



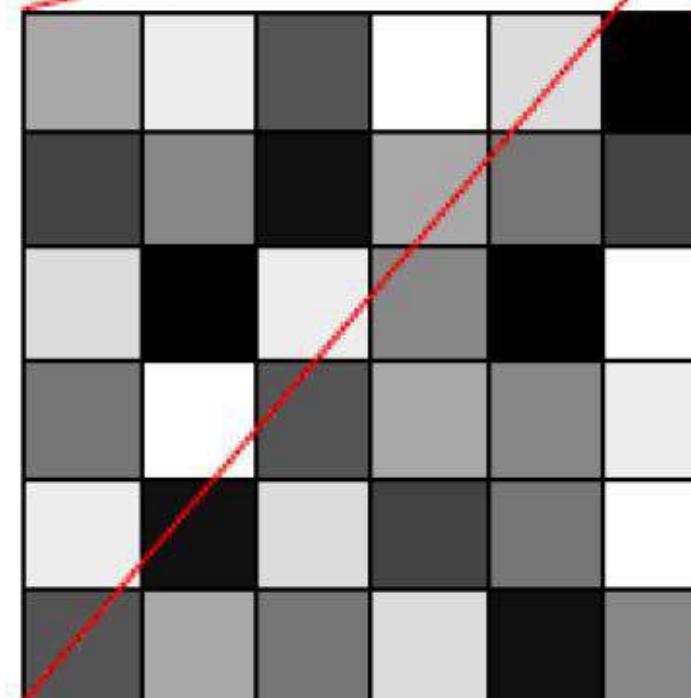
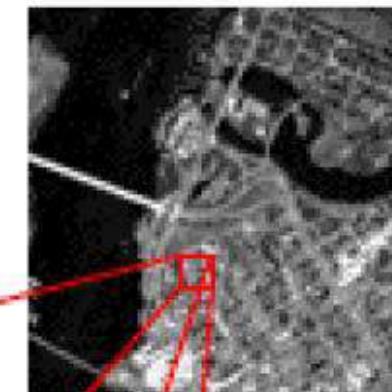
# Sensoriamento Remoto: introdução ao Processamento Digital de Imagens

# Organização de uma imagem

As **imagens** de sensoriamento remoto são documentos que **representam** os acidentes e as **feições naturais e artificiais** da superfície terrestre, a partir da medição de um processo físico da radiação eletromagnética. A energia da **radiação** eletromagnética conduz de forma analógica a informação sobre os objetos e no sensor um **conversor analógico/digital** **converte** essa informação em um **valor digital**, codificado por uma unidade denominada de pixel. A forma digital do dado é que possibilita o uso de computadores para processar as imagens. Os limites do espaço são configurados pelos **pixels**, os quais estão organizados na disposição de **linhas e colunas**.

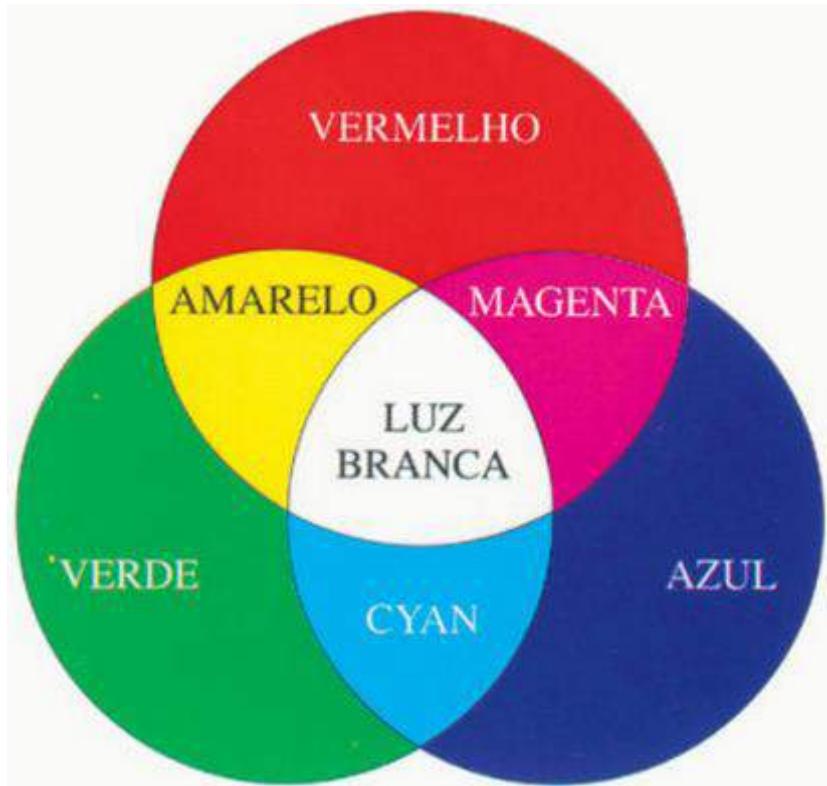
# Organização de uma imagem

Exemplo: Imagem de 8 bit =  $2^8 = 256$  (Níveis de cinza (NC) ou Número digital (ND))



170	238	85	255	221	0
68	136	17	170	119	68
221	0	238	136	0	255
119	255	85	170	136	238
238	17	221	68	119	255
85	170	119	221	17	136

# Efeito aditivo de cores



## Dispositivo de Visualização

**8 bits =  $2^8$  = 256 cores**

**$256^3 = 16.777.216$  cores**

## Sistema RGB

- Branco – RGB (255,255,255);
- Azul – RGB (0,0,255);
- Vermelho – RGB (255,0,0);
- Verde – RGB (0,255,0);
- Amarelo – RGB (255,255,0);
- Magenta – RGB (255,0,255);
- Ciano – RGB (0,255,255);
- Preto – RGB (0,0,0).

Adaptado Meneses e Alemida (2012)

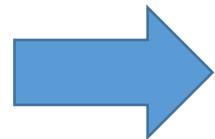
# Composições Coloridas

Composição RGB

RED

GREEN

BLUE



Seleciona-se três bandas e cada uma é atribuída uma cor primária.



Combinadas é possível obter uma composição colorida que vai expressar as informações das três bandas.

# Composições Coloridas:

## Composições coloridas das bandas TM/Landsat5 e suas aplicações:

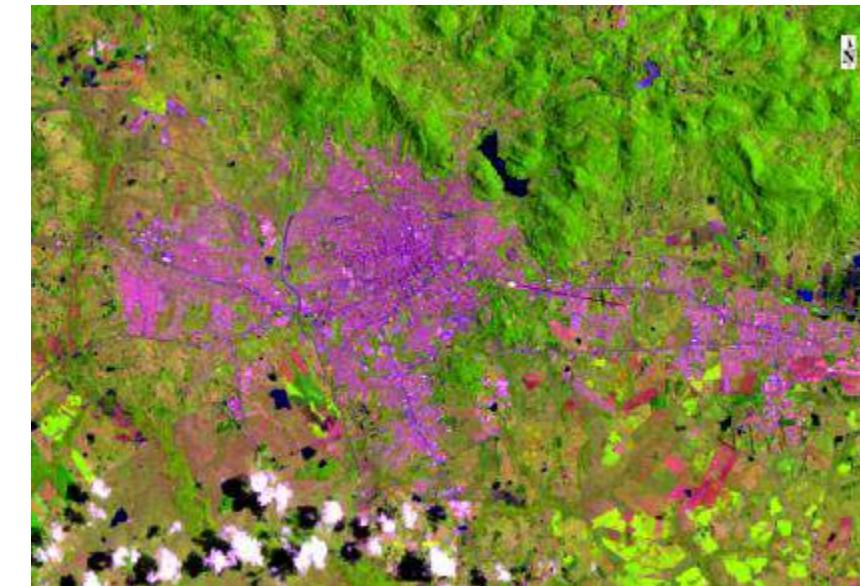
- **Bandas 321:** imagens naturais; vegetação em tons de verde;
- **Bandas 432:** define limites entre solo e água; vegetação em tons de vermelho;
- **Bandas 543:** melhor para definir limites entre solo e água; vegetação em tons de verde;
- **Bandas 742:** discriminar umidade na vegetação e no solo; vegetação em tons verdes.

# Imagens Coloridas - Exemplos



RGB321 TM/LANDSAT 5 – Cor verdadeira

Imagens USGS



RGB543 TM/LANDSAT 5 – Falsa Cor

# O que é PDI??

Consiste na execução de operações matemáticas dos dados, visando as suas transformações em imagens de melhores qualidades espectrais e espaciais e que sejam mais apropriadas para uma determinada aplicação. É a manipulação de uma imagem por computador de modo onde a entrada e a saída do processo são imagens.

Geralmente os *softwares de PDI* dividem as técnicas de processamento digital em dois tipos básicos: *realce e classificação*, às quais antecede uma fase de pré-processamento, cujo objetivo é corrigir os erros dos dados originais.

