

RESOLUÇÃO TEMÁTICA DE IMAGEM HÍBRIDA RESULTANTE DA FUSÃO SPOT-LANDSAT

Alzir Felipe Buffara Antunes

Universidade Federal do Paraná
Departamento de Geomática
felippe@cce.ufpr.br

RESUMO

Este trabalho relata um estudo que teve por objetivo avaliar procedimento de integração ou fusão de imagem de alta resolução espacial com outra de alta resolução espectral imagem SPOT e LANDSAT respectivamente. Os métodos utilizados foram IHS(Intensidade, Matiz e Saturação) e Análise de Componente Principal. Compara-se ambos os métodos citados no melhoramento da resolução temática da imagem híbrida ou fundida. A análise temática sobre a imagem híbrida é realizada através de processo de segmentação, por meio do algoritmo *isodata* de classificação não supervisionada.

ABSTRACT

This paper presents image fusion procedures between high-resolution spot panchromatic and Landsat TM multiespectral using IHS and PCA analysis. The aim of this paper is discuss the thematic resolution improvement using on generated hybrid images segmentation procedures. The aim is to assess the improvement of thematic resolution (pattern recognition) of classified images from those different hybrid images.

Palavras chaves: fusão de imagens, sensoriamento remoto, processamento digital de imagens.

1-Introdução

Haja vista os mais diferentes tipos de dados de sensoriamento remoto hoje disponíveis cada vez mais cresce a necessidade de integração de diferentes tipos de imagens. A integração de dados é hoje um dos procedimentos mais importantes no estudo do espaço geográfico.

Muitas técnicas de integração estão disponíveis nos principais softwares de sensoriamento remoto, tais como: Transformação IHS, Principais Componentes, *wavelet*, normalização, dentre outros. No obstante nem sempre o produto final é de fácil interpretação, uma vez que a imagem resultante, possui sua estatística totalmente modificada.

É desejável em qualquer procedimento de integração ou fusão de imagem de alta resolução espacial com outra de alta resolução espectral, que seja preservado, dentro do possível, as características espectrais do dado original. Na verdade nenhum dos métodos citado preserva a integridade espectral na sua totalidade, porém, em geral apresentam um grande incremento na detecção de feições de difícil identificação nas imagens baixa resolução espacial.

A imagem fundida passa a possuir uma melhor resolução espacial e uma resolução espectral de certa maneira próxima à imagem multiespectral. Parece lógico afirmar que os resultados dependem do tipo de imagem a serem fundidas (Spot pancromático 10m e Landsat Multiespectral 30 m, Ikonos pancromático 1m Ikonos multiespectral 4m dentre outras combinações) e do método adotado.

Os conjuntos de dados (imagens) a serem fundidos devem ser analisados de acordo com suas resoluções-espacial e espectral, porém a imagem híbrida resultante pode ser avaliada em

relação a uma nova componente, que se denominada temática (resolução temática). Esta estaria ligada à capacidade do usuário de poder identificar padrões partir de imagens híbridas (CARPER et al: 1990; CHAVEZ et al: 1991; FONSECA & MANJUNATH: 1996).

2-Objetivos

Objetivo geral deste trabalho é avaliar a aplicabilidade de uma imagem híbrida (oriunda da fusão de dados de diferentes sensores) à classificação digital.

Os objetivos específicos deste estudo são:

- a)- Utilizar adequadamente a técnica de componentes principais e IHS na fusão de imagem;
- b)- Testar procedimento de segmentação sobre a imagem híbrida;
- c)- Comparar os resultados obtidos em termos de melhora na identificação de padrões ou resolução temática.

3- Dados e área de estudo

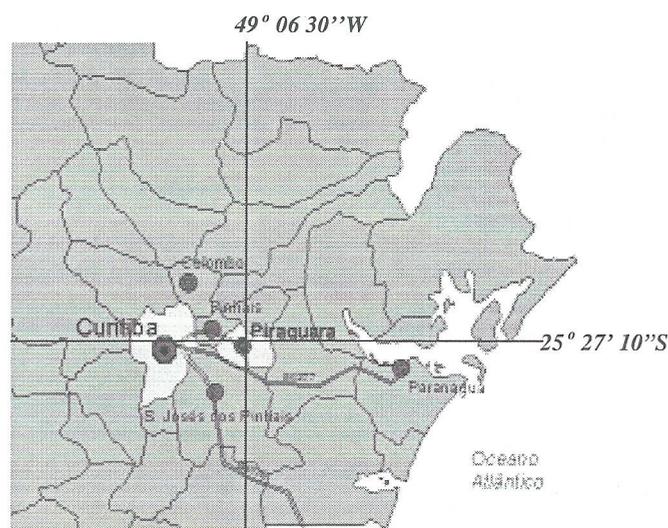
Para este estudo foram disponibilizadas as seguintes imagens:

Spot Pancromática, 1997, resolução 10 m, Região Metropolitana Curitiba-Pr.

