key words:** *remote sensing, digital analysis, statistics of the image*

## 1 Introdução

As imagens satelitárias, para análise da cobertura vegetal e ocupação do solo, têm sido amplamente utilizadas, após serem submetidas a técnicas de processamento digital. A preparação de uma cena/ imagem para interpretação envolve alguns procedimentos iniciais que facilitam e agilizam esse trabalho. Dentre esses procedimentos, pode-se citar o cálculo do OIF (*optimum index factor - Fator Índice Ótimo*) que indica o ranking das melhores composições coloridas e a aplicação de técnicas de realce de contraste.

O OIF é aplicado a qualquer conjunto de dados multiespectrais de sensores remotos e analisa as possibilidades de composições coloridas, por meio de dados estatísticos obtidos da imagem. É calculado para um conjunto de 3 bandas, sendo que a composição colorida, com maior OIF, geralmente conterà as maiores informações (medido pela variância) e a menor quantidade de duplicação de informações (medido pela correlação) (*JENSEN, 1996*).

Após o cálculo do OIF, na melhor composição colorida indicada por este fator pode-se aplicar diferentes técnicas de realce de contraste, ao invés de simplesmente utilizar as bandas 3, 4 e 5, como freqüentemente se faz por coerência, por incluir uma das bandas da faixa do visível (bandas 1, 2 ou 3), a banda 4 (infravermelho próximo) e uma das bandas do infravermelho médio (banda 5 ou 7). A utilização das 3 bandas mencionadas implica em uma generalização, que nem sempre é a mais adequada, para os estudos de avaliação de recursos ambientais, já que informações importantes para determinados estudos podem estar contidas em outras bandas espectrais.

A aplicação de técnicas de realce de contraste visa expandir o histograma de freqüência dos valores digitais das bandas de uma imagem (aumento de contraste), de modo a facilitar a interpretação visual e a extração de informações úteis para a ocasião de estudo, já que uma imagem de satélite bruta, da forma como é adquirida, apresenta baixo contraste, porque, dificilment, os dados contidos espalham-se por

todos os níveis de cinza, concentrando-se, geralmente, numa pequena faixa, inviabilizando na maior parte das vezes a extração de informações da imagem.

Os objetivos do presente trabalho foram:

1. obter o ranking das possíveis composições coloridas entre as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 de parte de uma cena do satélite Landsat 7 ETM +, por meio de cálculos estatísticos das bandas;
2. aplicar diferentes técnicas de realce de contraste, oferecidas pelo *software* SPRING 3.5, à melhor composição colorida definida pelo critério estatístico;
3. comparar visualmente a melhor composição estabelecida com a composição colorida R5G4B3, amplamente utilizada em estudos de vegetação.

## 2 Material e métodos

O município de Irati está localizado no 2º planalto paranaense, a 156 km de Curitiba (no sentido sudoeste) e dentro do seguinte retângulo envolvente: latitude S 25º 16' 46" a 25º 39' 46" e longitude W 50º 30' 06" a 51º 10' 09". A área total do município equivale a 998,30 km<sup>2</sup>. Limita-se ao Norte com Imbituva (32 km) e Prudentópolis (52 km), ao Sul com Rio Azul (37 km) e Rebouças (20 km), a Leste com Fernandes Pinheiro (16 km) e a Oeste com Inácio Martins (52 km). O ecossistema que compõe a região é a Floresta Ombrófila Mista Montana e o tipo de clima segundo Köppen é o Cfb, com chuvas bem distribuídas, verões quentes e inverno definido (com geadas frequentes e severas). A altitude varia entre 800 - 1000m.

A cena, objeto de estudo, corresponde a parte de uma imagem Landsat 7 ETM+, órbita ponto 221/78, obtida em 17 de setembro de 1999, abrangendo as bandas espectrais 1, 2, 3, 4,5 e 7 com 30 m de resolução espacial e tendo dimensões de 2240 por 1407 pixels. As coordenadas geográficas do retângulo envolvente da área foram: 25º 39' 4.97" a 25º 16' 46.23" de latitude Sul e 51º 10' 9.78" a 50º 30' 6.57" de longitude Oeste.