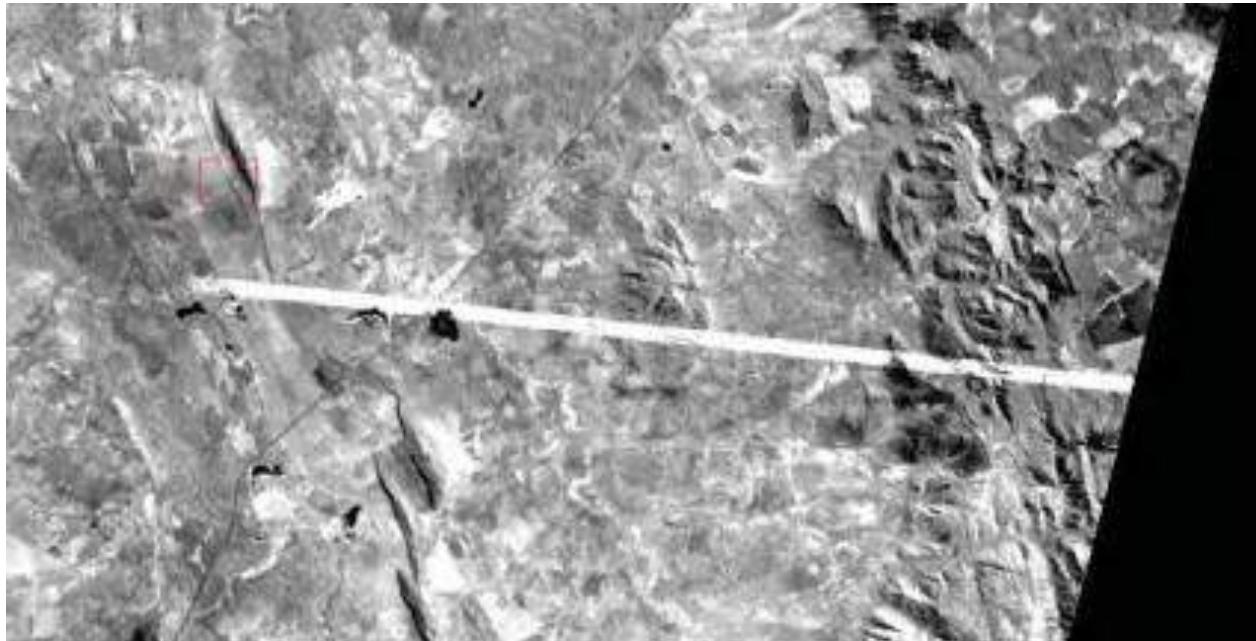
# O que é PDI??

As técnicas de **pré-processamento** são funções operacionais para remover ou corrigir os erros e as distorções nas imagens. Essas distorções podem ser causadas pelos sistemas sensores devidos a **erros instrumentais** (ruídos); às interferências da **atmosfera** (erros radiométricos); e à **geometria** de imageamento (distorções geométricas).

# O que é PDI: pré-processamento

**Correções de ruídos:** erros aleatórios de pixels ou erros coerentes de linhas de pixels (pixels ou linhas com **valores saturados** (claros), ou **sem sinal** (escuros)) decorrentes de erros instrumentais. Os ruídos, normalmente, se apresentam em três formas: como linhas ruidosas, pixels ruidosos ou conjunto sistemático de linhas ruidosas, que se denomina de *striping*.

Solução: substituir a linha ruim pelo valor médio dos pixels correspondentes das linhas anterior e posterior. Esse procedimento é aceito porque na natureza os alvos possuem uma alta correlação espacial.



# O que é PDI: pré-processamento

- **Correções atmosféricas:** a **radiância** medida pelo **sensor** difere da **radiância real** do material, devido ao efeito aditivo do **espalhamento** dos raios causados pelos aerossóis, gases e moléculas d'água da atmosfera ( $Latm$ ).

Uma das técnicas aceitas é a **Subtração do escuro (Dark Subtraction)**.

Em que é assumido que cada banda da imagem deveria conter alguns pixels com valores próximos ou iguais a zero (sombra). Com o efeito do espalhamento atmosférico é adicionado um valor de brilho a todos os pontos da imagem, e as áreas sombreadas deixam de exibir pixels com valores próximos ou iguais a zero. Ao identificar o valor do pixel mais escuro, esse **valor é subtraído** de toda a imagem.

# O que é PDI: pré-processamento

- **Correções geométricas:** remoção de erros sistemáticos presentes nas imagens.
  1. Eliminar as distorções geométricas sistemáticas que são introduzidas no momento de aquisição devido: à **rotação, inclinação e curvatura da Terra** e devida à **instabilidade da plataforma**. Realizado nos laboratórios de produção de imagens.
  2. Corrigir as distorções geradas pela **visada cônica** dos sensores: Inserir na imagem um **sistema de projeção** para se estabelecer um referencial de coordenadas que possibilite localizar na imagem a posição geográfica dos alvos. Georreferenciamento. Realizado pelo usuário.

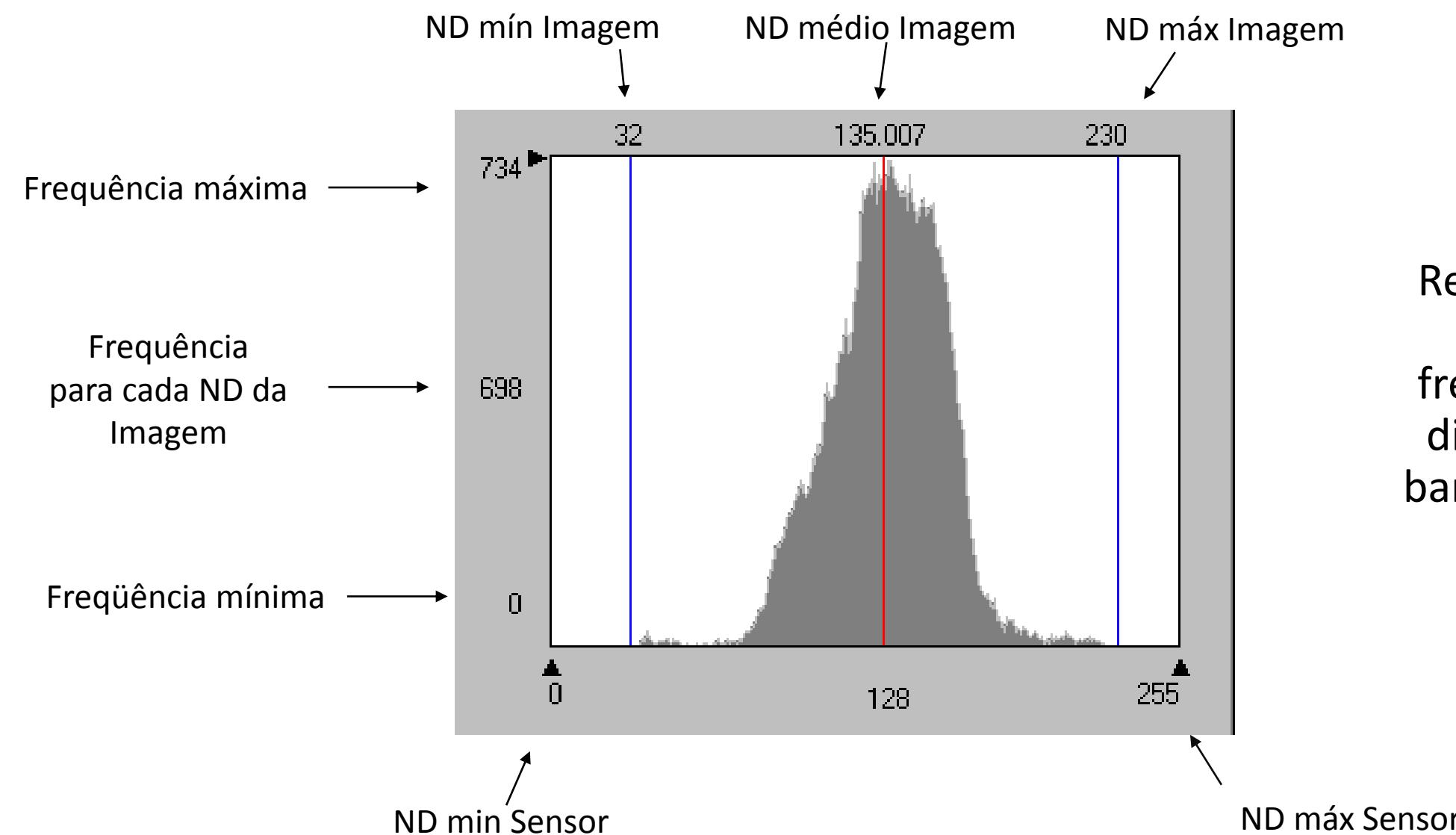
# Realce por Contraste

- A técnica de **realce de contraste** tem por objetivo **melhorar a qualidade** das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. O objetivo de aumentar a discriminação **visual** entre os objetos presentes na imagem.

