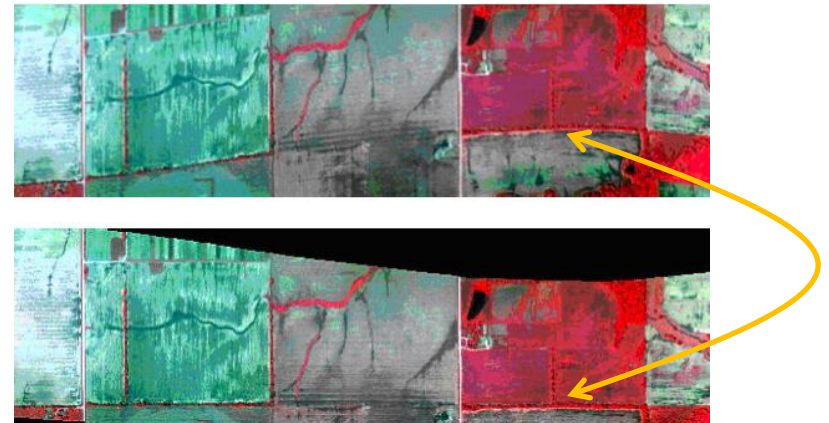
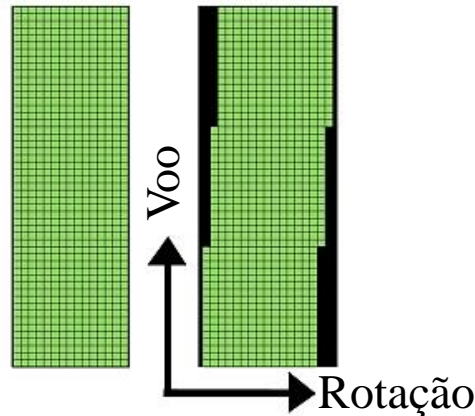
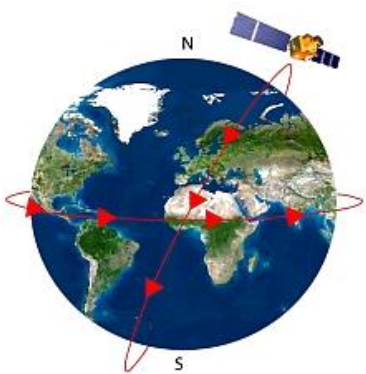


Pré-processamento: correções geométricas

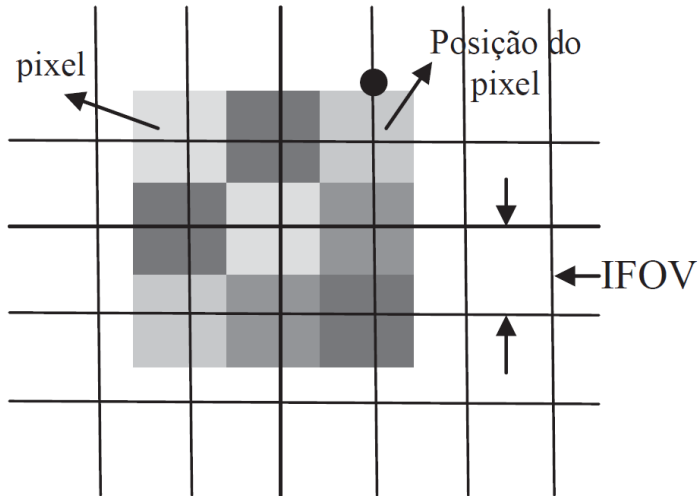
Prof. Dr. Rogério Galante Negri

Correções

- Remoção de erros sistemáticos – duas etapas:
 - Distorções inseridas durante o imageamento
 - Rotação/inclinação/curvatura da Terra e/ou plataforma instável
 - Sua correção depende de uma série de parâmetros (obscuros)
 - Distorções de visada (cônica) do sensor
 - A imagem é inserida em um sistema de projeção
 - Possibilita localizar a imagem – posição geo. de cada pixel
 - É o famoso georreferenciamento



