



Sensoriamento Remoto II

3. Fusão de imagens

- **BROVEY**
- **PC**
- **IHS**
-

UFPR – Departamento de Geomática
Prof. Jorge Centeno

2024 copyright@ centenet



fusão

É aplicada com o objetivo de produzir uma imagem multiespectral de alta resolução espacial a partir de :

- Uma imagem multiespectral de baixa resolução espacial e
- Uma imagem pancromática de alta resolução espacial

As técnicas de fusão mais conhecidas são as de substituição

- Intensidade-Matiz-Saturação (IHS)
- Componentes Principais;
- Ou de ponderação, como o método de Brovey
-

exemplo

- A) original Multiespectral
- B) pancromática

Fusão de imagens de Sensoriamento Remoto utilizando a Transformada Wavelet Haar

Osny Ferreira da Silva, Giovanni Araujo Boggione, Leila Maria Garcia Fonseca



(a)



(b)

exemplo

Original e fusão

Fusão de imagens de Sensoriamento Remoto utilizando a Transformada Wavelet Haar

Osny Ferreira da Silva, Giovanni Araujo Boggione, Leila Maria Garcia Fonseca



(a)



(c)



etapas

- 1 pré-processamento
- 2 fusão
- 3 verificação

Resolução diferente



Repare na diferença de tamanho ...A área amarela na segunda imagem corresponde à área coberta pela PAN

Pré-processamento

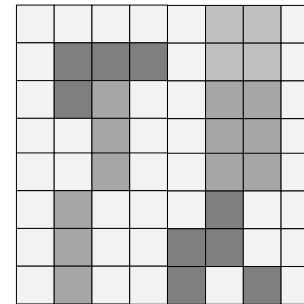
Como o pixel da imagem pancromática é menor, são necessárias mais linhas e colunas para cobrir a mesma região na terra do que são necessárias na imagem multiespectral.

Deve-se fazer o ajuste geométrico entre as duas imagens.

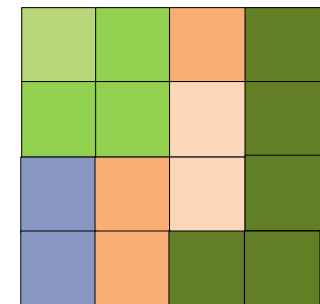
Com a imagem PAN como base geométrica se ajusta a imagem multiespectral.

Com isto, o número de linhas e colunas da imagem multiespectral será aumentado, porém sem aumento de informação.

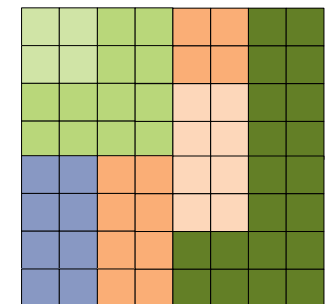
Exemplo: Landsat



PAN 15m
Base (nxm)



multi 30m



multi reamostrada
15m
(nxm)