Para aumentar o contraste é **preciso reescalonar a amplitude de cada pixel** através de uma regra básica de expansão de histograma. A imagem modificada ou realçada é assumida de ser restrita ao mesmo número de pixels da imagem original, apenas expandindo seus valores de brilho para o intervalo total de quantização da imagem.

- As operações de realce por meio de expansões de histogramas deverão, previamente, ser feitas em cada banda separadamente, sempre procurando aumentar ao máximo os seus contrastes.

# Realce por Contraste



## Histograma

Representação gráfica da distribuição de frequências dos níveis digitais (ND), de cada banda de uma imagem.

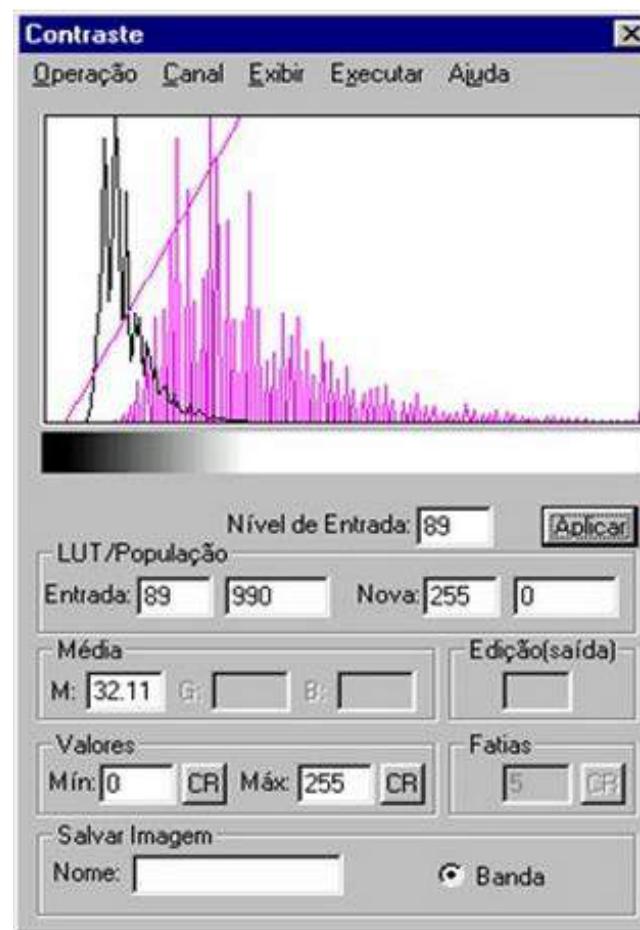
# Realce por Contraste

A função do contraste linear pode ser representada por:

$$Y = aX + b$$

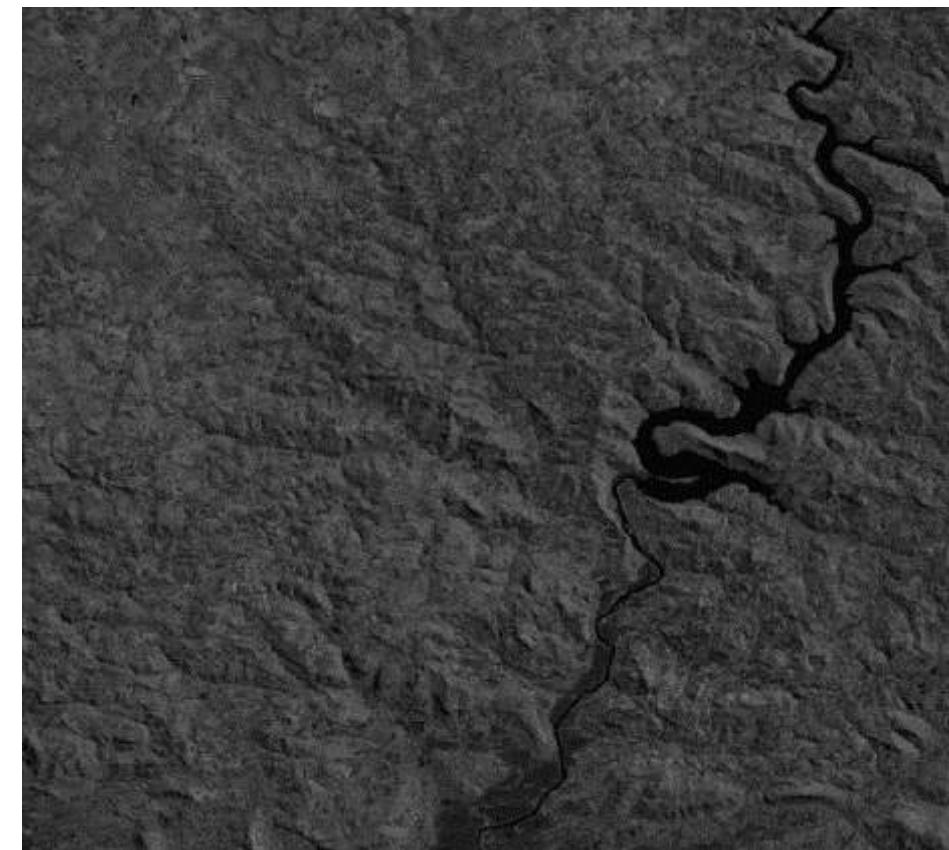
Onde:

- $Y$  = novo valor de nível de cinza;
- $a$  = inclinação da reta (tangente do ângulo);
- $X$  = valor original de nível de cinza;
- $b$  = fator de incremento, definido pelos limites mínimo e máximo fornecidos pelo usuário.



# Realce por Contraste

Imagen sem contraste



Banda 4 TM/ Landsat5

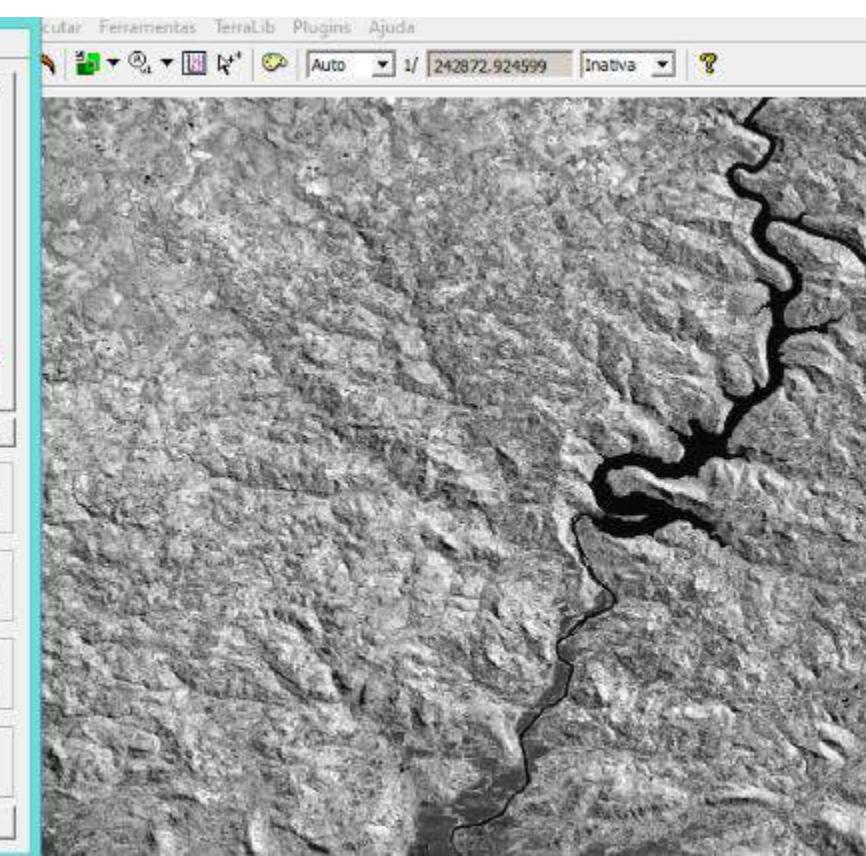
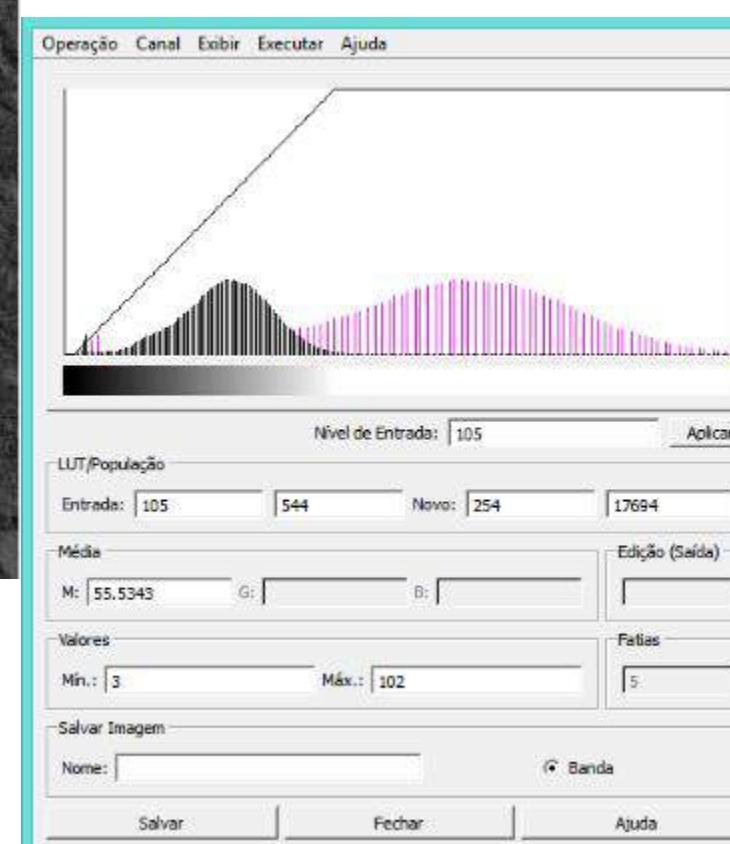
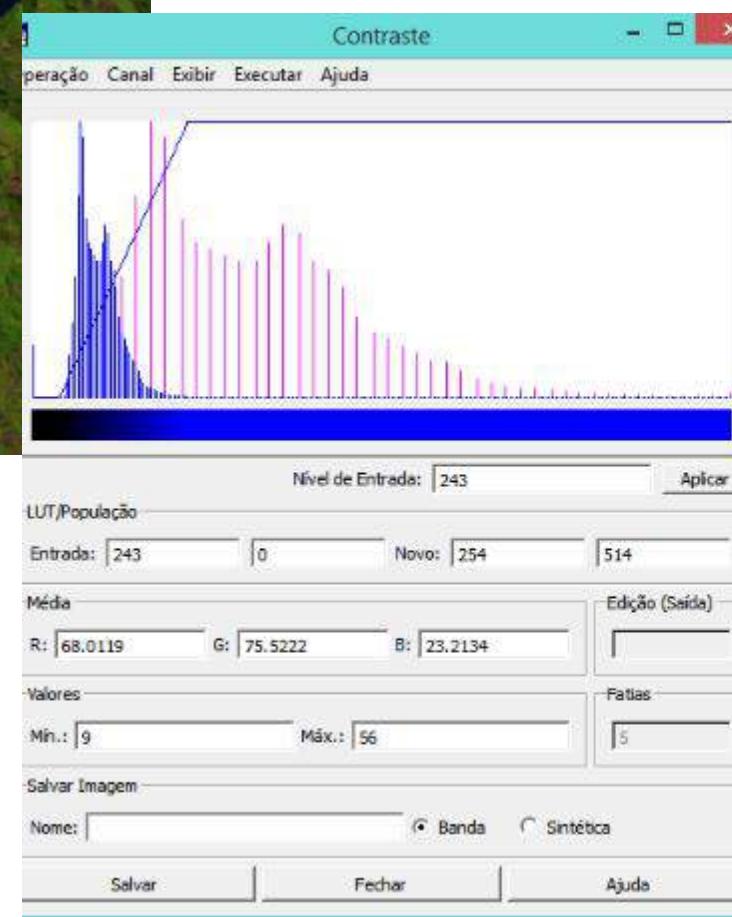