Correção geométrica



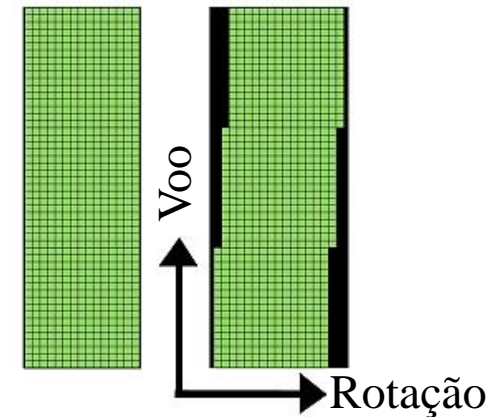
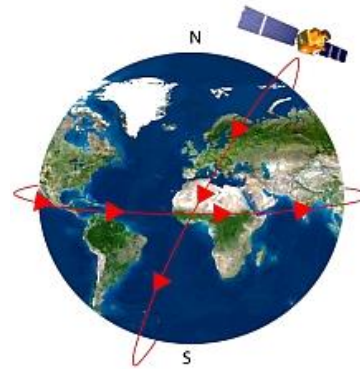
- Imagem é uma matriz (grade ao lado)
 - Intersecção \equiv pixel
 - Espaçamento \equiv IFOV (aprox.)
- Distorção é o “desajuste da grade”
- Se a grade muda, os pixels mudam

Distorção – rotação da Terra

- A fonte de erros é conhecida
- É elaborado um modelo matemático para correção
- A Terra rotaciona de oeste-leste durante o imageamento
- Causa deslocamento relativo das linhas para oeste

- A área deslocada depende:

- Velocidade relativa do satélite
- Velocidade de rotação da Terra
- Dimensão da área
- Latitude da área



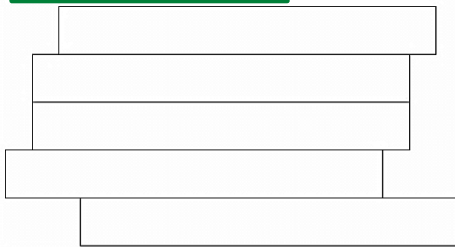
Estes parâmetros são transformados em um modelo matemático, que para uma dada posição é feita sua correção...

Distorções – plataforma

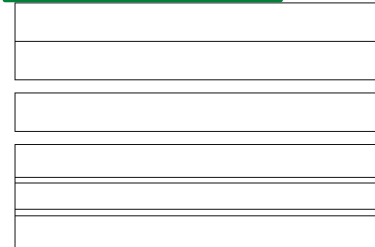
- A plataforma pode mover ao longo da órbita
 - Altitude – distorções na escala
 - Atitude – *yaw/roll/pitch* - inclinação/rolamento/arfagem

Informações da plataforma devem ser registradas para efetuar as distorções geradas!