Correção geométrica imagem vs imagem

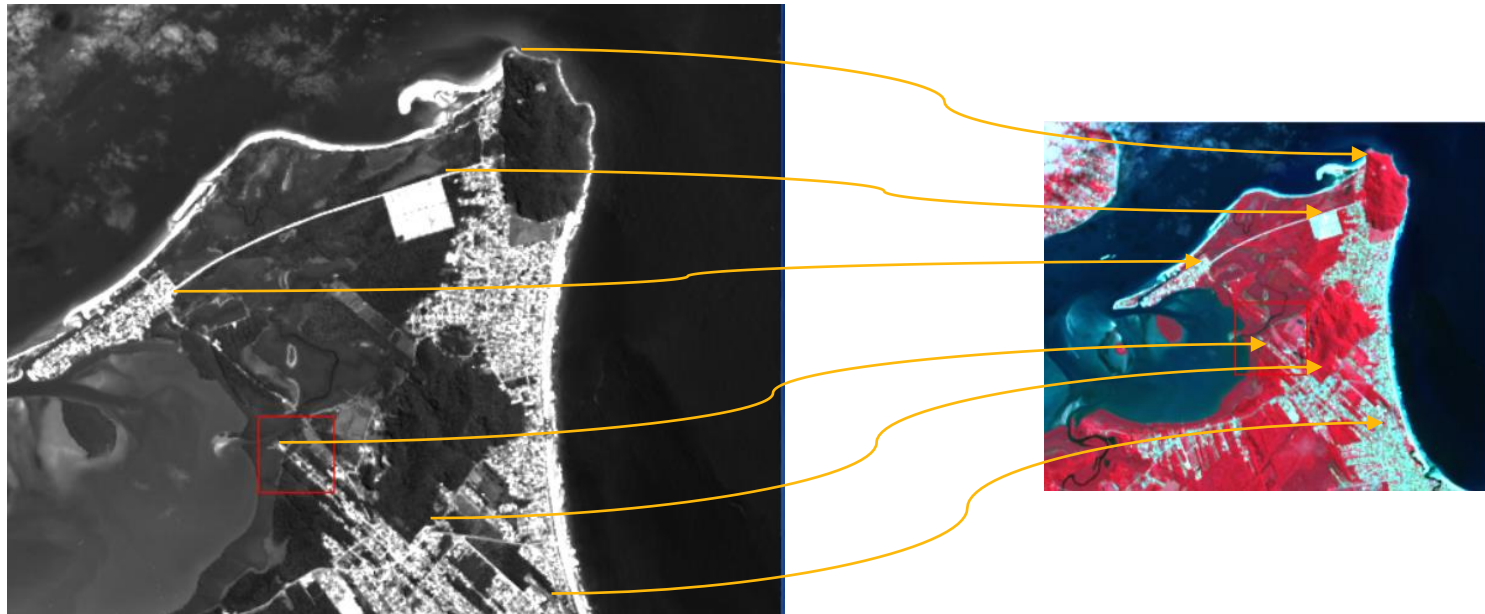
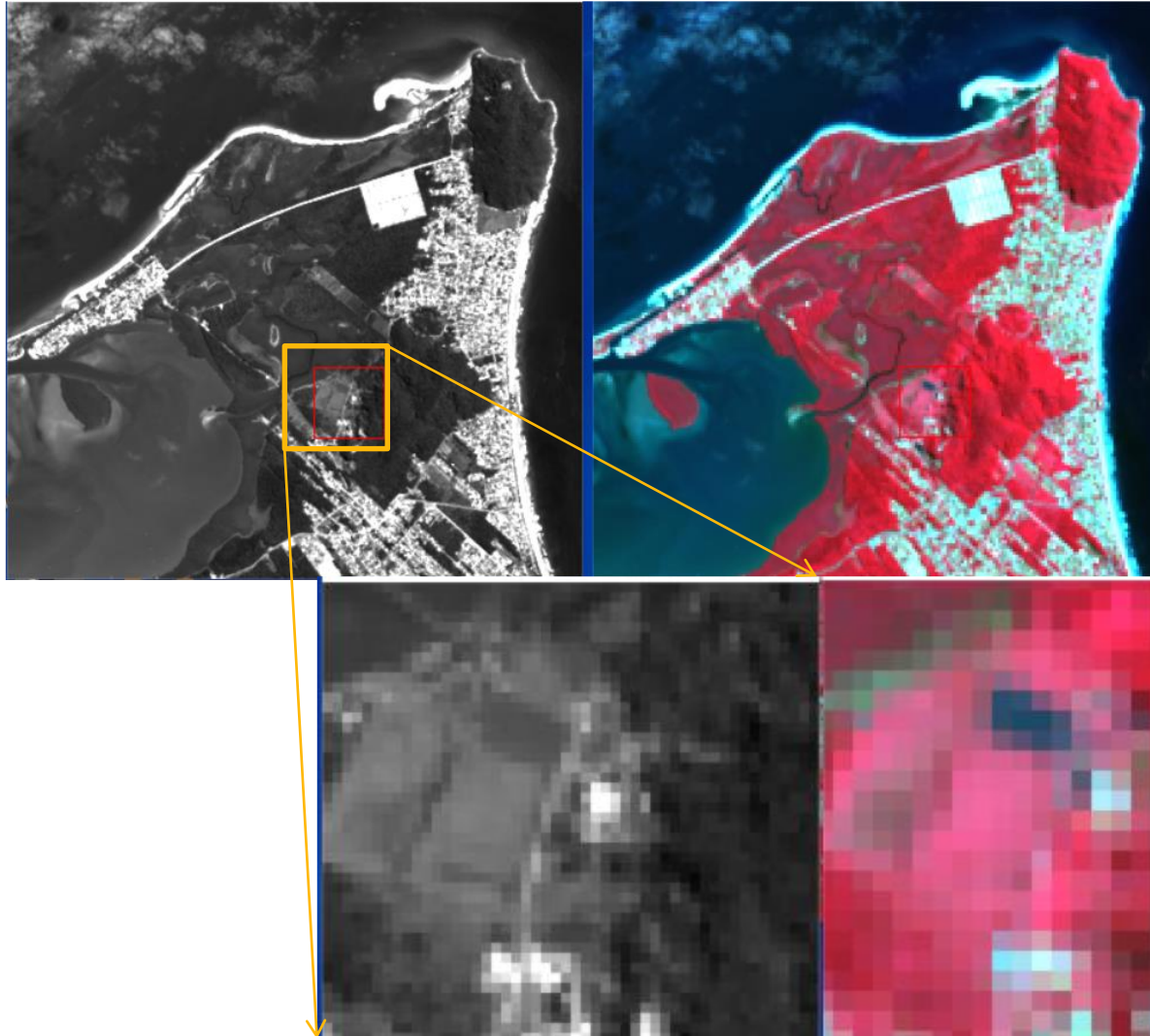


Imagem base: PAN

Selecionar pontos correspondentes nas duas imagens.

