



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia

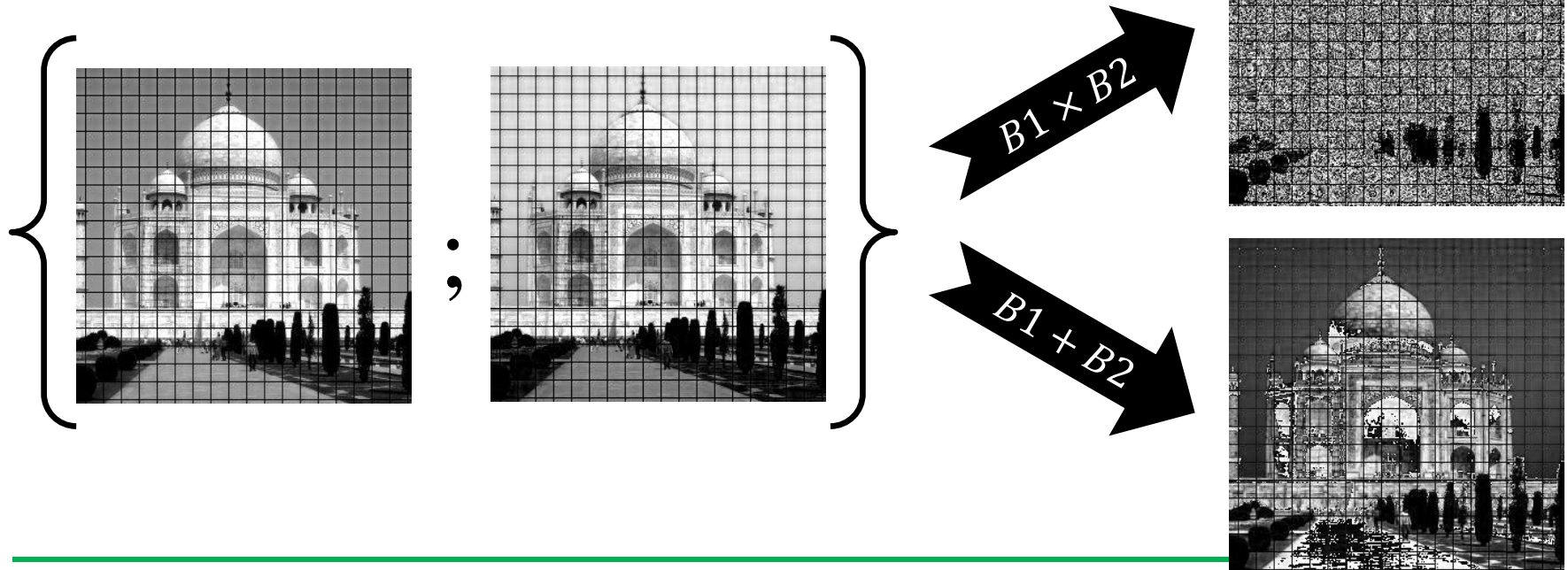
# Aritmética de Bandas

Prof. Dr. Rogério Galante Negri

---

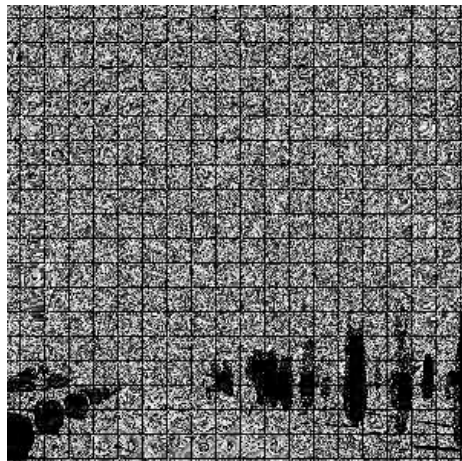
# Operações Aritméticas

- Forma simples de processamento de imagens
- Processo rápido para ajustar imagens ou para realçar alvos
- Processamento pixel-a-pixel
- Imagens devem estar co-registradas
- Geram um novo dado (imagem) a partir da combinação de outras imagens (via  $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $\div$ )