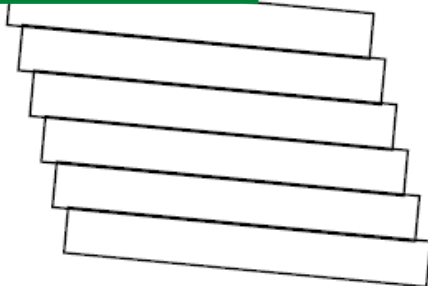
Roll



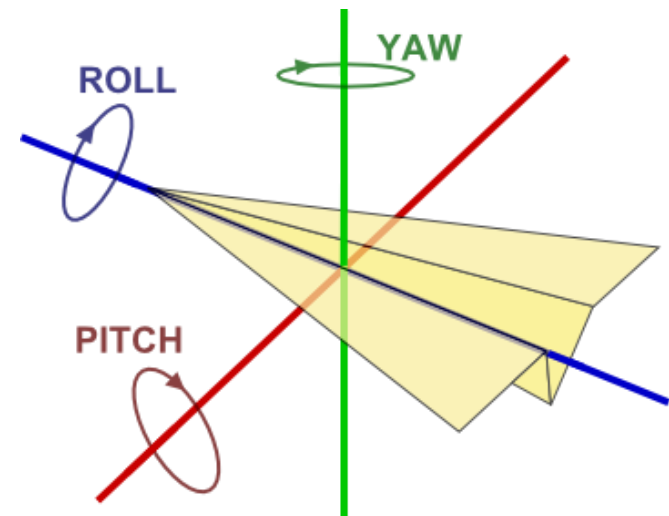
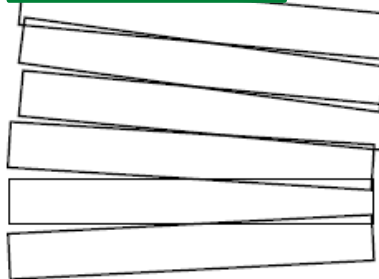
Pitch



Yaw – const.

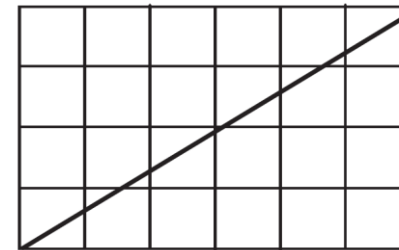
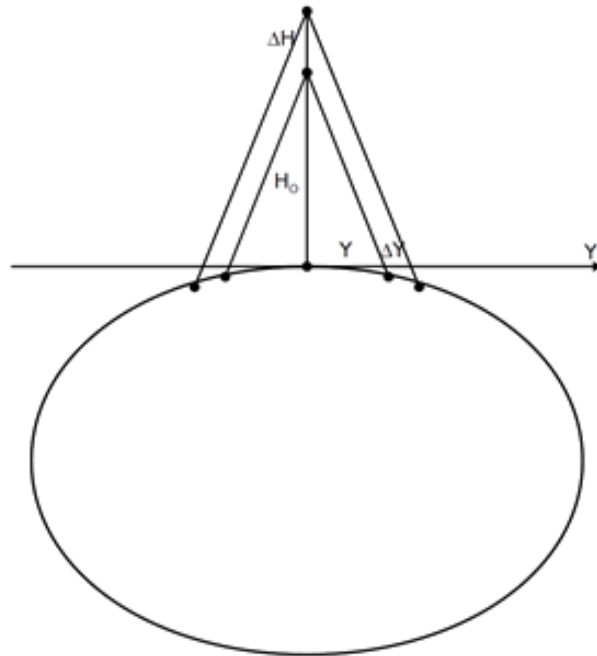


Yaw – var.

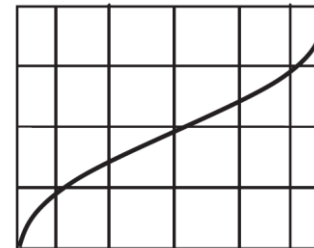


Distorção – campo de visada

- Devido a curvatura da Terra
 - FOV $\pm 7,5^\circ$ – Irrelevante [SPOT, LANDSAT, CBERS]
 - FOV $40^\circ \sim 50^\circ$ – Considerável [MODIS]
 - Pixel ao longo da faixa é de 3 a 5 vezes maior que à nadir
 - Aumento da área do pixel situado no extremo da imagem
 - Deslocamento dos pixels ao longo da linha de varredura