Aplicar a transformação Geométrica. Um método de interpolação simples (bilinear) é suficiente.

Mesma geometria, resolução diferente



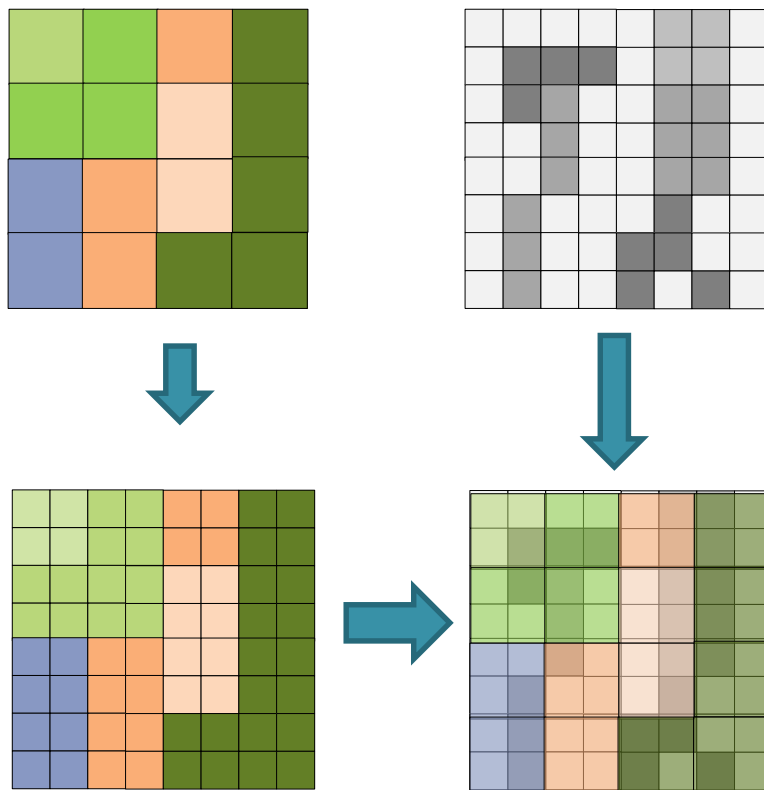
Com isto, o número de pixels da imagem multiespectral foi aumentado, porém não a informação.



fusão

- Tem várias opções
- Brovey
- Por substituição
 - IHS
 - Componentes principais
- (existem outros)...

princípio



dividir cada pixel colorido (de maior tamanho) e clarear/escurecer cada parte segundo a informação da pancromática.



Método de Brovey

Realiza a normalização das bandas, calculando a proporção de cada cor (0 a 1) e o total de intensidade contido nas três bandas.

$$I = R + G + B$$
$$I = B_1 + B_2 + B_3$$

$$I = \sum_{i=1}^3 B_i$$

Contribuição de cada cor básica na intensidade, a proporção de cor...

$$x_i = B_i / I$$

$$r = R / (B_1 + B_2 + B_3)$$

$$g = G / (B_1 + B_2 + B_3)$$

$$b = B / (B_1 + B_2 + B_3)$$

Então:

$$r + g + b = 1$$

A informação de cada pixel pode ser descrita pelo conjunto [I,r,g,b]



Normalização de RGB

A informação de cada pixel é descrita pelo conjunto $[I, r, g, b]$, onde r, g e b preservam a informação de cor.

Os valores originais podem ser calculados

$$R = r * I$$

$$G = g * I$$

$$B = b * I$$

Mas, e se em lugar de “ I ” for usada a PAN? Já que são parecidas?

$$R' = r * PAN$$

$$G' = g * PAN$$

$$B' = b * PAN$$

Ou substituindo:

$$R' = (R/I) * PAN$$

$$G' = (G/I) * PAN$$

$$B' = (B/I) * PAN$$



Método de Brovey

Alterar a claridade do pixel conforme a intensidade da pancromática

$$b_i = \frac{Banda_i}{\sum_{i=1}^n Banda_i} * PAN$$

A pancromática vai aumentar o diminuir a intensidade da banda original.