O *software* utilizado foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 3.5, criado pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e de domínio público.

O procedimento inicial foi o cálculo da estatística univariada das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Como resultado desta estatística obteve-se para cada banda: média, desvio padrão, variância, valor mínimo, valor máximo e a matriz de correlação entre bandas.

A amostra, utilizada para esta análise, contemplou o máximo possível da imagem. Nesse sentido, Jensen (1996) comentou que amostras largas (grandes), extraídas aleatoriamente de populações naturais, usualmente produzem uma distribuição simétrica, representando melhor a população.

No presente trabalho, não se pode obter a estatística da imagem toda, porque no canto esquerdo desta, havia uma inclinação a qual dificultava a demarcação da amostra em forma retangular. Desse modo, uma amostra foi considerada na estatística univariada e correspondente à maior área possível da imagem, a qual formava um retângulo.

Com os dados da estatística da imagem, calculou-se o OIF através da seguinte expressão, que se baseia no total de variância e de correlação existente dentro e entre as várias combinações de bandas:

$$OIF = \frac{\sum_{k=1}^3 S_k}{\sum_{j=1}^3 r_j}$$

$S_k$  : desvio padrão da banda “k”

$r_j$  : coeficiente de correlação absoluta 2 a 2 entre as 3 bandas utilizadas, onde j representa cada um dos coeficientes de correlação possíveis em número de 3.

Para obtenção do número de combinações possíveis entre as seis bandas foi utilizada a fórmula da análise combinatória, apresentada a seguir:

$$C_{m,n} = \frac{m!}{(m-n)!n!}$$

$m$ : número total de bandas

$n$  : número de bandas na composição colorida

$m!$  : Fatorial de bandas

$n!$ : Fatorial do número de bandas da composição colorida

$C_{m,n}$  : Combinações (número) de composições coloridas possíveis

Sabendo-se que o número de composições possíveis e se obtendo o ranking destas, pelo cálculo do OIF, submeteram-se as bandas da melhor composição colorida definida pelo critério estatístico e a composição R5G4B3 da imagem, aos diferentes processos de realce de contraste existentes no *software* SPRING 3.5. Os processos de realce utilizados envolveram tanto métodos lineares, quanto não lineares.

As técnicas ou funções utilizadas foram: linear, raiz quadrada, quadrado, logaritmo, negativo e equalizar histograma. Em cada uma das técnicas, tentou-se deixar os níveis de cinza distribuídos sobre o histograma da maneira mais uniforme possível. Após o realce de ambas as composições, procedeu-se à seleção dos alvos referentes aos tipos gerais de uso e ocupação do solo: agricultura/pastagem, florestas naturais e plantadas, para posterior análise comparativa visual entre as composições coloridas.

### 3 Resultados e discussão

As Tabelas 1 e 2 fornecem os resultados da análise estatística efetuada com os valores digitais originais das seis bandas espectrais. Os dados de variância e

desvio padrão servem para conhecer o comportamento espectral de cada banda em relação à média. Estes dados devem ser interpretados sempre comparando-se uns aos outros e nunca isoladamente (*JENSEN, 1996*). É este o princípio de cálculo do OIF. Aplicando-se valores de desvio padrão e de correlação, das bandas participantes em cada composição colorida, foram obtidas 20 composições possíveis para cada imagem e cujos respectivos valores do OIF estão listados na Tabela 3.

Baseado no ranking da Tabela 3, a melhor composição colorida para a imagem foi a formada pelas bandas 3, 4, 7, seguidas de outras composições: 3, 4, 5 e 4, 5, 7. A composição com menor valor de OIF é a formada pelas bandas 1, 2, 3 e isso pode ser explicado devido à redundância de informação, pois são bandas muito próximas entre si, dentro da faixa espectral do visível.