Original



Distorcida

Pixels/Área

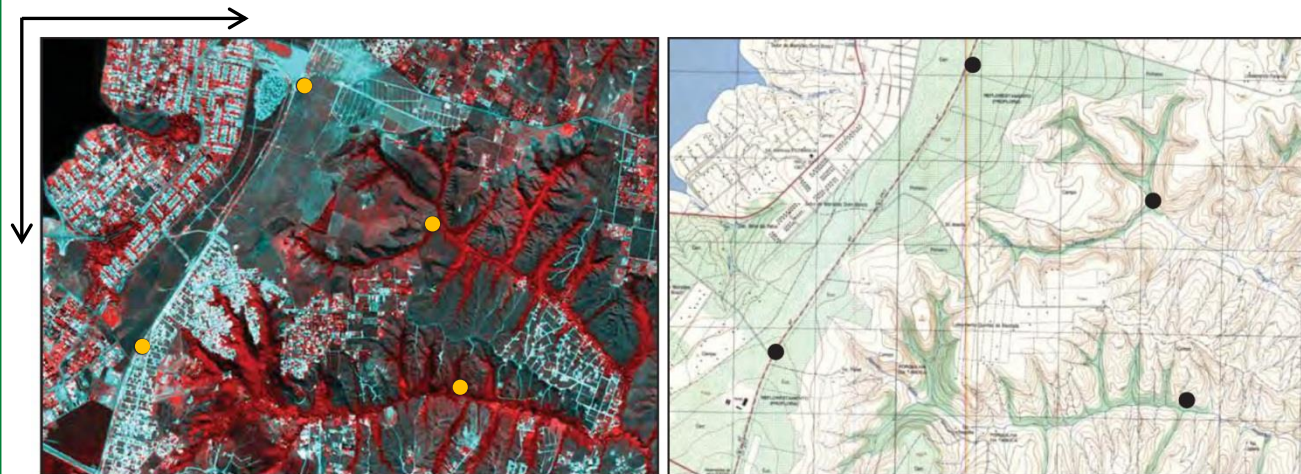
Georreferenciamento

- Existem modelos para correção das distorções apresentadas
- Porém, as imagens corrigidas apresentam erros de posição
- Existem imprecisões nos dados de atitude do satélite

O georreferenciamento elimina os erros de posicionamento não corrigidos anteriormente

- Georreferenciar \equiv transformação geométrica
- Torna as coordenadas conhecidas segundo uma referência
- Registro é superpor uma cena de duas ou mais imagens

1. Escolha de pontos conhecidos para relacionar as imagens
2. Determinar o modelo
3. Reamostragem



Estabelecendo a relação

- Define a relação entre uma posição (lat/lon) de uma imagem usada como referência e com a posição dos pixels (linha/coluna) da imagem a ser corrigida
- Adota-se dois sistemas cartesianos
 - Pontos de controle da imagem de referência ($lat/lon \equiv x/y$)
 - Pixels da imagem distorcida ($u/v \equiv linha/coluna$)
 - Assim, define-se as funções : $u = f(x, y) \quad v = g(x, y)$
- Uma vez que as funções $f(x, y)$ e $g(x, y)$ são conhecidas, a posição geográfica dos pixels podem ser determinadas
- ...ou melhor, podemos construir uma nova imagem corrigida

Um dos problemas é determinar f e g

Transformações polinomiais

- Polinômio de 2º grau:

$$u = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2$$
$$v = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2$$

- Como obter os coeficientes a_i e b_i ?
 - Pontos de controle no terreno (*ground control points* - GCP)
 - De preferência, fáceis de identificar! (pontes, cruzamentos, etc)
 - ☺ Um Sistema Linear é montado para obter a_i e b_i
 - O polinômio pode ser ainda de grau 1 a 3 (normalmente 1 ou 2)
 - O graus estão relacionados com o número mínimo de GCP's (para que seja possível resolver o SL)
 - A dispersão dos GCP's é muito importante
-

Avaliação da transformação

- Nem sempre é possível efetuar correções perfeitas
- É difícil (entediante) coletar GCP's precisos (a mão treme!)
- A dispersão nem sempre é garantida

Imagem de referência (mapa)

