

# Identificação de mudanças e variabilidade em séries fluviométricas

Exemplos, problemas e o papel de alterações da  
chuva e do uso do solo

Walter Collischonn

Instituto de Pesquisas Hidráulicas  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul



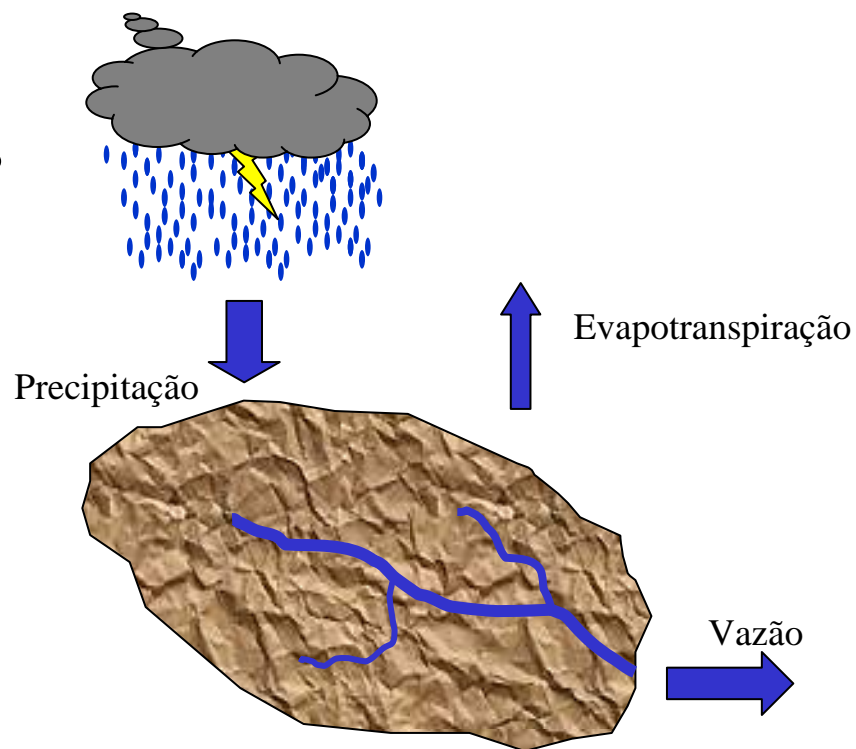
# Tópicos

- Como diferenciar efeito da chuva e do uso do solo em bacias?
  - Coisas acontecem ao mesmo tempo
  - Efeito pode ser pequeno
  - Sensibilidade diferente
  - Problemas com os dados
- Exemplos, casos interessantes
  - Análise de caso do Paraguai e afluentes
  - Rio Paraná próximo a Itaipu



# Impactos nos recursos hídricos

- Mudanças da chuva, temperatura etc. podem levar a mudanças de vazão e nível da água dos rios
- Impactos podem ser positivos ou negativos, dependendo dos usos dos recursos hídricos e do sentido e magnitude da alteração



# Mudanças climáticas

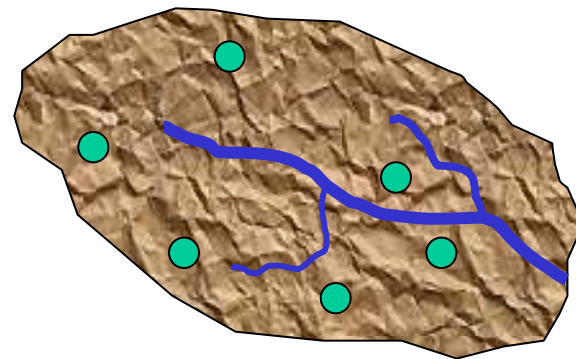
## X

# variabilidade climática

- Mudanças: espera-se que novas condições sejam mais ou menos permanentes
- Variabilidade: espera-se que as condições mudem em pouco tempo (alguns anos ou décadas)
- Somos vulneráveis tanto às mudanças como à variabilidade
- Se reduzirmos nossa vulnerabilidade às variabilidades climáticas estaremos trabalhando no sentido de reduzir nossa vulnerabilidade às mudanças climáticas

# Uso de dados fluviométricos para analisar mudanças e variabilidade

- Séries de nível ou vazão de um rio refletem o que ocorre na bacia a montante
- São convenientes porque integram os efeitos sobre uma grande área
- Normalmente é mais fácil perceber alterações na vazão do que na chuva