Cena/Imagem					
Banda	Média	Desvio Padrão	Variância	Valor Mínimo	Valor Máximo
1	62,76	5,78	33,45	33	234
2	47,03	7,76	60,29	16	223
3	43,77	13,56	183,81	0	199
4	89,27	13,45	180,82	14	237
5	80,21	22,45	503,92	0	242
7	48,51	17,94	321,97	0	241

Tabela 1 - Parâmetros estatísticos oferecidos necessários ao cálculo do OIF.

Cena/Imagem						
	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 7
Banda 1	1,00	0,95	0,94	0,13	0,84	0,89
Banda 2	0,95	1,00	0,95	0,24	0,86	0,89
Banda 3	0,94	0,95	1,00	0,04	0,84	0,91
Banda 4	0,13	0,24	0,04	1,00	0,28	0,08
Banda 5	0,84	0,86	0,84	0,28	1,00	0,95
Banda 7	0,89	0,89	0,91	0,08	0,95	1,00

Tabela 2 - Matriz de correlação

A diferença numérica dos valores do OIF entre as três primeiras composições coloridas do ranking foi mínima. Mas, tal fato não ocorre com a quarta e as demais composições coloridas listadas acima. Nesse contexto geral, das seis bandas espectrais disponíveis, as que forneceram melhores resultados foram as bandas 3, 4, 5 e 7; no entanto qualquer composição colorida deve obrigatoriamente contar com a banda 4 por ser integrante das dez primeiras composições coloridas do *ranking*. Além disso, ela apresenta as menores correlações com as demais bandas (Tabela 2), isto é, a banda com o menor percentual de informação repetida.

No exemplo apresentado por Jesen (*1996*), a melhor composição colorida era formada pelas bandas 1, 4, 5 e a diferença numérica entre as duas primeiras composições do *ranking* foi de 3,588, caracterizando uma grande diferença entre as duas

primeiras composições. Já para Oliveira Filho *et al.* (1998), utilizando dados digitais multiespectrais de alta resolução obtidos pelo sensor CASI em área rural do Estado do Paraná, a melhor composição colorida foi formada pelas bandas 3, 6, 7 e a diferença numérica entre as duas primeiras composições coloridas do *ranking* foi 2,61. Esses resultados são diferentes do obtido na presente pesquisa, evidenciando a necessidade de se avaliar os dados disponíveis, caso a caso, principalmente diante da grande variedade de produtos de sensores remotos.

Ranking	Composições Coloridas	OIF
1	3,4,7	43,64
2	3,4,5	42,64
3	4,5,7	41,10
4	1,4,7	33,79
5	1,4,5	33,34
6	2,4,7	32,36
7	2,4,5	31,64
8	1,3,4	29,54
9	2,3,4	28,27
10	1,2,4	20,45
11	3,5,7	19,98
12	2,5,7	17,83
13	1,5,7	17,23
14	2,3,5	16,52
15	1,3,5	15,95
16	2,3,7	14,28
17	1,3,7	13,61
18	1,2,5	13,58
19	1,2,7	11,53
20	1,2,3	9,54

Tabela 3 - Ranking das possíveis composições coloridas a partir de 6 bandas espectrais de parte de imagens do Landsat 7 ETM+ que recobre o município de Irati - PR.

A próxima etapa, após o cálculo do OIF, foi aplicar diferentes técnicas de realce de contraste oferecidas pelo *software* SPRING 3.5 a melhor composição colorida (individualmente para cada banda da composição). A utilização destas técnicas sobre uma imagem digital visa produzir uma imagem com histograma aproximadamente simétrico, a partir de um histograma assimétrico, tentando otimizar o uso dos 256 níveis de cinza que compõem uma imagem espectralmente visível (CRÓSTA, 1993). Isto pode ser verificado e confirmado na Figura 1, referente à banda 04 da imagem.