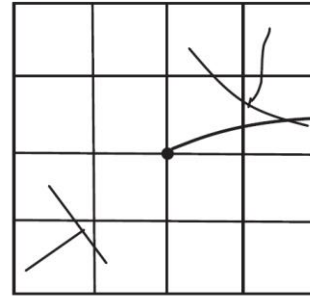
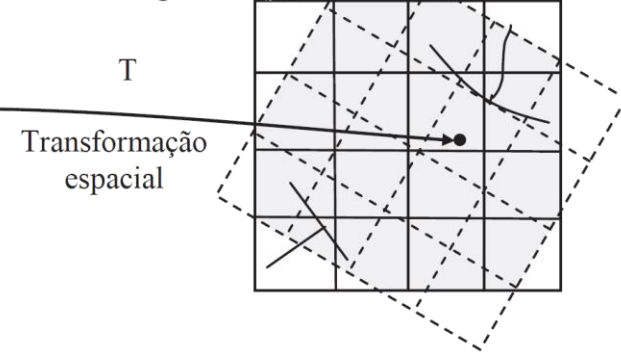


Imagem de ajuste



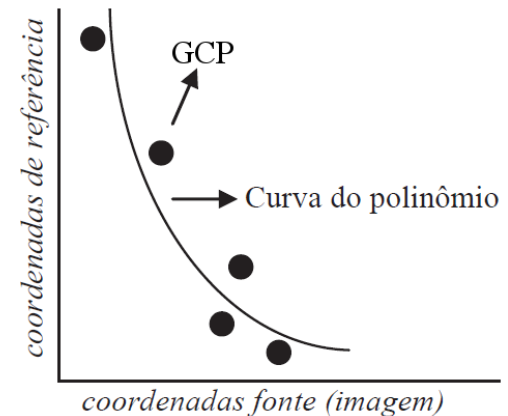
- O cálculo da imprecisão é feito comparando o polinômio interpolador com os pontos conhecidos, através do RMS (*Root Mean Square*)

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2 + (y_i - \bar{y}_i)^2}$$

onde:

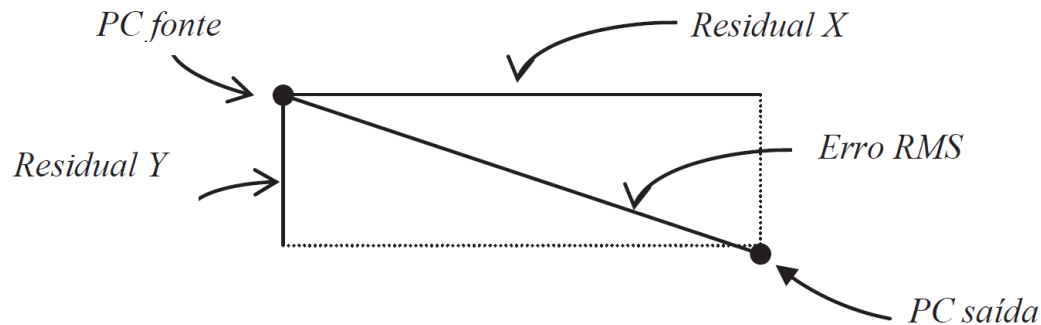
(x_i, y_i) são coordenadas transformadas na posição (u, v)

(\bar{x}_i, \bar{y}_i) são coordenadas do GCP na posição (u, v)



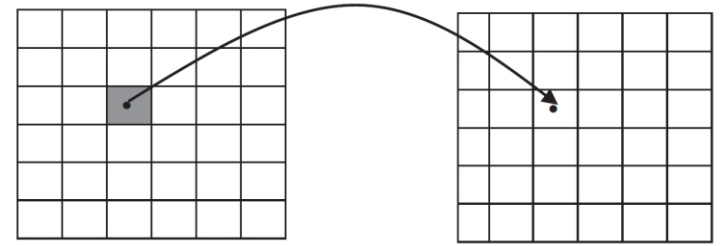
RMS

- RMS é expresso em pixels
- RMS = 2 significa que os pixels corrigidos estão em média 2 pixels distante da sua posição correta
- A precisão de cada GCP é dada por: $R_i = \sqrt{(x_i - \bar{x}_i)^2 + (y_i - \bar{y}_i)^2}$
- Com isso, verifica-se os possíveis GCP's errados