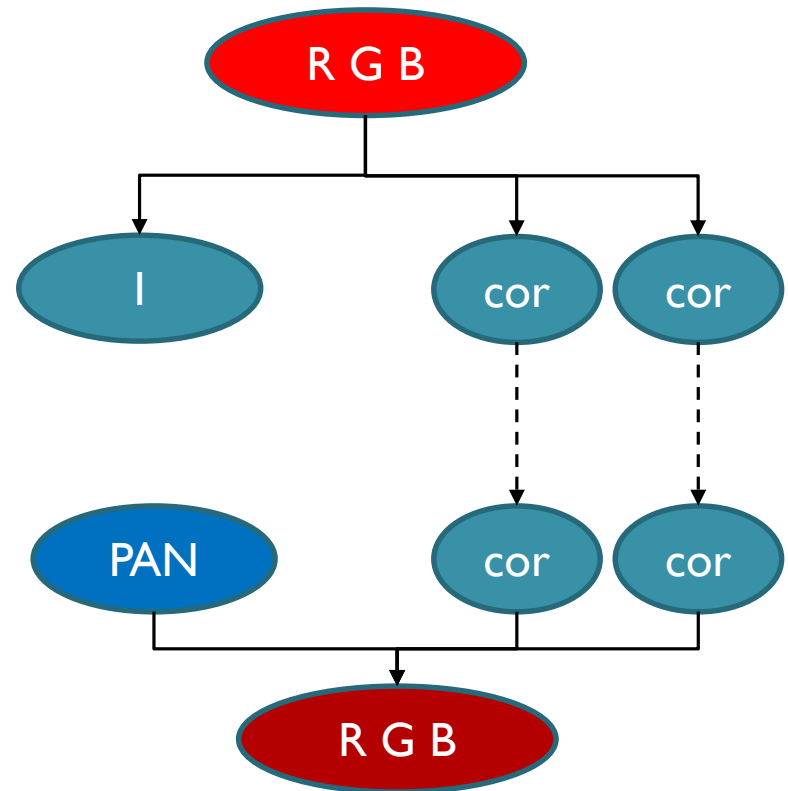
Fusão por substituição



Fusão por substituição

Se a imagem RGB for representada em um sistema que separe a intensidade (I) das outras componentes da cor

Então, como a única diferença será a resolução espacial, se pode substituir essa componente pela PAN e aplicar a transformação inversa.





Fusão por substituição

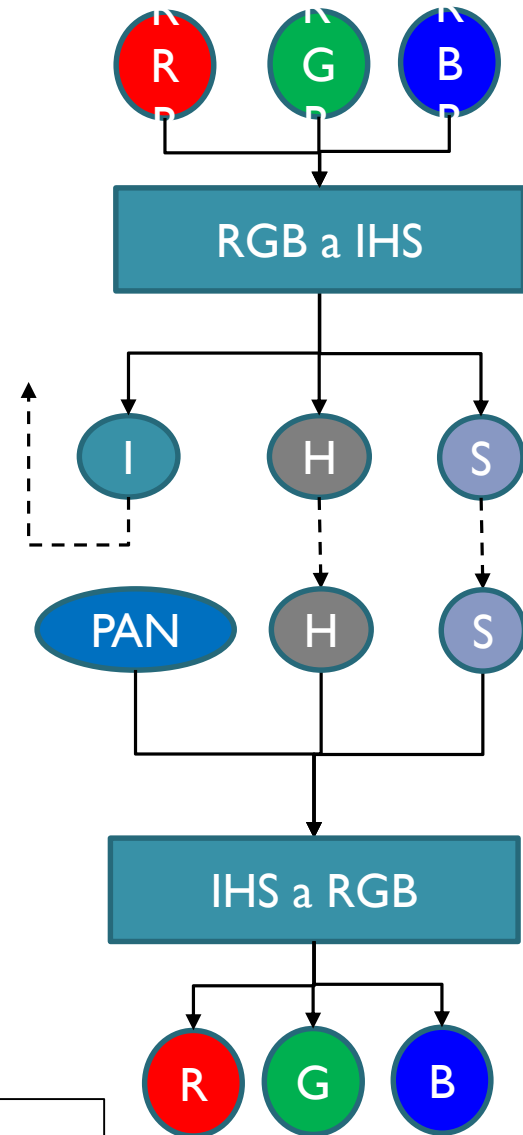
passos

- 1) Transformar a imagem usando um método (T) , ex: IHS ou Componentes Principais;
- 2) Selecionar a banda a ser substituída, que deve ter alta correlação com a banda pancromática
- 3) Ajustar o histograma da pancromática para se parecer ao da banda a ser substituída
- 4) Substituir a banda multiespectral escolhida, pela banda pancromática; Com isso se cria uma nova imagem.
- 5) aplicar a transformação inversa (T^{-1})