Landsat Multiespectral, 1997, Bandas: TM7, TM5, TM4, TM3, resolução 30 m, da mesma região.

A área amostrada de 4Km², situa-se na porção leste da grande Curitiba e envolve parte da zona urbana e rural do Município de Piraquara (figura1).

Figura 1- Situação do Município de Piraquara na RMC.



A região está sobre a influência direta da grande crescimento urbano ocorrido RMC (Região Metropolitana de Curitiba), nos últimos sete anos. Como resultado observa-se uma grande diversidade de ocupações: floresta nativa (remanescente de Floresta Ombrófila Mista), capoeiras, reflorestamento e áreas urbanizadas. Quanto maior a diversidade de informação contida em uma imagem mais dificuldade ter-se-á no reconhecimento correto das feições, por mais que o usuário conheça a região imageada, o que justifica o processamento de fusão a fim de se obter uma possível melhora de resolução temática.

4-FUSÃO DE IMAGENS

4.1- Método IHS

A fusão de dados de multisensores através da transformação (IHS)-Intensidade, Matiz e Saturação - tem sido muito utilizada na obtenção de imagens híbridas com melhor resolução espacial. O método é baseado em parâmetros de percepção de cor pelo ser humano definido em termos de intensidade (brilho de uma cor), matiz (cor dominante: vermelho, verde, azul, etc) e saturação (pureza da cor). Cores vivas possuem alta saturação, cores pálidas baixa saturação.

Fundamentalmente, a transformação IHS permite a separação da informação espacial como componente intensidade da informação espectral contida nas componentes saturação e matiz de uma imagem colorida. No caso de fusão de imagem, determina-se I,H,S a partir de três bandas TM, aplica-se um aumento de contraste nas componentes H e S e substitui-se I pela banda pancromática. Efetua-se então a transformação IHS para RGB. A fim de assegurar a precisa combinação entre o sistema Landsat e o Spot pancromático são co-registradas usando a imagem de maior resolução como referência. A imagem Landsat é reamostrada para a mesma resolução do pixel da imagem pancromática (10 metros). A reamostragem é realizada pelo método da convolução cúbica, haja vista a alteração de resolução espacial.

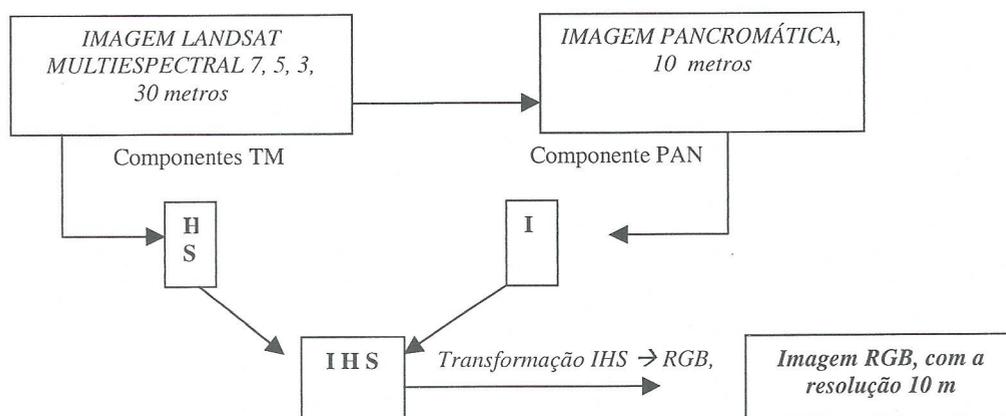
Assume-se que a componente I (intensidade) é equivalente a imagem pancromática (Spot), e a informação espectral estará contida nas componentes H (matiz) e S (saturação).

A imagem resultante dita híbrida, mantém a resolução espacial na imagem pancromática e a resolução espectral das bandas Landsat envolvidas. Pode-se resumir toda a transformação nas seguintes etapas (figura 2):

- As componentes IHS são derivadas das três bandas Landsat no espaço RGB e o dado pancromático é diretamente substituído pela Intensidade computada;

A transformação reversa para RGB é feita de forma que os dados multiespectrais são reamostrados para a resolução 10 m (figura 2).