Imagen com contraste

# Realce por Contraste

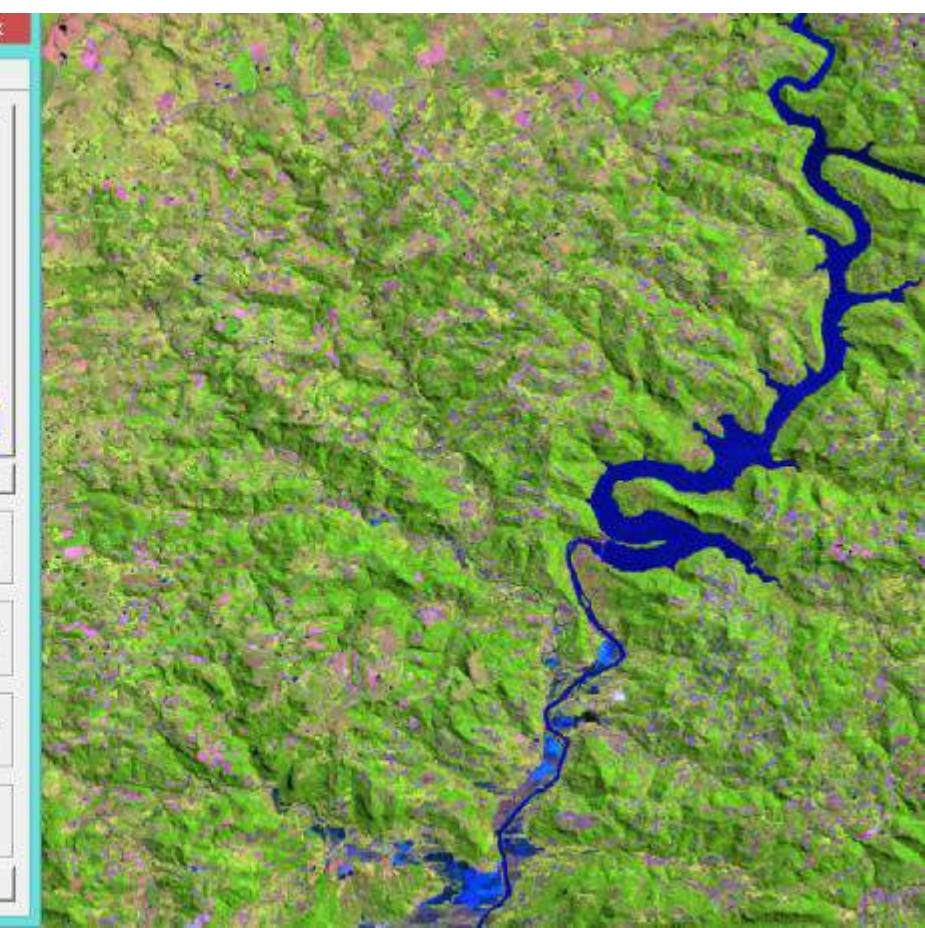


Sem contraste



Composição RGB 543  
TM/Landsat5

Com contraste



# Classificação Digital de imagens

- É o processo de **associar os pixels da imagem a classes individuais** que representam os objetos do mundo real, com base nos seus valores digitais. Se um pixel satisfaz um determinado conjunto de critérios, normalmente avaliados por medidas estatísticas, o pixel é atribuído à classe que melhor satisfaz os critérios estabelecidos.
- Para classificar uma imagem utilizam-se modelos apropriados, chamados de algoritmos classificadores. Através desses algoritmos os NC da imagem são “rotulados” segundo seu padrão espectral.

A classificação digital pode ser:

**Não Supervisionada**

**Supervisionada**

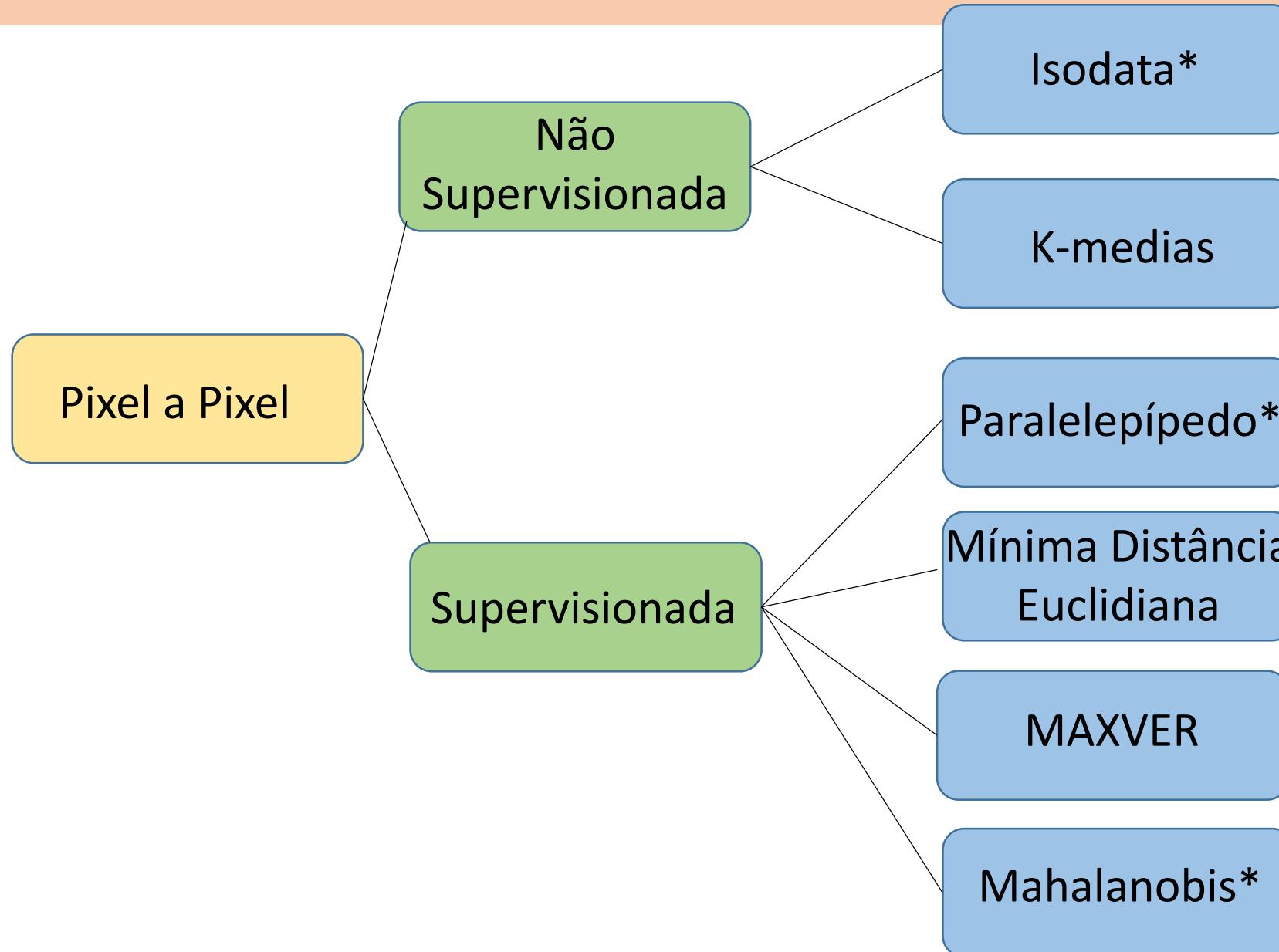
# Classificação Digital de imagens

- **Não-supervisionada**: requer pouca ou nenhuma participação do analista no processo de classificação. Sendo utilizada quando **não se tem suficientes conhecimentos** acerca da **área** e quando desejamos fazer uma classificação exploratória da imagem.
- **Supervisionada**: envolve duas etapas, o **treinamento** e a classificação. As classes são fornecidas previamente pelo analista. Para cada classe são fornecidas amostras representativas geradas na fase de treinamento. O analista deve conhecer a área de estudo.

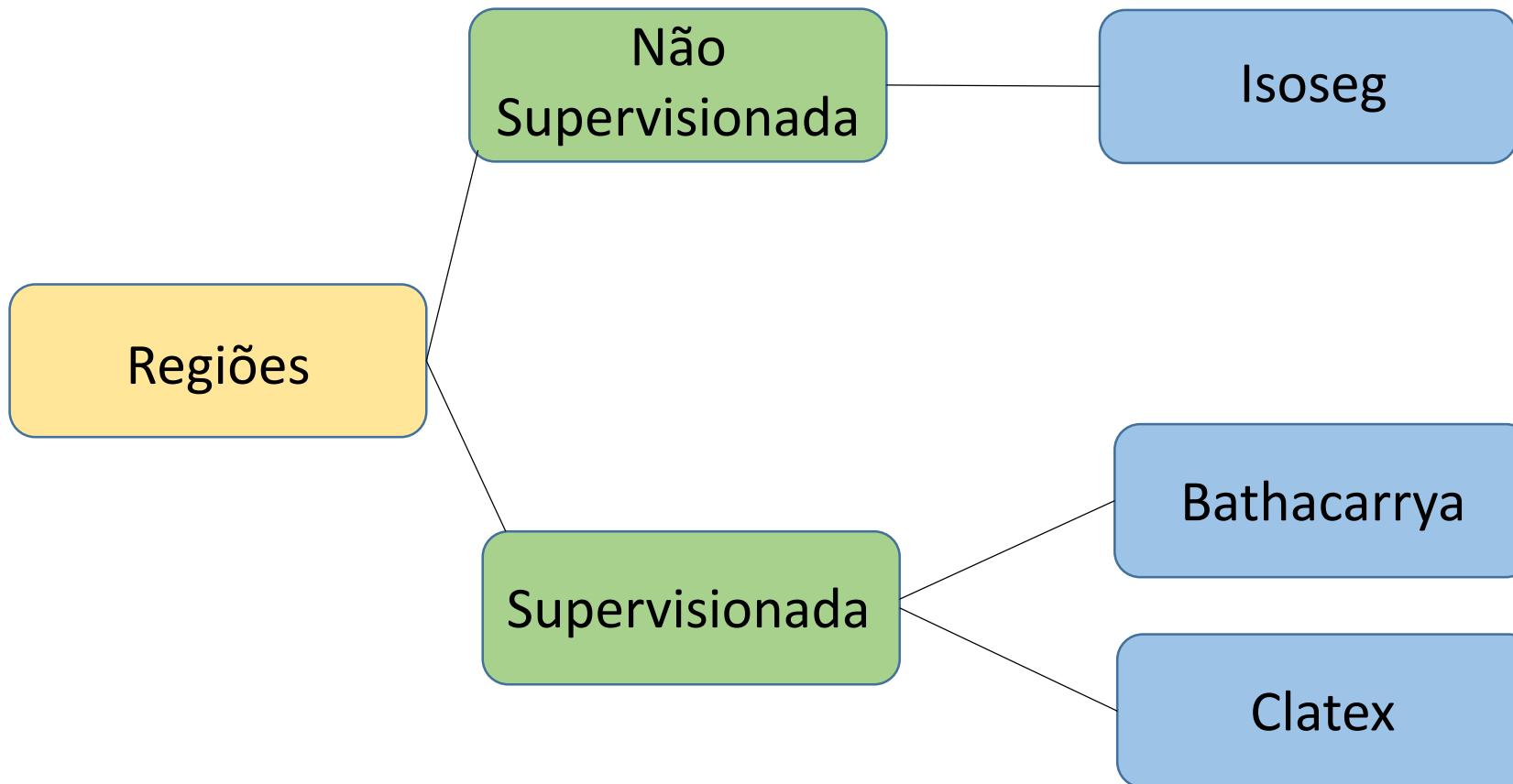
# Classificação Digital de imagens: supervisionada

- O **TREINAMENTO** consiste em **reconhecer a assinatura** espectral de cada uma das classes adotadas para o estudo da área. Nesse processo o analista escolhe pequenas **áreas de amostras na imagem**, contendo poucas centenas de pixels que sejam bem representativo de padrões ou feições dos alvos.
- Para alguns classificadores o reconhecimento envolve parâmetros como **média** e **matriz de covariância** de cada classe, para outros, o reconhecimento envolve apenas o **NC mínimo e máximo** na área amostrada no treinamento.

# Classificação Digital de imagens: classificadores pixel a pixel



# Classificação Digital de imagens: classificadores por regiões



# Classificação Digital de imagens: classificadores por regiões

**Na classificação por regiões é preciso passar pelo processo de**

## **SEGMENTAÇÃO**

Onde a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas e algumas dessas áreas serão usadas como treinamento para o algoritmo.