- O valor de RMS aceito para os GCP's dependem dos dados:
 - Imagem com pixels de 30 m \rightarrow RMS < 2 \rightarrow 60 m
 - Mapas 1:25.000 \rightarrow precisão próxima de 20 m
 - GPS \rightarrow precisão de aproximada de 10 m

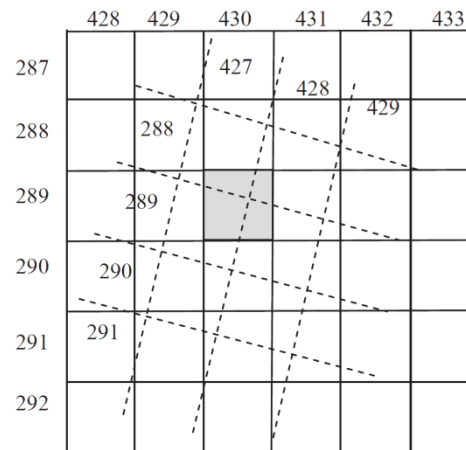
Reamostragem



- Realizado após o georreferenciamento:
 - Define-se uma grade/espacamento segundo o tam. do pixel da imagem
 - A posição dos pixels da imagem são conhecidos (funções f e g)
 - Os valores dos pixels (NC) da imagem são transferidos para a grade
- É raro que o pixel coincida com o centro da grade!
- Uma solução para isso é a reamostragem (ou interpolação)

Imagem – linha contínua
Grade – linha tracejada

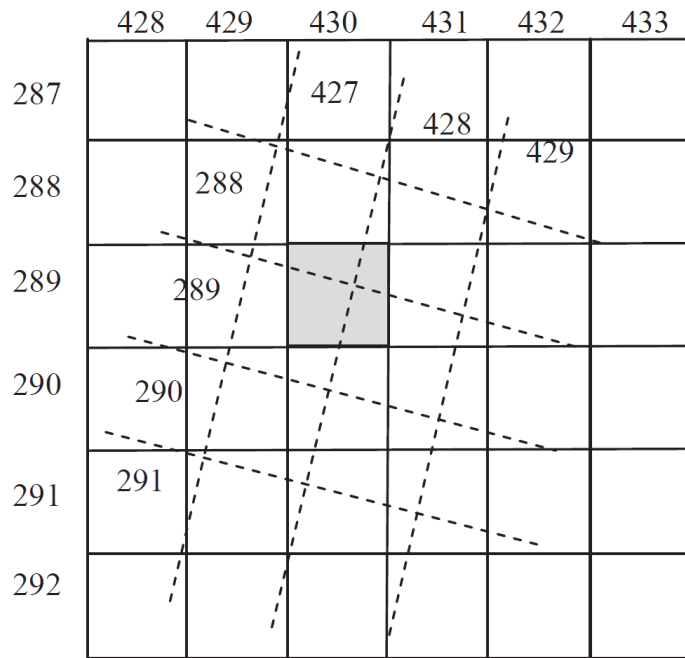
O pixel destacado
influênci pelo menos 4
pixels da imagem
corrigida!



O processo de
interpolação define qual
dos 4 pixels assume o
valor do pixel destacado!

[ou uma combinação]