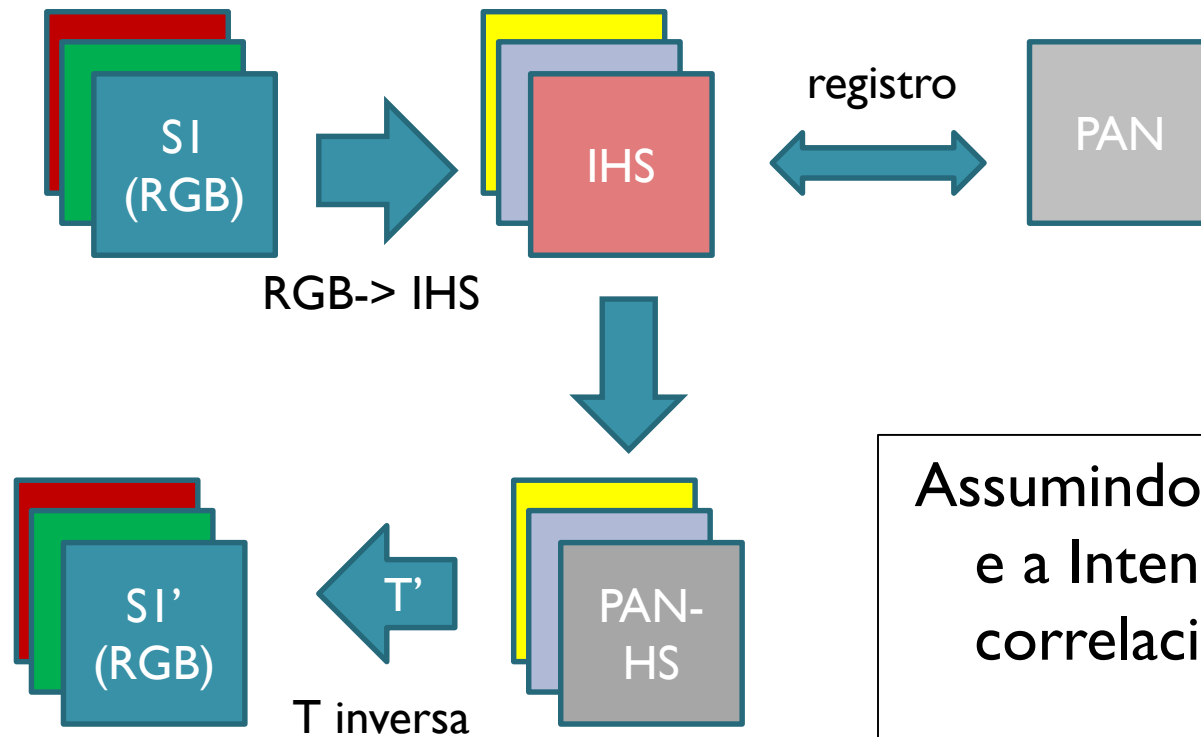
Exemplo IHS

- 1) Aplicar a transformação RGB-IHS
- 2) Como a Intensidade é a soma de todas as bandas ($R+G+B$) então ela é muito parecida a uma imagem PAN, faltando, talvez um ajuste de contraste porque a PAN pode ter 8 bits e a Intensidade valores de 0 a 1.
- 3) Ajustar o contraste da PAN para ser similar à Intensidade
- 4) Substituir a banda Intensidade pela PAN.
- 5) Aplicar a transformação inversa IHS-RGB.

Assumindo que a PAN e a Intensidade são correlacionadas



Exemplo IHS



Assumindo que a PAN
e a Intensidade são
correlacionadas



RGB



PAN

Qual se parece mais
com a PAN?