Figura 2- Etapas da transformação do processo de fusão IHS



4.2- Método PCA: Análise de Componentes Principais

Este tipo de transformação apresenta-se como muito interessante por permitir que todas as bandas espectrais do sistema Landsat possam ser utilizadas (com exceção do TM6). O método das componentes principais assume que a primeira componente PC1 contém toda Intensidade ou brilho da cena.

Originalmente a PC1 (primeira componente), de uma imagem multiespectral provém de combinações lineares baseadas na matriz de covariância das bandas envolvidas. De forma que a primeira componente agregará grande parte dos dados comuns das bandas envolvidas, ou seja, a maior variância. As demais componentes terão os dados mais particularizados da cena. A soma da variância total das componentes deverá ser igual da variância total da imagem original (CARPER: 1990; CHAVEZ et al: 1991; MARDIA, 1996).

O procedimento de fusão é de certa forma similar ao IHS. Parte-se do princípio que o dado PAN possa ser realçado de forma a ter uma variância próxima a componente PC1. Justifica-se este procedimento por ser o dado PAN muito parecido espectralmente com a PC1 (alta correlação linear). Isto se deve ao fato que a PC1 concentra maior parte das informações das bandas TM envolvidas.

Neste método a imagem pancromática é realçada de forma a possuir uma variância similar a da primeira componente. O resultado do realce do dado PAN substituiu a PC1, antes da transformação inversa que permite que as outras componentes componham o espaço RGB com a resolução espacial da imagem PAN.

4.3- Comparação IHS/PCA

4.3.1- Análise Estatística

A fim de comparar estatisticamente os dois métodos descritos processou-se os seguintes conjuntos de imagens dispostas na tabela 1.

A suposição básica para este tipo de análise parte do princípio que em ambos dos métodos de fusão PCA e IHS, o dado pancromático é similar a primeira componente (PC1) e intensidade (I). Portanto, a partir deste pressuposto, o dado pancromático poderá substituir tanto a primeira componente quanto a intensidade na transformação inversa para o espaço original da imagem (RGB).

A eficácia do método irá depender de quão correlacionada é a imagem pancromática das imagens intensidade e primeira componente. Os coeficientes de correlação podem ser avaliados entre PAN e as resultantes I e PC1. Baseado nas combinações da tabela 1, observa-se os coeficientes de correlação da tabela 2.

A tabela 2 mostra que a primeira componente principal (PC1) é mais correlacionada com a imagem pancromática que as imagens de intensidade (I1 e I2). Isto pode ser explicado pelo fato de que o método referido leve em conta um maior número de bandas, o que potencializa uma maior concentração de informação na primeira componente. Realizou-se como o método PCA uma fusão utilizando apenas três bandas (5,4,3), como resultado se observou que a correlação teve um leve decréscimo para 0,862.

Analisando as componentes intensidade oriundas das combinações I1(5,4,3) e I2(7,5,4), detecta-se que I1 possui uma maior correlação que I2, no que se refere ao dado PAN. Neste caso parece evidente que as combinações de bandas influem sobremaneira na similaridade entre o dado PAN e intensidade. Onde a banda 3 está presente a correlação é maior, haja vista que a banda 3 possui uma alta correlação com o dado PAN (banda 3/PAN= 0,83).

Neste caso de acordo com a tabela 2 a correlação entre a PAN e PC1 por ser maior (0,881) satisfaz mais ao pressuposto básico do processo de fusão. No obstante, deve-se ter em conta que algumas destas variações podem também ser oriundas da diferença de resolução espacial. Pode-se também atribuir a maior correlação da PC1 pelo fato de ter sido um maior

número de bandas no processamento o que a priori permite uma concentração maior de dados na PC1.

Tabela 1: Combinações utilizadas no processo de fusão

Método	Bandas TM, processadas com a PAN
PCA	7,5,4,3
IHS (I1)	5,4,3
IHS (I2)	7,5,4

Tabela 2: Coeficientes de correlação

PAN (pancromática)	PCA PC1	IHS I1	IHS I2
1	0,881	0,796	0,728

4.3.2- Análise Visual

A fim de continuar a mesma seqüência da análise estatística se apresenta a comparação entre a banda PAN e PC1, I1 e I2. De acordo com figura 3, nota-se diferenças entre a PAN e as outras imagens. É interessante lembrar que a imagem PAN substitui estas imagens (PC ou I) de acordo com o processo de fusão. Nota-se que PC1 apresenta maior similaridade com a banda pancromática (figura 3).