Reamostragem

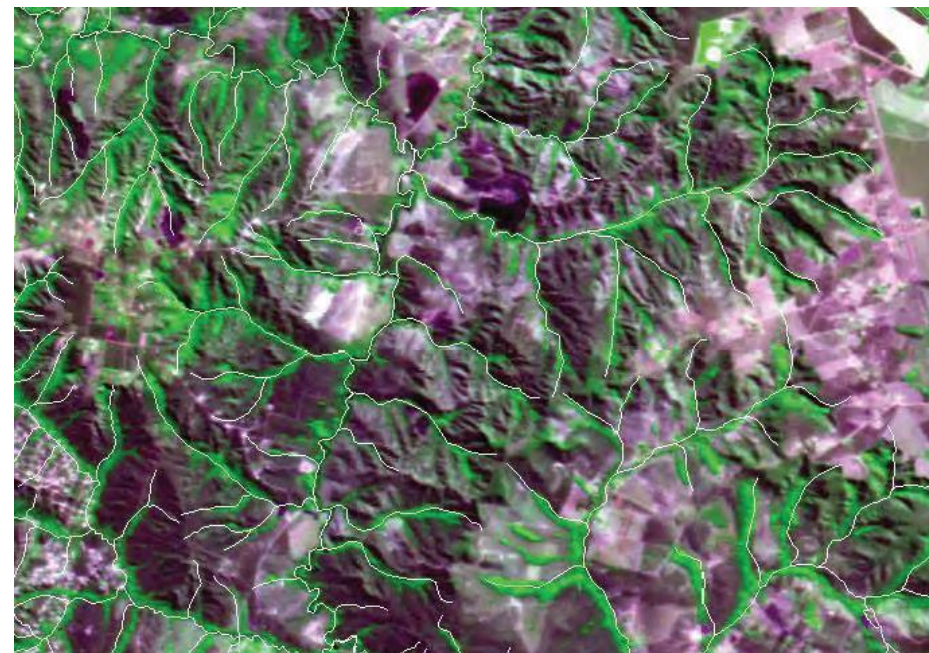
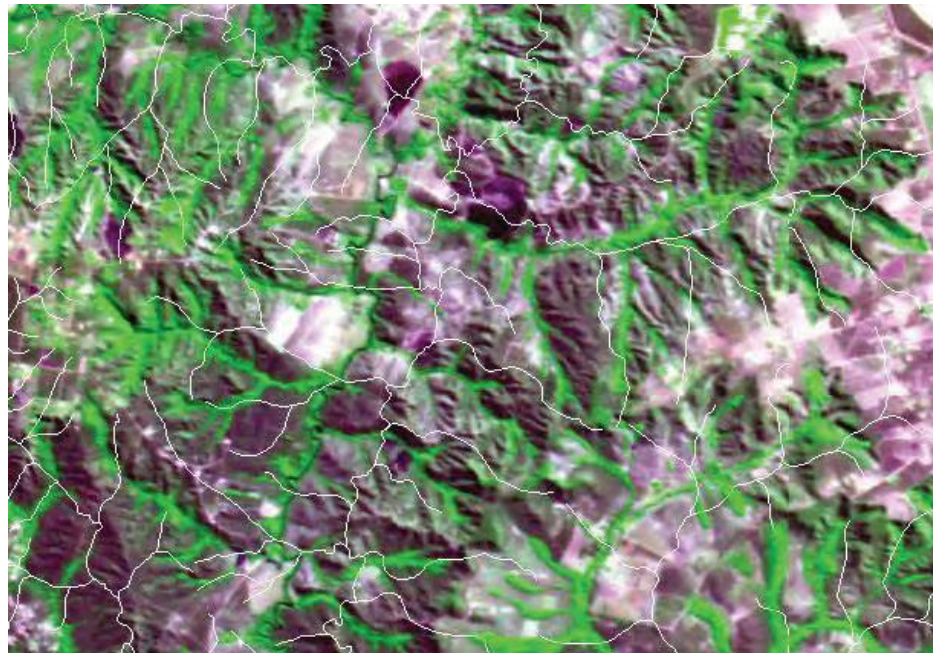


- Quais informações serão usadas para preencher os pixels 288-289/427-428?
- Métodos de interpolação:
 - Vizinho mais próximo
 - Bilinear
 - Convolução cúbica

- Vizinho mais próximo: usa o valor do pixel mais próximo [289/427]
- Bilinear: usa os 4 vizinhos mais próximos, 2 interpolações lineares ao longo das linhas e, dentro de um janela 2×2 , é calculada a média ponderada entre os 4 pixels, gerando assim o pixel de saída
- Convolução cúbica: polinômios cúbicos são ajustados para cada coluna, e em seguida é aplicado um novo polinômio cúbico sobre estes valores

Exemplo:

Ajuste de imagem sobre rede de drenagem



Bibliografia da aula

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