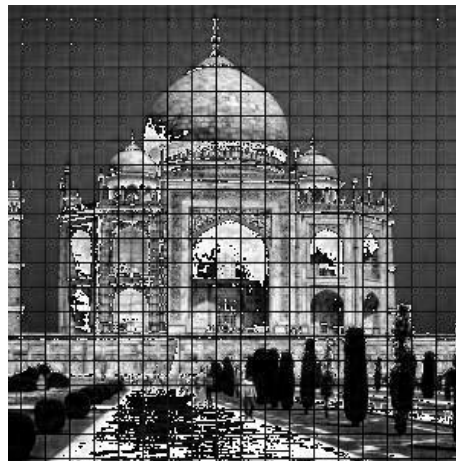


# Compactação da informação

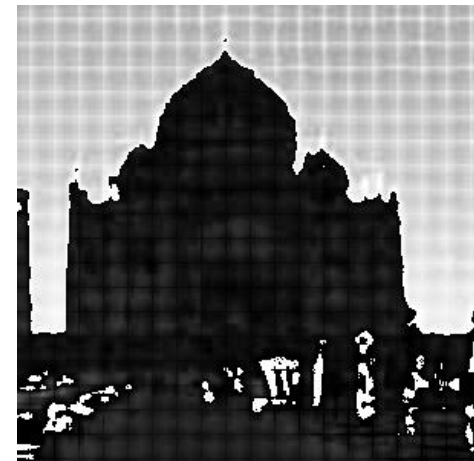
- O resultado das operações é uma única imagem (banda)
- Podem ser usadas para diminuir o número de bandas, e armazenar com maior eficiência os dados
- Mas tais operações podem gerar saturações
- Geralmente:
  - $+$  e  $\times$ : realçar similaridades entre imagens/bandas
  - $-$  e  $\div$ : realçar diferenças entre alvos



Multiplicação



Adição



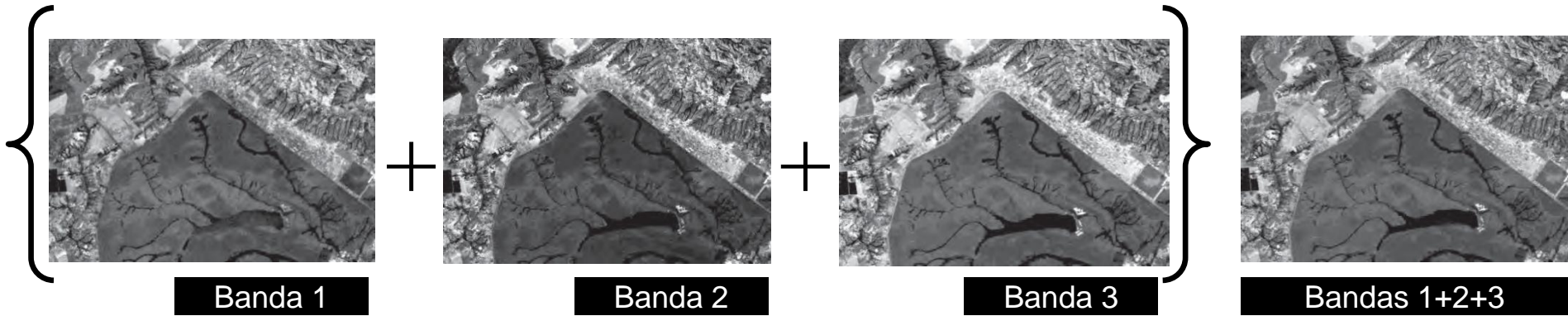
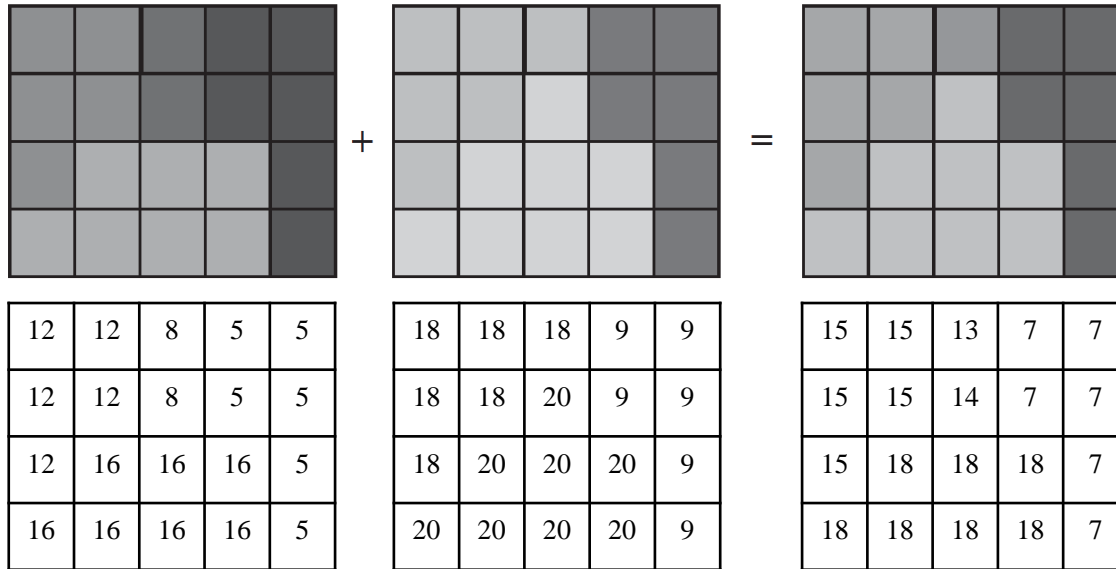
Subtração