Observa-se que I2 oriunda da combinação das bandas 5,4,3 difere mais da imagem pancromática do PC1 e I1. Este resultado era esperado uma vez I2 possui a menor correlação com a imagem PAN.

4.3.3- Imagens Híbridas- Análise Estatística

As imagens híbridas resultantes do processo de fusão possuem três bandas por IHS e 4 bandas por PCA, possuindo ambas imagens a resolução espacial de 10m. Pode-se avaliar as características destas imagens oriundas do método PCA (imagem PCA, bandas 7,5,4,3) e IHS (imagem IHS, bandas 5,4,3). A observar visualmente as imagens da figura 3, nota-se uma similaridade de padrões entre as imagens IHS e PCA, contudo, a imagem PCA possui 4 bandas o que permite um maior número de combinações coloridas o que facilita a interpretação da mesma.

Algumas feições podem ser mais bem distinguidas na imagem PCA, uma vez

que combina em RGB bandas menos correlacionadas (tabela 3).

Figura 3: Imagem Pancromática com as imagens I (intensidade), e PC1, primeira componente principal.



Tabela 3: Correlação das imagens híbridas IHS (com três bandas) e PCA (quatro bandas).

Bandas IHS	1	2	3
1	1	0,61	0,88
2	0,61	1	0,56
3	0,88	0,56	1

Bandas PCA	Pc 1	Pc 2	Pc 3	Pc 4
Pc 1	1	0,89	-0,02	0,86
Pc 2	0,89	1	0,17	0,83
Pc 3	-0,02	0,17	1	0,07
Pc 4	0,86	0,83	0,07	1

De acordo com a tabela 3, as bandas da imagem híbrida resultante das principais componentes possuem uma menor correlação que as 3 bandas da imagem IHS, o que pode apresentar alguma vantagem quando se deseja reconhecer padrões espectralmente próximos entre si.

5- Segmentação

Numa imagem com grande diversidade de padrões, em geral, existe dificuldade em reconhecer visualmente todas áreas que compõem uma mesma classe. Desta forma, julgou-se adequado aplicar sobre a imagem híbrida um algoritmo de segmentação, onde todas áreas de mesma variação espectrais seriam associadas à determinada classe. No caso em questão foi

aplicado o algoritmo de agrupamento (*Isodata*), para 6 grupos distintos de classes.

Para este caso, o processo de segmentação utilizado sobre a imagem híbrida é de agrupamento baseado na distância espectral. O método utiliza a mínima distância espectral para associar um *pixel*, dito candidato, a determinado segmento.

O método apresenta uma forma seqüencial, onde iterativamente associa-se *pixels* a determinada classe ou segmento, então, redefine critérios para cada segmento e recriam-se novas classes, de forma que distâncias espectrais são definidas gradualmente. Desta forma a imagem segmentada pode ser associada a determinado conjunto de classes.

Na primeira iteração do método a média para os 6 segmentos ou *clusters* pode arbitrariamente determinada. Na seqüência, uma nova média para cada *cluster* é calculada baseada na posição espectral dos *pixels* no *cluster*, ao invés da média arbitrária inicial. As iterações são processadas até atingir o limiar desejado.

Uma das vantagens deste tipo de segmentação é que a imagem temática resultante pode ser avaliada e manipulada antes de se proceder a uma classificação supervisionada. Em outras palavras o processo permite avaliar a potencialidade de discriminação de classes de uma determinada imagem.

As seis classes observadas nas imagens híbridas foram associadas de acordo com interpretação visual da imagem e levantamento de campo, apesar da defasagem temporal de 2,5 anos entre a tomada das imagens e o levantamento.

Reconheceram-se as seguintes classes:

Classe 1: Floresta Ombrófila Mista ou Floresta Nativa: *Floresta típica da região do 1º e segundo planalto do Paraná;*

Classe 2: Vegetação Alterada (capoeira): *Vegetação em processo sucessional já avançado;*

Classe 3: Solo Exposto ou Arado: *Solo nu ou preparado para plantio;*

Classe 4: Construções/Ruas/Estradas: *Solo com revestimento;*

Classe 5: Plantações: *Áreas de agricultura;*

Classe 6: Pastagem/Capoeirinha: *Vegetação rasteira e de primeira sucessão;*

A imagem segmentada a partir da imagem híbrida por IHS apresenta algumas diferenças em relação a imagem PCA da figura 4 A. Isto se deve ao fato das diferenças nos processos de fusão. Numa primeira análise a imagem da figura 4a apresenta um melhor resultado em relação a imagem congênere IHS (figura 4b).