As três melhores técnicas analisadas para a ocasião de estudo foram: a equalização do histograma, elevação dos valores ao quadrado e contraste linear. Esta seqüência de resultados adveio da análise dos histogramas das bandas (após aplicação do realce) em cada uma das técnicas utilizadas, bem como a respectiva composição colorida das 3 bandas (3, 4, 7) para cada processo de realce. A técnica de equalização

do histograma definiu melhor os diversos usos do solo na imagem, contrastando bem as regiões de agricultura/pastagem, florestas naturais e plantadas, oferecendo maior número de informações e tornando-as melhor interpretáveis visualmente. A técnica “quadrado” não definiu muito bem os diversos tipos de uso do solo deixando a imagem um pouco mais escura e difícil de interpretar. A técnica “linear” também não definiu satisfatoriamente os diferentes usos do solo, deixando a imagem mais clara que o desejável, dificultando a interpretação.

A razão para o melhor ajuste da técnica de equalização do histograma é que ela expande os níveis de cinza, gerando um histograma mais uniforme do que as outras técnicas.

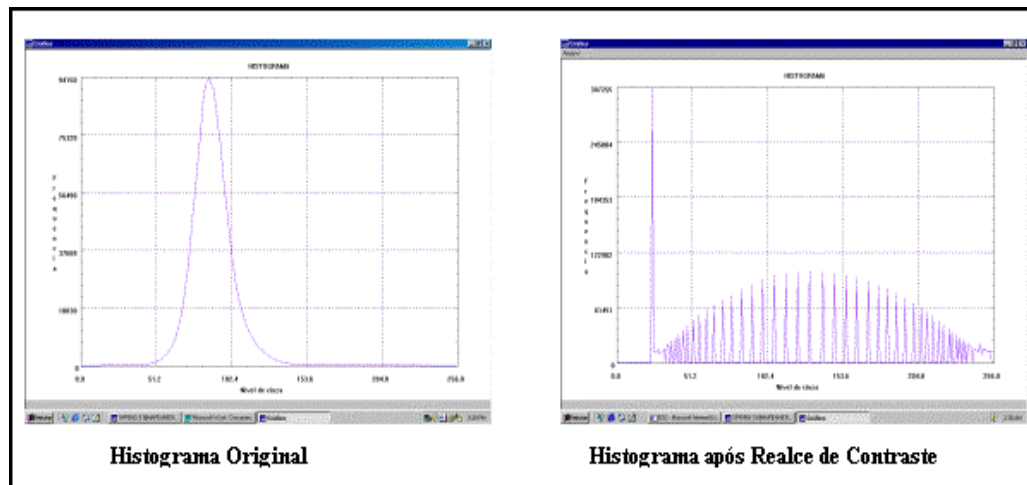


Figura 1 - Histograma original e após aplicação do processo de realce de contraste (Equalizar histograma) da banda 4 da imagem.

## 4 Conclusão

As principais conclusões da pesquisa foram: a técnica de OIF é simples de ser aplicada e os elementos necessários para o seu cálculo são facilmente obtidos por meio do *software* SPRING 3.5; pelo IOF a melhor composição colorida foi a que utilizou as bandas 3, 4 e 7; o melhor processo de realce de contraste, visualmente e pela análise do histograma após realce, foi a equalização do histograma, seguido pela técnica de elevação dos valores ao quadrado; para declarar qual o melhor processo de realce de uma imagem, deve-se conciliar a análise subjetiva com análise do histograma após realce; não ficou evidenciada qualquer diferença marcante, ou seja, que pudesse ser evidenciada visualmente, entre a melhor composição colorida definida pelo critério estatístico do OIF e a composição R5B4G3 em decorrência da análise visual comparativa.

## Referências

- CRÓSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas: IG/ UNICAMP, 1993.
- INPE/ DPI. *Spring 3.5: Geoprocessamento ao alcance de todos*. São José dos Campos, CD-ROM, 2001.
- JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2<sup>a</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- OLIVEIRA-FILHO, P. C.; DISPERATI, A. A.; KIRCHNER, F. F. *Análise de dados digitais multiespectrais de alta resolução obtidos pelo sensor “compact airborne spectographic imager” em área rural do Estado do Paraná - Brasil*. CERNE, 41(1), P. 1-21, 1998.