# Classificação Digital de imagens: classificadores por regiões

Imagen realçada

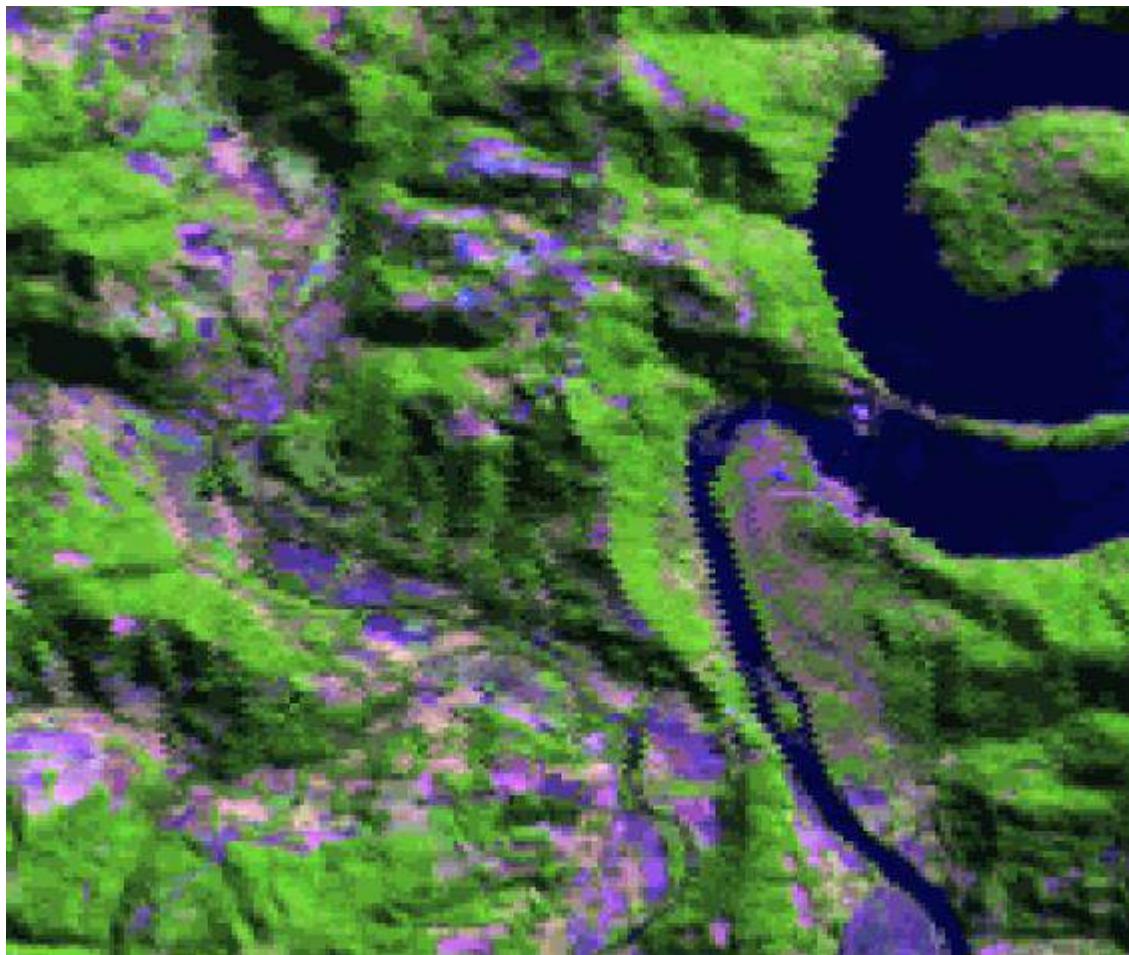
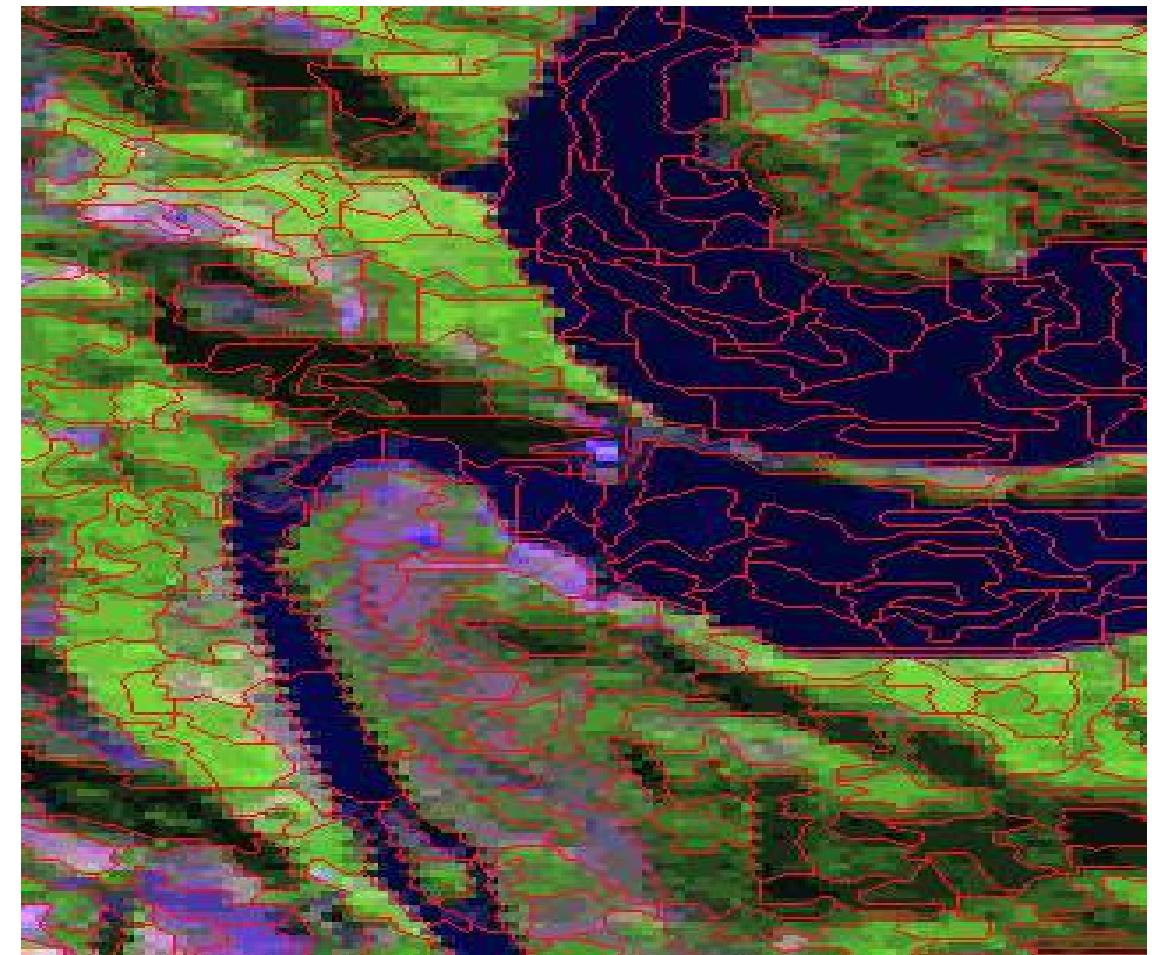


Imagen segmentada



## CRESCIMENTO DE REGIÕES

- Para iniciar o crescimento de regiões são necessários pixels semente.
- A cada iteração, os pixels vizinhos à região são analisados. Se forem similares à região, então são anexados.
- Para anexar novos pixels na fronteira da região é necessário definir um critério de similaridade. Por exemplo, distância Euclidiana entre o pixel semente e o pixel novo.

# Classificação Digital de imagens: classificadores por regiões

Semente (1,1)  
Tolerância: 10 ( $x-1 < 10$ )

4	57	3	3	3	2	2	1	2	3	2	3	3	3
1	1	1	1	1	1	6	81	141	154	140	138	117	
1	1	1	1	1	1	96	207	192	198	194	194	199	
117	82	8	2	1	0	30	189	196	190	187	191	191	
176	219	203	77	2	1	1	27	105	180	193	192	191	
87	152	199	146	14	2	1	1	1	19	52	78	122	
168	161	77	134	14	2	1	1	1	1	1	1	1	
34	65	93	7	3	15	71	90	1	1	0	1	1	
143	91	38	106	129	161	192	205	60	1	0	1	1	
144	150	174	216	219	219	215	223	192	60	1	1	1	
157	209	206	208	213	207	214	214	201	196	35	2	3	
187	202	205	217	217	215	205	206	208	172	25	2	11	
195	196	192	211	221	219	205	189	101	23	7	3	12	
197	192	188	209	212	210	137	29	0	0	2	3	2	

Semente (1,1)  
Tolerância: 10 ( $x-1 < 10$ )

4	57	3	3	3	2	2	1	2	3	2	3	3	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
117	82	8	2	1	0	30	189	196	190	187	191	191	191
176	219	203	77	2	1	1	27	105	180	193	192	191	191
87	152	199	146	14	2	1	1	1	19	52	78	122	
168	161	77	134	14	2	1	1	1	1	1	1	1	1
34	65	93	7	3	15	71	90	1	1	0	1	1	1
143	91	38	106	129	161	192	205	60	1	0	1	1	1
144	150	174	216	219	219	215	223	192	60	1	1	1	1
157	209	206	208	213	207	214	214	201	196	35	2	3	
187	202	205	217	217	215	205	206	208	172	25	2	11	
195	196	192	211	221	219	205	189	101	23	7	3	12	
197	192	188	209	212	210	137	29	0	0	2	3	2	

# Classificação Digital de imagens: classificadores por regiões

Semente (1,1)  
Tolerância: 10 ( $x-1 < 10$ )



	57	3	3	2	2	1	2	3	2	3	3
	1	1	1	6	81	141	154	140	138	117	
	1	1	1	96	207	192	198	194	194	199	
117	82	8	2	1	0	30	189	196	190	187	191
176	219	203	77	2	1	1	27	105	180	193	192
87	152	199	146	14	2	1	1	19	52	78	122
168	161	77	134	14	2	1	1	1	1	1	1
34	65	93	7	3	15	71	90	1	1	0	1
143	91	38	106	129	161	192	205	60	1	0	1
144	150	174	216	219	219	215	223	192	60	1	1
157	209	206	208	213	207	214	214	201	196	35	2
187	202	205	217	217	215	205	206	208	172	25	2
195	196	192	211	221	219	205	189	101	23	7	12
197	192	188	209	212	210	137	29	0	0	2	3

Semente (1,1)  
Tolerância: 10 ( $x-1 < 10$ )



	57	3	2	2	1	2	3	2	3	3
	1	1	1	6	81	141	154	140	138	117
	1	1	1	96	207	192	198	194	194	199
117	82	8	2	1	0	30	189	196	190	187
176	219	203	77	2	1	1	27	105	180	193
87	152	199	146	14	2	1	1	1	19	52
168	161	77	134	14	2	1	1	1	1	1
34	65	93	7	3	15	71	90	1	1	0
143	91	38	106	129	161	192	205	60	1	0
144	150	174	216	219	219	215	223	192	60	1
157	209	206	208	213	207	214	214	201	196	35
187	202	205	217	217	215	205	206	208	172	25
195	196	192	211	221	219	205	189	101	23	7
197	192	188	209	212	210	137	29	0	0	2

# Classificação Digital de imagens: classificador pixel a pixel

## Classificação supervisionada - MÍNIMA DISTÂNCIA – EUCLIDIANA

A distância é usada para associar um pixel à uma classe. O pixel será incorporado ao agrupamento que apresenta a menor distância euclidiana.