• Hue



Saturation



Intensity



PAN

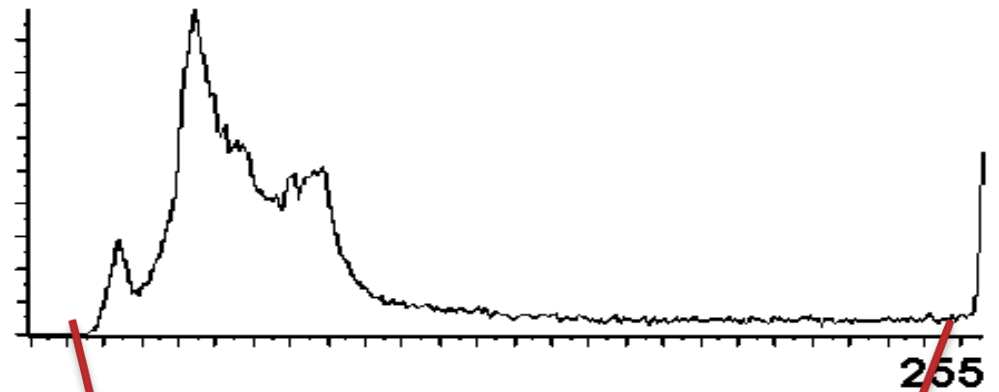


Intensity

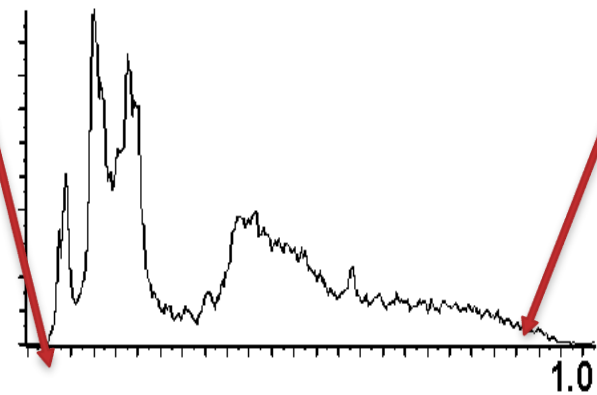


Histogramas

PAN



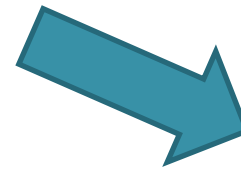
Intensidade





Aplicar a transformação
inversa a este novo
conjunto

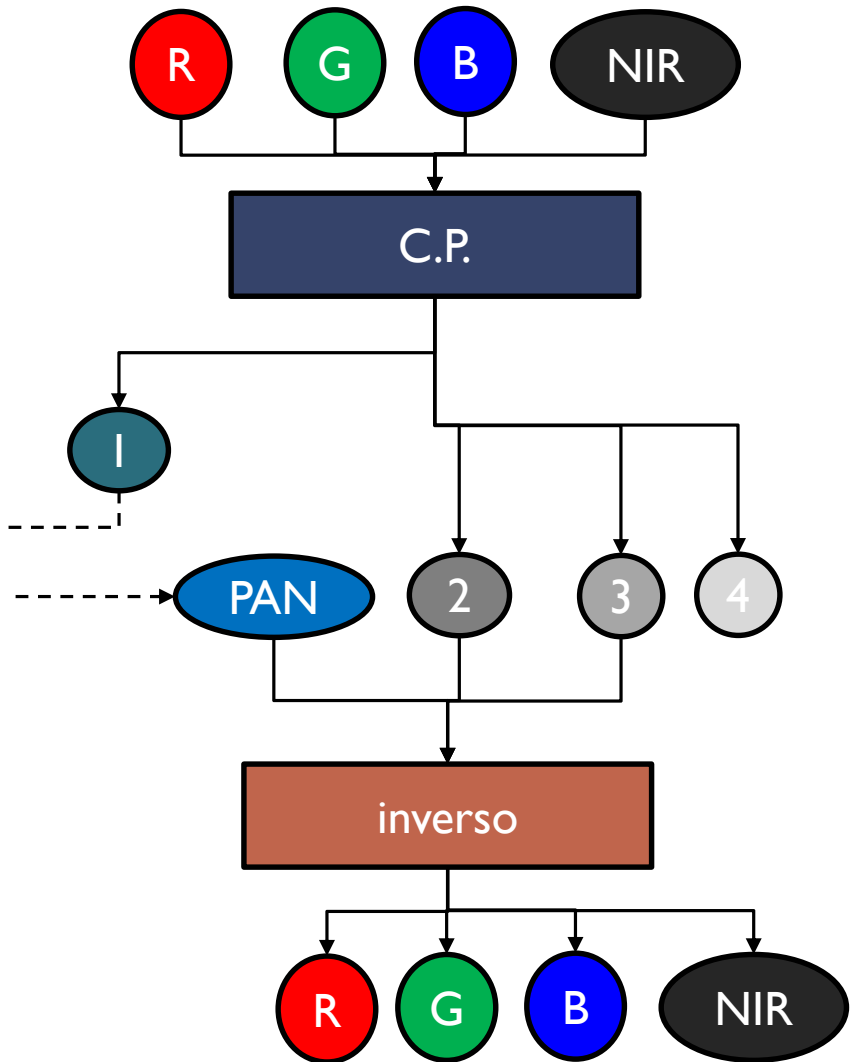
- Hue
- Saturation
- PAN



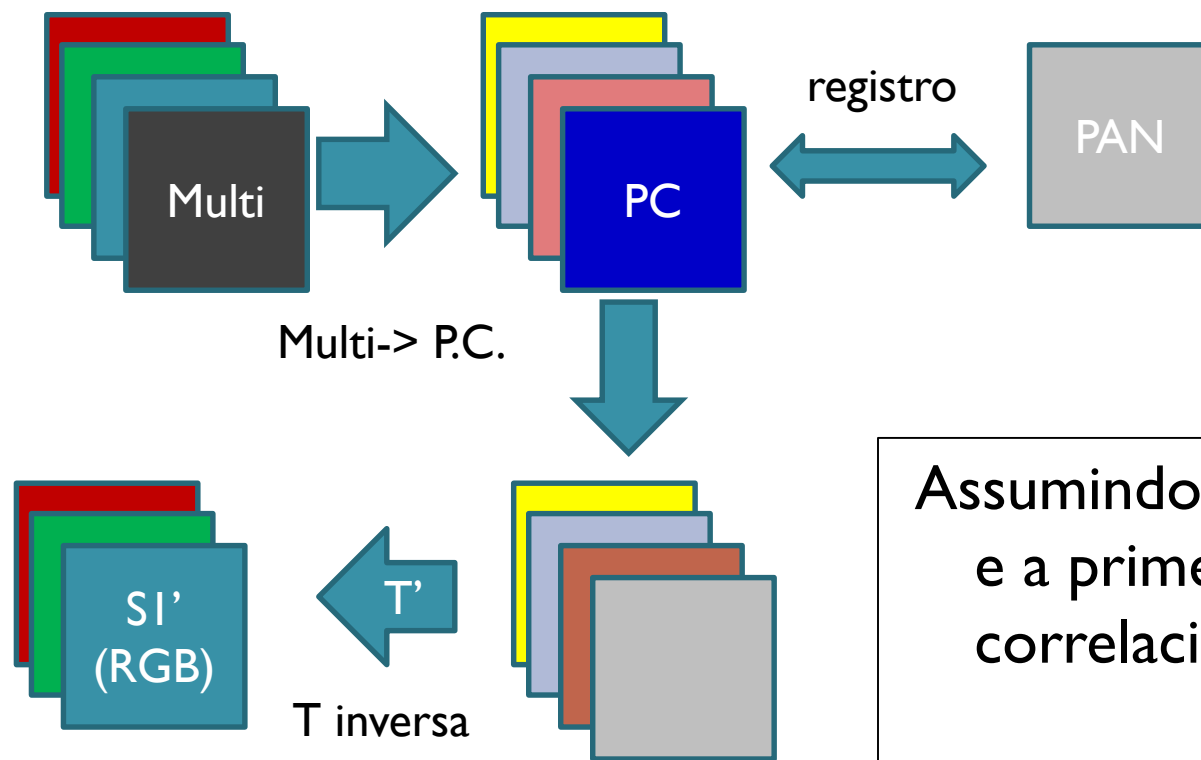
RGB NOVA

Componentes Principais

- 1) Calcular as componentes principais
- 2) Como a primeira componente geralmente é a soma ponderada de todas as bandas então ela é muito parecida a uma imagem PAN, faltando, talvez um ajuste de contraste.
- 3) Ajustar o contraste da PAN para ser similar à primeira componente principal
- 4) Substituir a banda 1ª componente pela PAN.
- 5) Aplicar a transformação inversa.