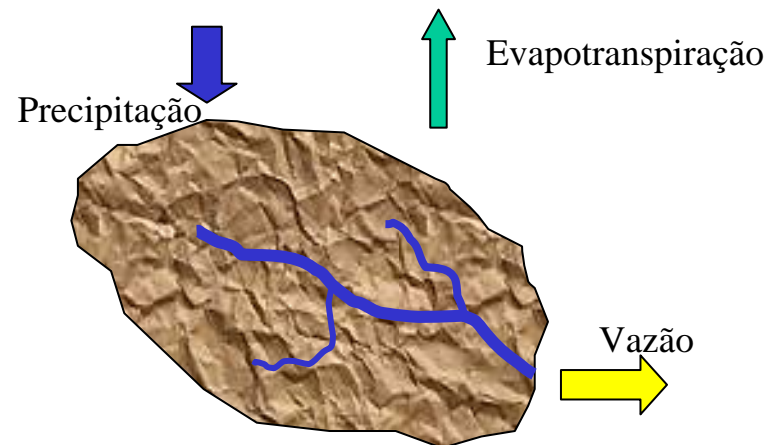
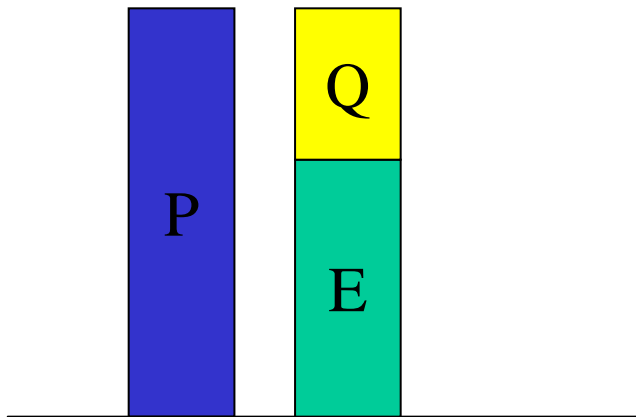
# Sensibilidade da vazão

- A sensibilidade da vazão às alterações na chuva depende das características da bacia.

P = chuva

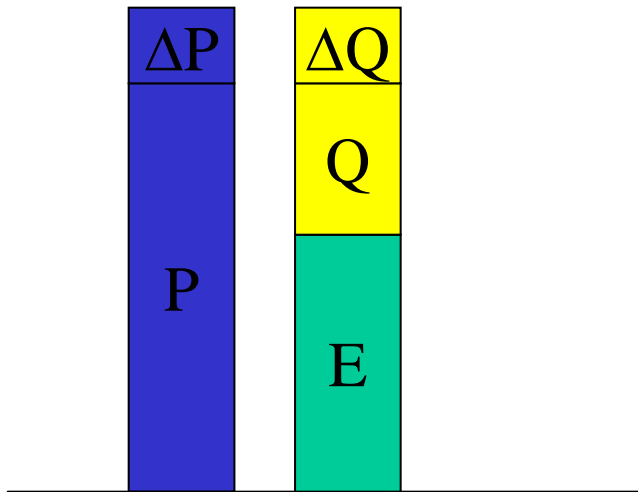
Q = vazão

E = evapotranspiração



# Sensibilidade da vazão

- Se a Evapotranspiração permanece mais ou menos constante, uma pequena alteração da chuva pode provocar uma grande alteração (relativa) da vazão.