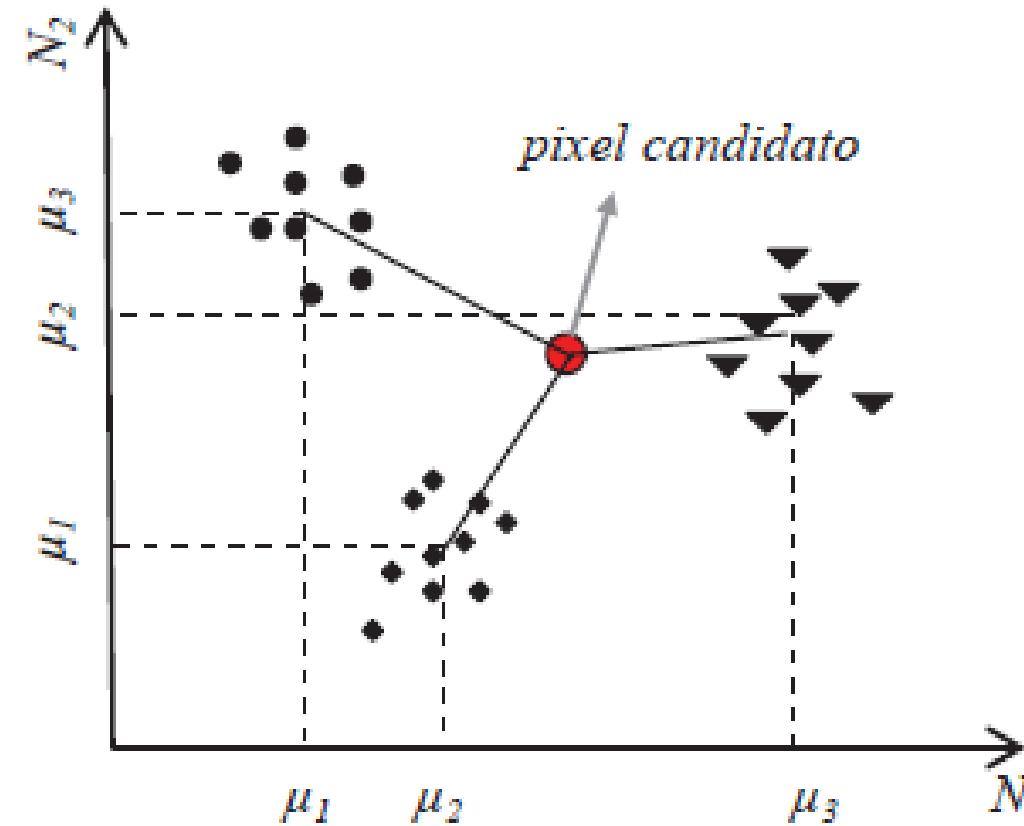
Cada pixel será incorporado a um agrupamento segundo a medida de similaridade de Distância Euclidiana:

$$D(x, n) = \sqrt{(x_i - m_i)^2}$$

onde:  $x_i$  = pixel candidato;  $m_i$  = média das classes;  $n$  = número de bandas.

# Classificação Digital de imagens: classificador pixel a pixel

Ilustração da distância entre o pixel candidato e as médias de três grupos. O classificador irá comparar a Distância Euclidiana do pixel à média de cada agrupamento.



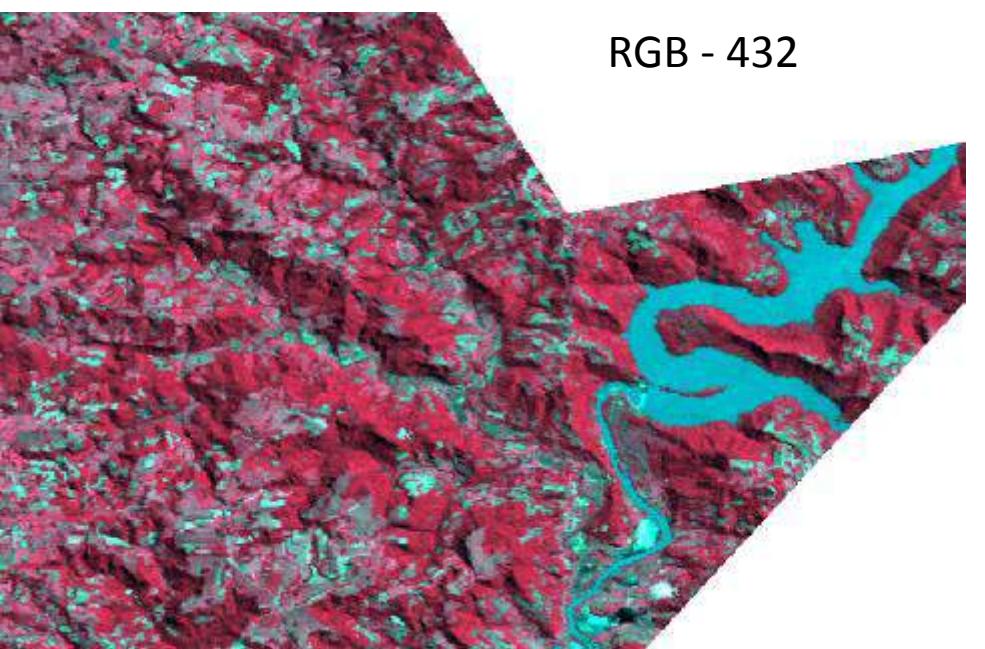
# Classificação Digital de imagens: classificador pixel a pixel

## MaxVer

O classificador por máxima verossimilhança (MaxVer) considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Assume que todas as bandas têm distribuição normal e calcula a **probabilidade** de um dado **pixel pertencer** a uma **classe específica**.

Nesta classificação cada pixel é destinado à classe que tem a mais alta probabilidade, isto é, a máxima verossimilhança.