# Soma

$$B_{soma}(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i(x, y)$$

- Soma normalizada de  $n$  bandas (da mesma imagem ou não)
  - É uma média aritmética para evitar saturação
  - Além disso, a média “suaviza ruídos”
  - Exemplos:
    - Soma norm. entre as bandas do visível pode ser usada para obter a banda PAN
    - Soma entre uma banda com sua versão filtrada por um filtro direcional (melhora a qualidade visual)
-

# Soma

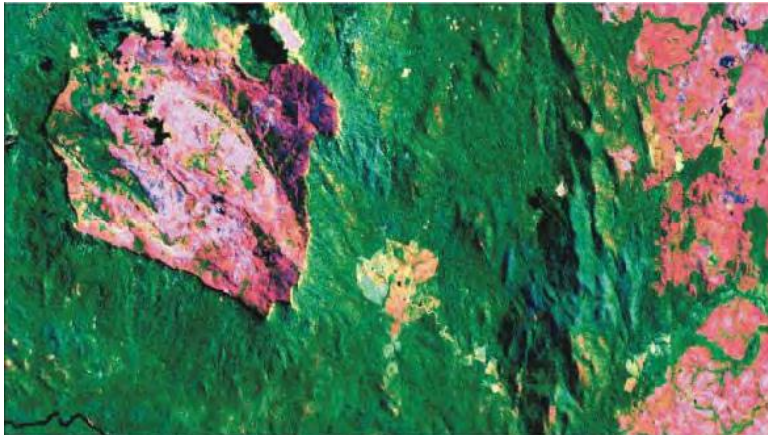




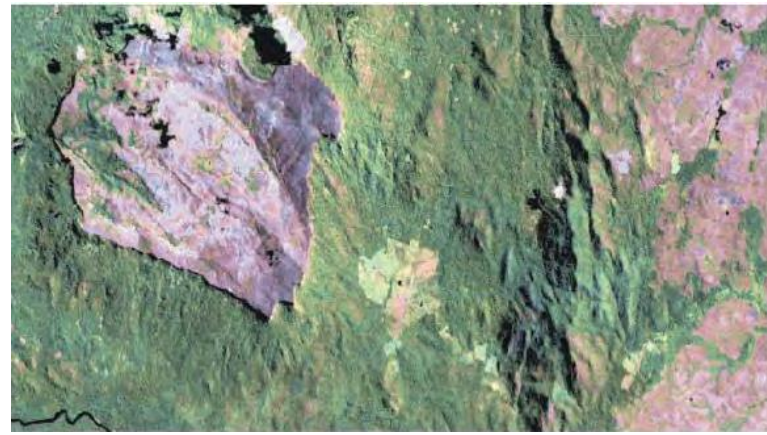
# Multiplicação

- Gera valores grandes facilmente → produz saturação
  - $8 \text{ bits} \times 8 \text{ bits} = 16 \text{ bits}$
  - $[0,255] \times [0,255] \mapsto [0,65000]$
  - Ao reescalonar para  $[0,255]$  há perda de informação

$$B_{prod}(x, y) = \frac{B_1(x, y) \times B_2(x, y)}{2^{bits} - 1}$$



RGB – (5) (4) (2)



RGB - (4 × 5) (4 × 2) (4 × 7)