- VANTAGEM, pode ser aplicada a mais de 3 bandas.

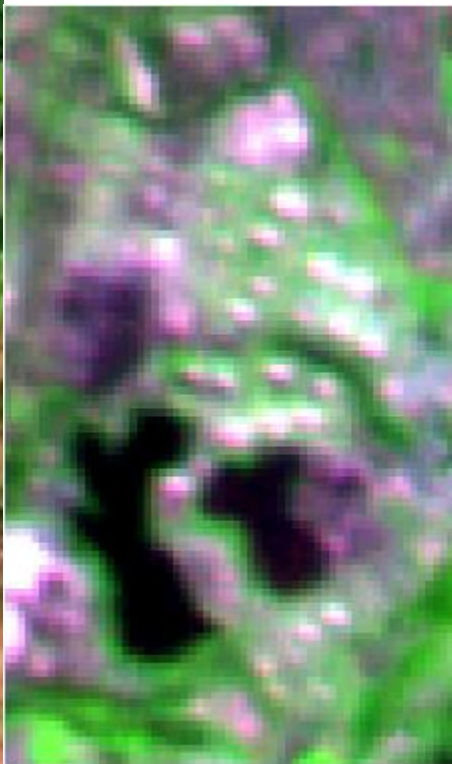


Exemplo P.C.



Assumindo que a PAN
e a primeira C.P. são
correlacionadas

- **Fusão de Imagens CBERS 2B: CCD-HRC**
- Fernando Leonardi, Cleber Gonzales de Oliveira, Leila Maria Garcia Fonseca I, Cláudia Maria de Almeida



(a) CBERS 2B – C



(e) Fusão Pansharpening.



ERS 2B – HRC 2.5m.



Avaliação

- Como medir se houve perda de informação na fusão? Qual fusão é melhor?
- Pode-se medir a perda/ganho espectral:
 - desvio padrão
 - coeficiente de correlação
- e coerência espacial ...



Desvio padrão

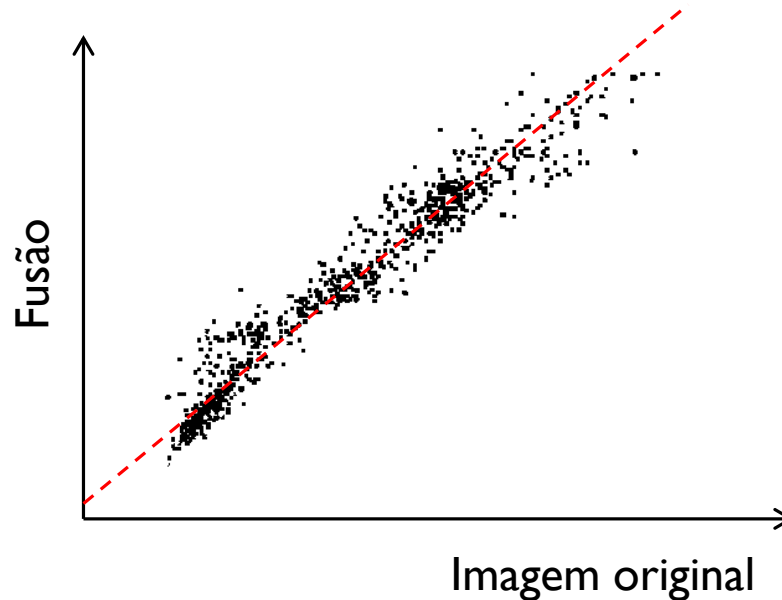
- É esperado que o desvio padrão da imagem híbrida (f) seja igual ou maior ao da original. Caso contrário houve perda de informações.
- Por isso, os desvios padrão são comparados