RGB - 432



RGB - 543

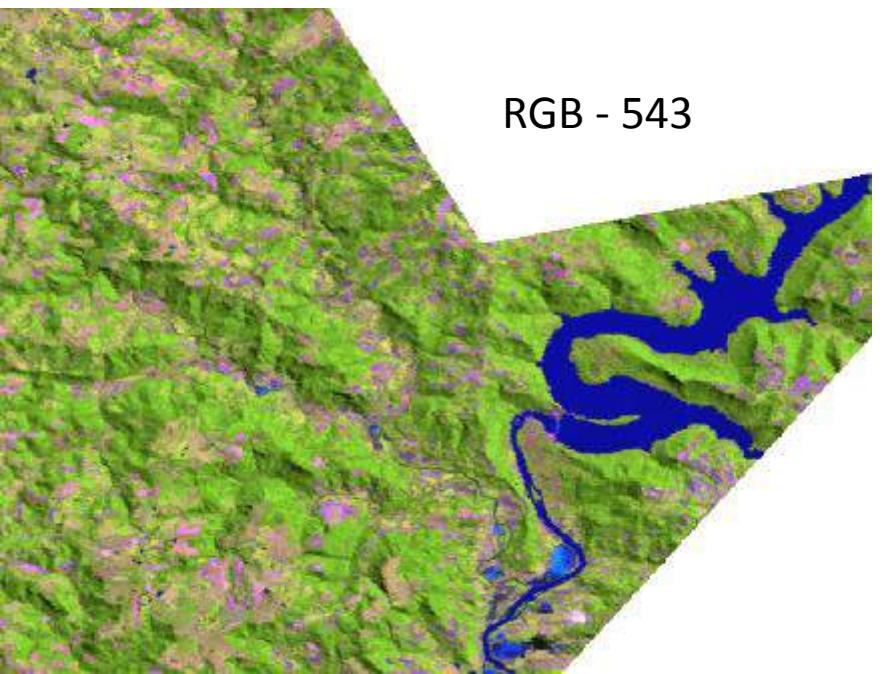
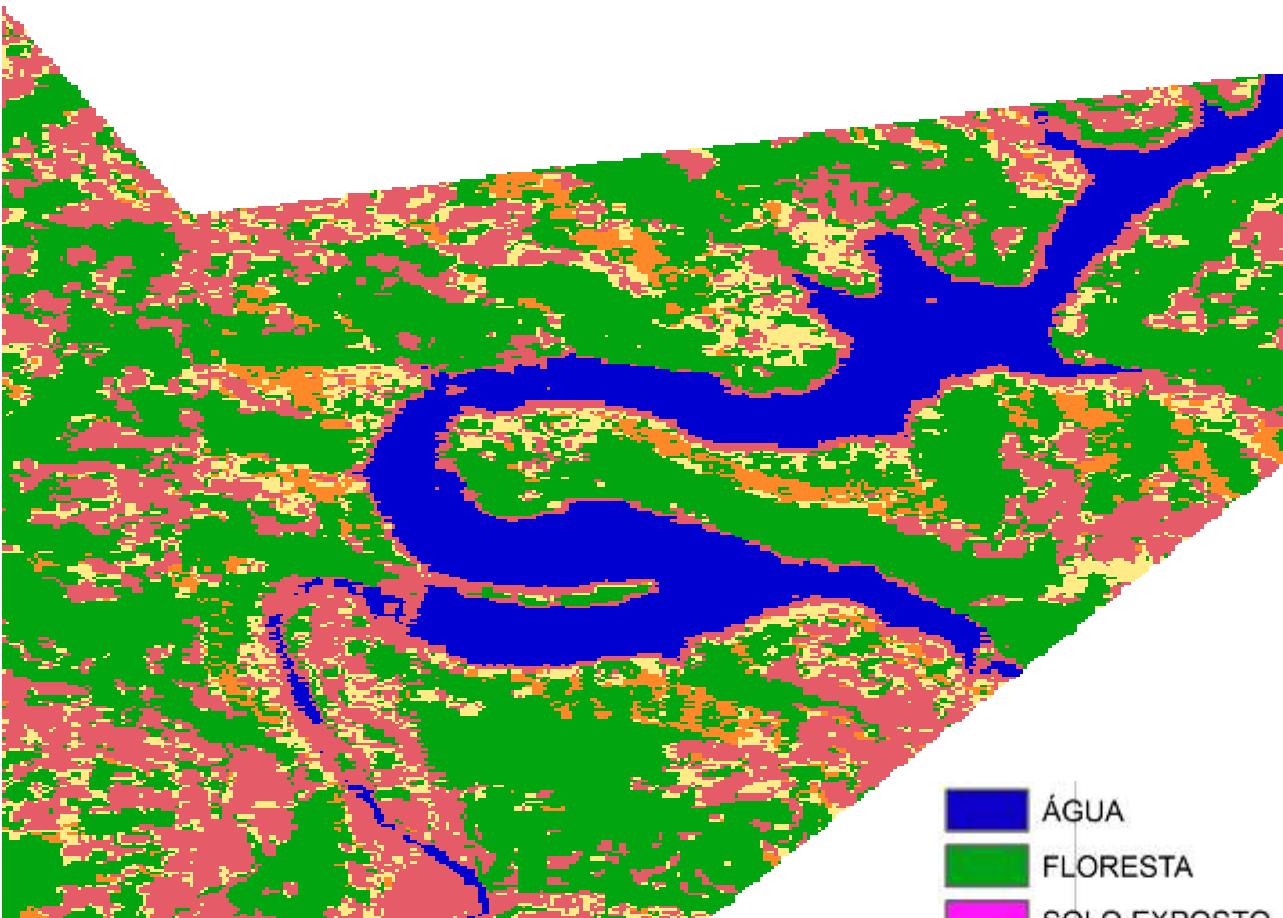
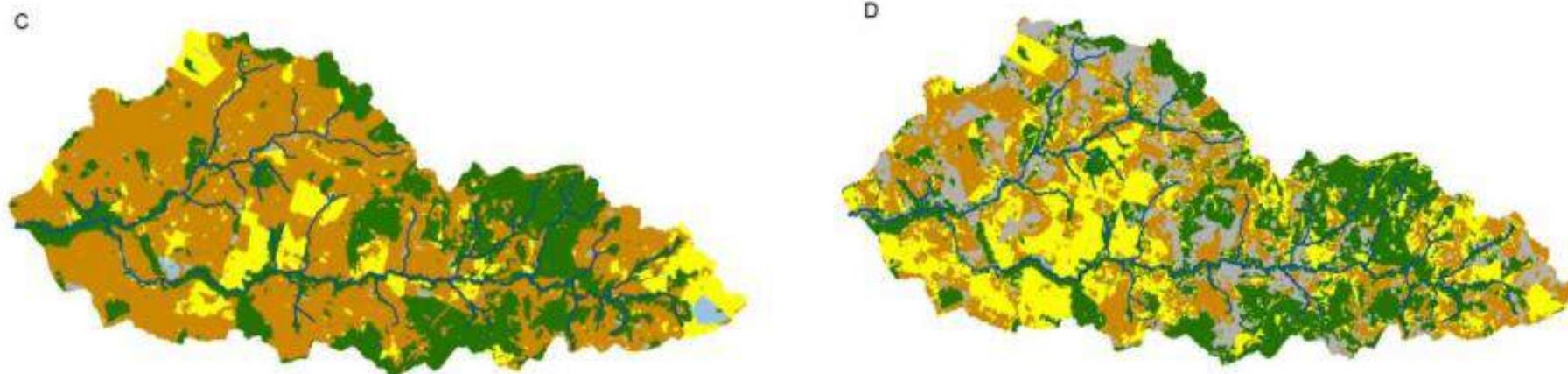
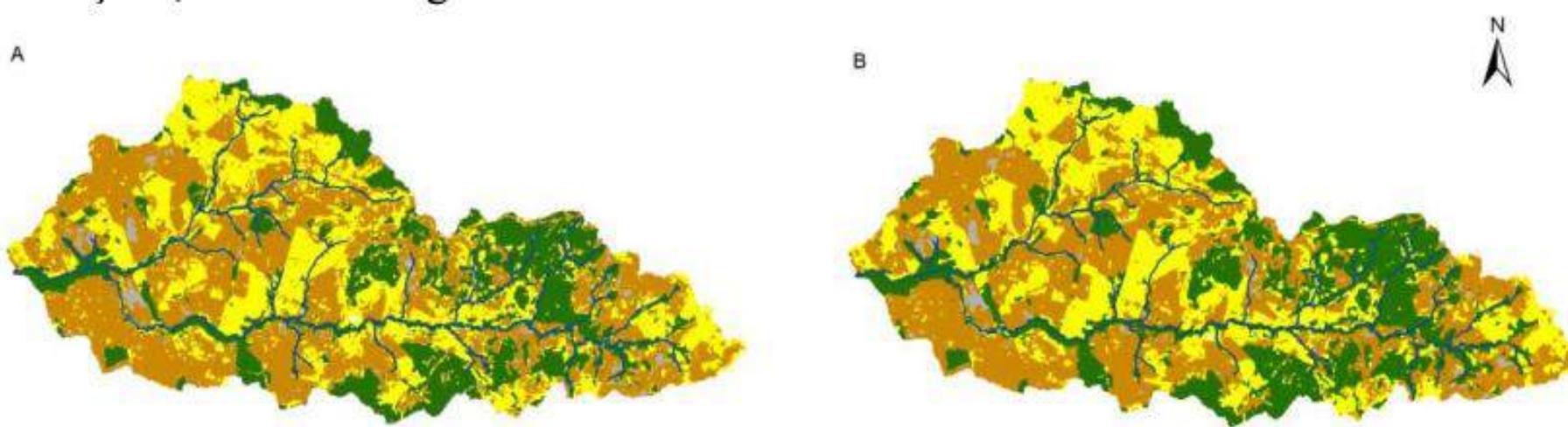


Imagen Classificada



ÁGUA
FLORESTA
SOLO EXPOSTO
CAMPO
AGRICULTURA
SOMBRA



Fonte: Landsat 8/OLI bandas multispectrais  
4 (B), 5 (G) e 6 (R).  
Elaboração e edição: ABRÃO, C. M. R. (2014).  
Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator)  
Datum WGS84, zona 21S.

ABRÃO et.al, 2015

Mapa de uso da terra e cobertura vegetal obtido a partir da classificação da imagem com resolução espacial de 30 m pelos seguintes algoritmos: (A) **Maxver**, (B) **Maxver ICM**, (C) **Bhattacharya** e (D) **Kmédias**.

# REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M. R.; CUNHA, E. R.; GREGÓRIO, E. C.; BACANI, V. M. Avaliação de classificadores supervisionados e não supervisionados para mapeamento de uso e cobertura da terra a partir de dados Landsat-8/OLI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. **Anais...** João Pessoa, 2015. p. 5439-5446.

CCRS/cct - Fundamentals of Remote Sensing. Disponível em: <<http://serc.carleton.edu/resources/23309.html>> Acesso em 15 de maio de 2016.

CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR, 2004. Disponível em: <<http://people.ufpr.br/~centeno/uni/pdi/index.html>> Acesso em 15 de maio de 2016.

INPE. Manual Spring. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring> > Acesso em 15 de maio de 2016.

MENESES, P. R.; ALEMIDA, T. de. **Introdução ao Processamento de Imagens em Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em 20 de março de 2016.