# Subtração

- Detecção de mudanças temporais (*change detection*)
  - Impactos ambientais, desmatamento
  - Duas imagens do mesmo local em datas diferentes
  - Usualmente, equaliza-se as imagens antes de subtrair
- Considerando duas imagens 8 *bits*:
  - Podem ser gerados valores em  $[-255,255]$
  - Logo, é comum reescalonar por:

$$B_{sub}(x, y) = \frac{(B_1(x, y) - B_2(x, y)) + 255}{2}$$

Supondo  $B_1$  mais recente que  $B_2$ :

$B_{sub}(x, y) = 128 \rightarrow$  sem mudança

$B_{sub}(x, y) < 128 \rightarrow$  decremento (era claro e ficou escuro)

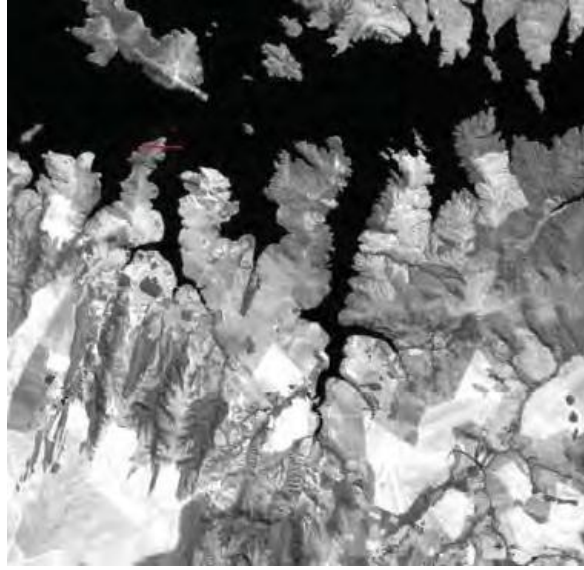
$B_{sub}(x, y) > 128 \rightarrow$  incremento (era escuro e ficou claro)

# Subtração

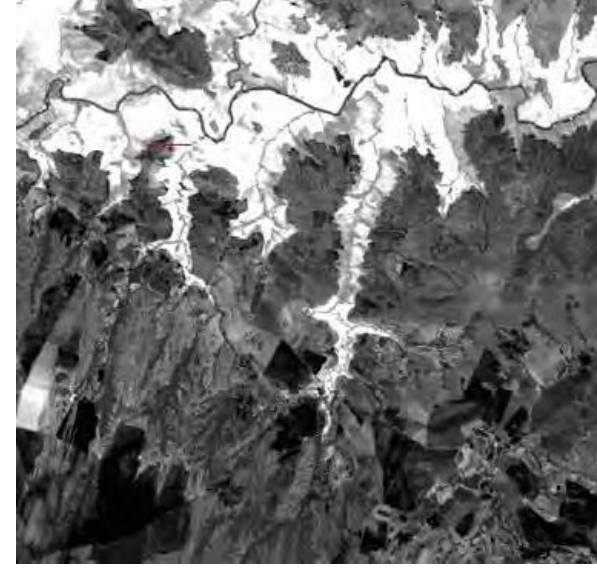
LANDSAT-7 ETM – Banda 3



2001



2006



Diferença



# Divisão

- Detecção de sutis variações de reflectância
- Baseia-se em parâmetros do sensor e no comportamento dos alvos
- Usualmente é expressa por:

$$B_{div}(x, y) = \alpha \times \frac{B_1(x, y)}{B_2(x, y)} + \beta$$

Ganho  $\rightarrow$  reescalona a saída, caso os valores da divisão sejam pequenos

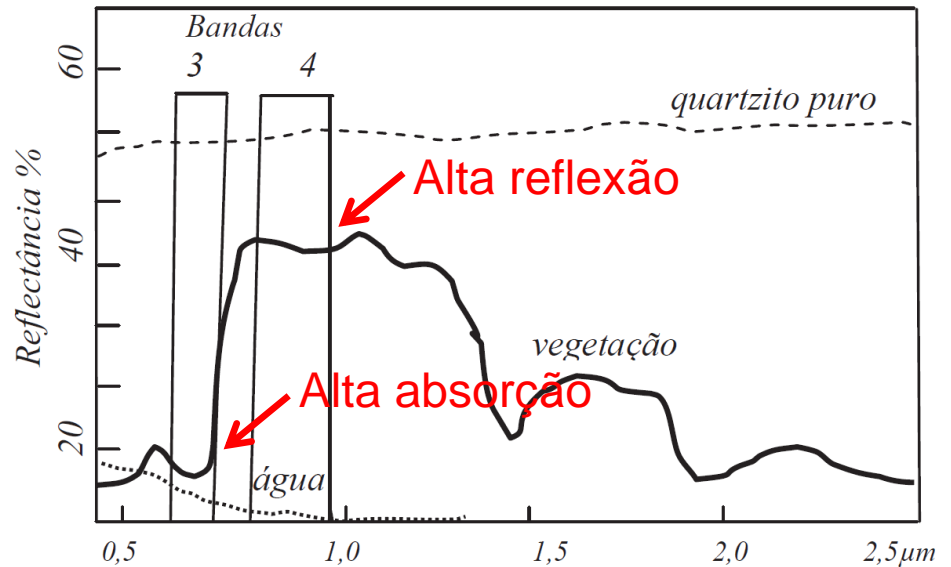
Offset  $\rightarrow$  altera o brilho (desloca o histograma)

# Índice de Vegetação

- Tipo de divisão entre bandas
- Realça as variações da densidade da cobertura vegetal

Exemplo: LANDSAT-7 ETM

Ao dividir a banda 4 pela 3:  
Vegetação ↑  
Água/Quartzo → 1



- *Ratio Vegetation Index:*

$$RVI = NIR \div RED$$

$\mathbb{R}_+$

- *Normalize Difference Vegetation Index:*

$$NDVI = (NIR - RED) \div (NIR + RED)$$

$[-1, +1]$

# RVI, NDVI e SAVI

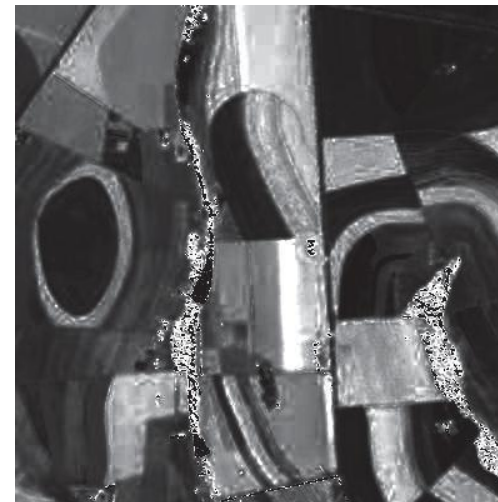
SPOT (res. 20m)