$$DP = \frac{\sigma_o - \sigma_f}{\sigma_o}$$

- Valores positivos (desvio da original maior que a da fusão) indicam perda de informação e valores negativos indicam ganho de informação.
- Como toda transformação gera perda, o ideal é obter um valor negativo, próximo de zero.

Correlação

- Se a fusão ocorreu de forma adequada, as bandas novas são muito parecidas às bandas originais, porém com maior textura. Porém, não são esperadas grandes alterações.
- Então, a correlação entre a banda original e a respectiva banda híbrida deve ser próximo de um.
- Valores muito baixos podem apontar que houve erro na seleção de bandas ou que não foi adequadamente ajustado o histograma.





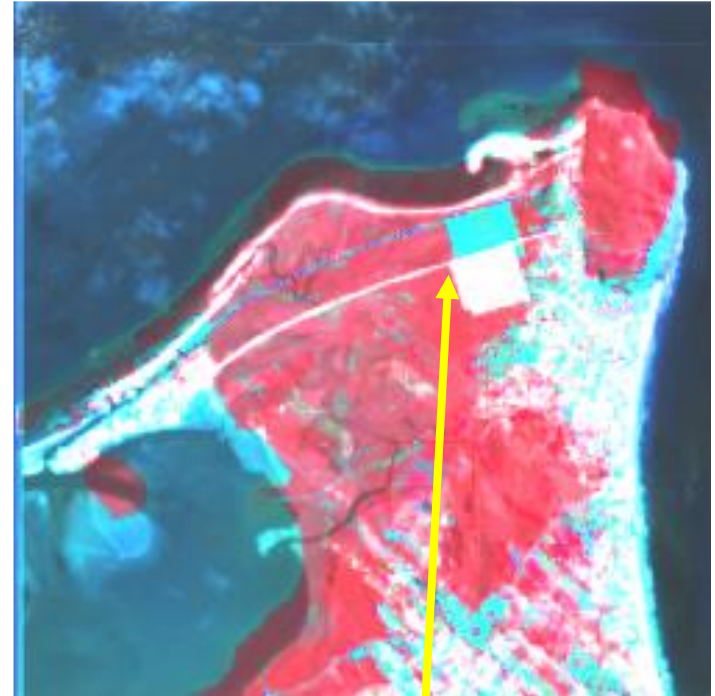
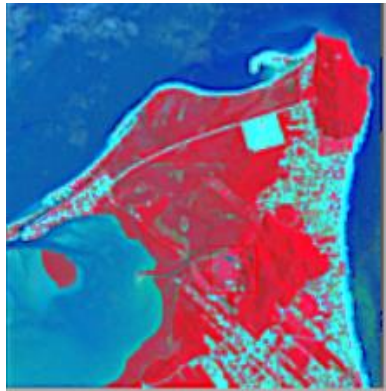
coerência espacial

- A imagem após a fusão não deve ser afetada por problemas de registro. Isto significa que o controle da qualidade do registro fornece uma estimativa da compatibilidade espacial do resultado.

Exemplo do que não deve ter



Radiométrico: Cores não correspondem com a imagem original. Provavelmente a PAN não foi bem compatibilizada com a intensidade ou bandas foram trocadas




Geométrico: as feições aparecem duas vezes, ou seja, o ajuste geométrico não foi bem feito



Ao trabalho prático

- O trabalho deve conter:
- A) introdução (10%)
- B) Materiais (10%)
- C) Métodos (40%)
- D) resultados e discussão (30%)
- F) conclusão: avaliação (10%)

- 
- Introdução
 - Nesta parte você descreve o problema a ser resolvido, formula bem o problema.
 - Seja objetivo, mas não deixe os detalhes importantes de fora.
 - Materiais:
 - Aqui você descreve as imagens, data, bandas, resoluções, tudo o que se refere ao material que você usou no experimento



Método

- Isto se divide em
- A) registro
- B) Aplicar Brovey
- C) aplicar C.P.
 - Transformacao
 - Compatibilização de histogramas
- D) avaliar os produtos
- Tudo deve ser devidamente documentado no texto, sem PRINT screen de tabelas, tabelas em formato UFPR, com letras e números em português.



Resultados: deve incluir
imagens originais (recortes)

- as imagens resultantes
- Avaliação da qualidade
- Comparação

Conclusão

- Deve mostrar o que resultou de seu trabalho, sua decisão a respeito de qual produto é melhor fundamentado nos resultados. Também deve comentar eventuais erros ou defeitos e suas causas.