Figura 4- Imagem segmentada a partir da imagem híbrida (PCA) e IHS.

4a- Imagem classificada (PCA)

4b- Imagem Classificada (IHS)



Figura 5- Imagem Landsat segmentada (isodata 6 classes). Nota-se uma menor homogeneidade entre as classes.



6- Avaliação da resolução temática

Denominou-se neste trabalho de resolução temática a capacidade de se reconhecer padrões na imagem baseado na característica espectral e espacial dos pixels da imagem híbrida. É esperado que o usuário tenha maior facilidade de interpretação visual de uma imagem híbrida do que diretamente nos dados originais. Contudo esta resolução deve ser analisada em termos de incremento na detecção de padrões por meio de procedimentos convencionais de classificação.

Se compararmos a imagem segmentada Landsat (figura 5) com 4 bandas com as imagens híbridas segmentadas (figuras 4a e 4b) observam-se nestas imagens um melhor contraste no que se relaciona a separação das seis classes citadas. As classes na imagem híbrida aparecem bem mais delineadas o que de certa forma seria previsível, vista a melhor resolução espacial da imagem híbrida em relação a Landsat. Isto mostra que a resolução temática possui grande dependência da resolução espacial. O ganho de informação espacial supera de certa forma a perda relativa de informação espectral no processo de fusão.

Tabela 4- Quadro comparativo de avaliação temática

IMAGENS HÍBRIDAS	Interpretação Visual da Imagem Temática
Landsat (7,5,4,3)	Maior confusão entre as classes. Segmentação mais generalizada-perda de detalhes.
PCA 4 bandas	Boa separação entre cidade e solo exposto; Melhor separabilidade entre as classes de vegetação (vegetação alterada e floresta). Boa detecção de bordas;
IHS 3 bandas	Boa separação entre cidade e solo exposto; Menor separabilidade entre as difetentes classes de vegetação (vegetação alterada e floresta). A imagem se apresenta mais generalizada.

7- Considerações Finais

Dos resultados acima observados pôde-se concluir o seguinte:

- a) A técnica de fusão de PCA- Principal componentes- apresenta melhor resultado no que se refere a segmentação da imagem da imagem híbrida do que a congênere IHS, uma vez que a imagem híbrida PCA apresenta um maior número de bandas o que potencializa uma melhor segmentação. CHAVEZ et al (1991) também verificaram as vantagens do método PCA em relação IHS no que se refere à estatística da imagem;
- b) A imagem segmentada oriunda da imagem híbrida possui uma melhor resolução temática que as imagens originais, Landsat e Pancromática, o que viabiliza o processo de fusão digital com fins de classificação.

Vale ressaltar que num estudo mais aprofundado seria interessante proceder sobre a imagem híbrida classificação supervisionada a partir de amostras coletadas em campo. Desta forma a comparação passaria a ter um aspecto mais quantitativo do que o qualitativo apresentado nesse trabalho. Poder-se-ia avaliar quais as classes que realmente tiveram uma melhora de acurácia em relação à realidade de campo e assim aferir um índice relativo de resolução temática.

Ademais, parte-se do pressuposto que com os novos sensores hoje disponíveis poderão ser feitas mais combinações e fusões de imagens o que permitirá desenvolver novos algoritmos de detecção de padrões baseados em análise de textura resultante de uma maior resolução espacial.

Referências Bibliográficas

- CARPER W. J; LILLESAND, T. M. & KIEFER, R. 1990. *IHS transformation for Merging spot panchromatic and multispectral mage data*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol 56, n 4, pp 459-467.
- CHAVEZ, P. 1986. *Digital merging of Landsat TM and digitized NHAP data for 1:24000 scale image mapping*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol 52, n 10, pp 1637-1646.
- CHAVEZ P, SIDES, S & ANDERSON, A. 1991. *Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: Landsat TM and Spot panchromatic*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol 57, n 3, pp 295-303.
- FONSECA, L & MANJUNATH, B. S. 1996. *Registration techniques for multisensor remotely sensed Imagery*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol 62, n 9, pp 1049-1056.
- MARDIA, K.V. 1996. *Multivariate Analysis*. Academic.Press. New York.
- RICHARDS, J. 1993. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer-Verlag Second Ed. Budapest.