RVI



NDVI



- NDVI pode falhar em áreas de baixa biomassa
- Uma correção é dada pelo *Soil Adjustment Vegetation Index*

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \times (1 + L)$$

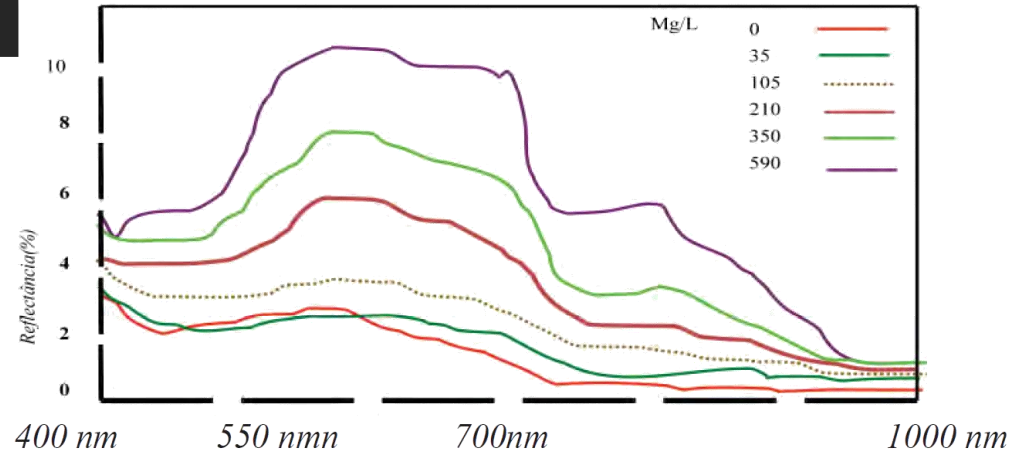
Constante empírica  
para ajustar a  
sensibilidade à  
vegetação

# Índice de Água

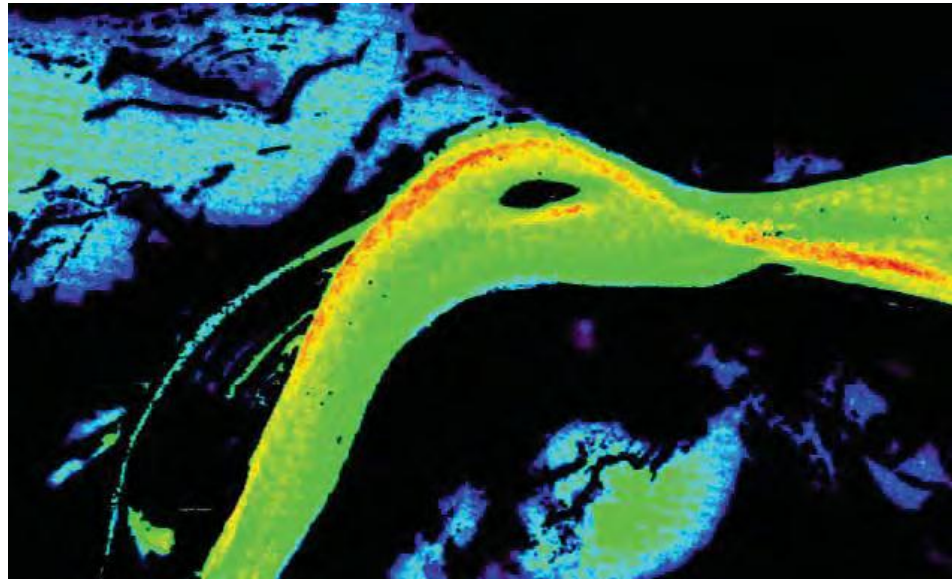
- Semelhante ao RVI e NDVI
- *Normalize Difference*

*Water Index:*

$$NDWI = \frac{GREE - NIR}{GREEN + NIR}$$



Sólidos ↑  
Reflectância da água ↑



# Bibliografia da aula

- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Orgs.) **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**, UNB/CNPq, Brasília, 2012.