P = chuva

Q = vazão

E = evapotranspiração

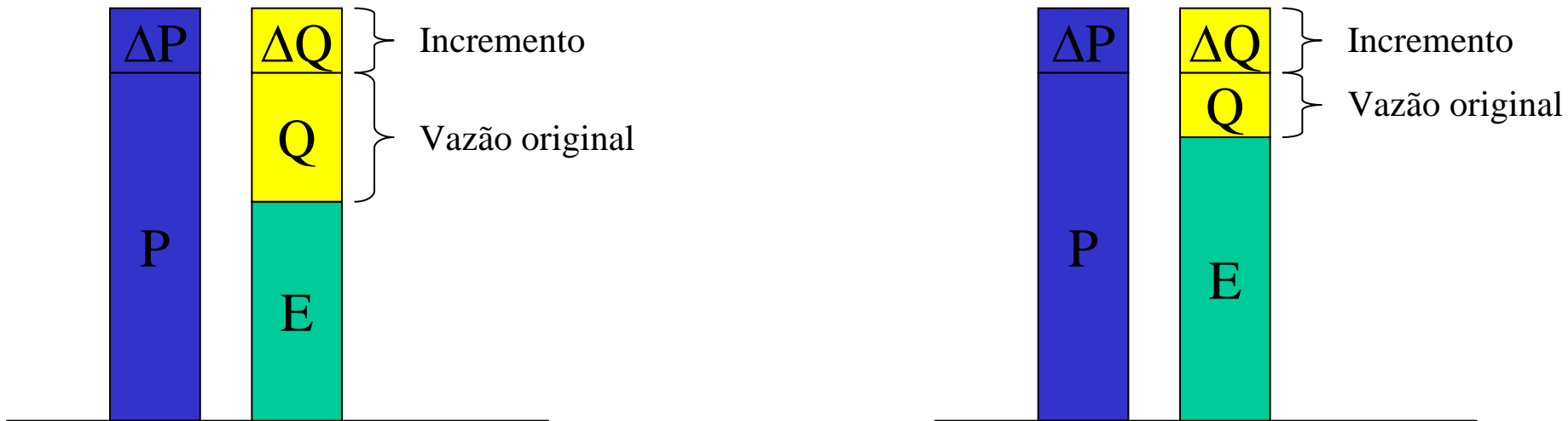
# Mudanças na chuva x mudanças na evapotranspiração

- Dependendo das características da bacia anos mais chuvosos podem ter maior ou menor evapotranspiração
  1. Menor limitação da evapotranspiração por menos déficit de umidade no solo = maior evapotranspiração ao longo do ano
  2. Menor demanda de evapotranspiração por maior umidade do ar, menor temperatura, menor radiação solar = menor evapotranspiração ao longo do ano



# Sensibilidade da vazão

- Sensibilidade parece ser maior em bacias com altos valores de evapotranspiração (comparada à precipitação)
- Isto é fácil de entender se consideramos a Evapotranspiração relativamente constante.

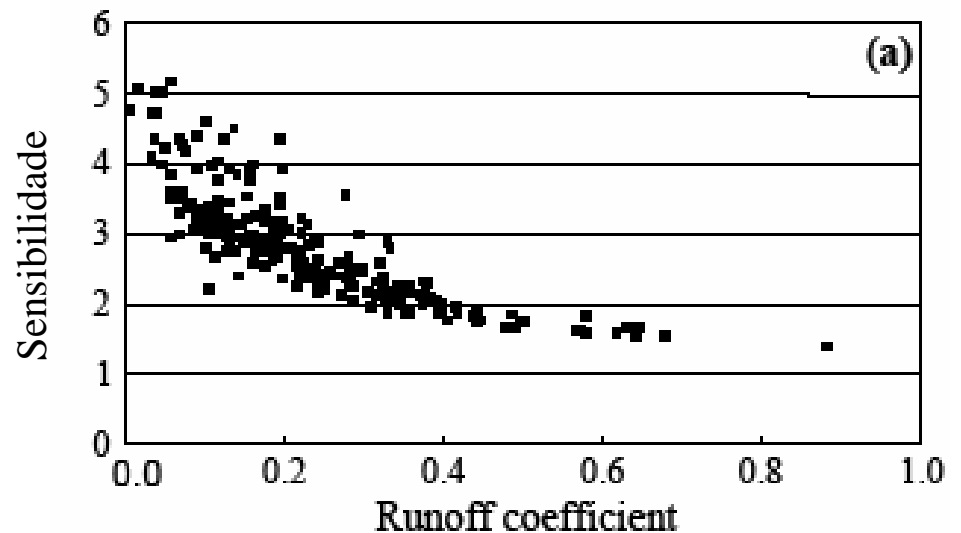


# Sensibilidade das vazões às alterações da precipitação

- Um aumento de  $X$  % na chuva pode levar a um aumento de  $Y$  % na vazão média de um rio.
- A relação entre  $Y$  e  $X$  pode ser chamada de sensibilidade ou elasticidade das vazões em relação à precipitação
- Sensibilidade depende das características da bacia

Estimativas de Chiew (2006)  
na Austrália

Estimation of rainfall elasticity of streamflow in Australia  
Hydrological Sciences Journal



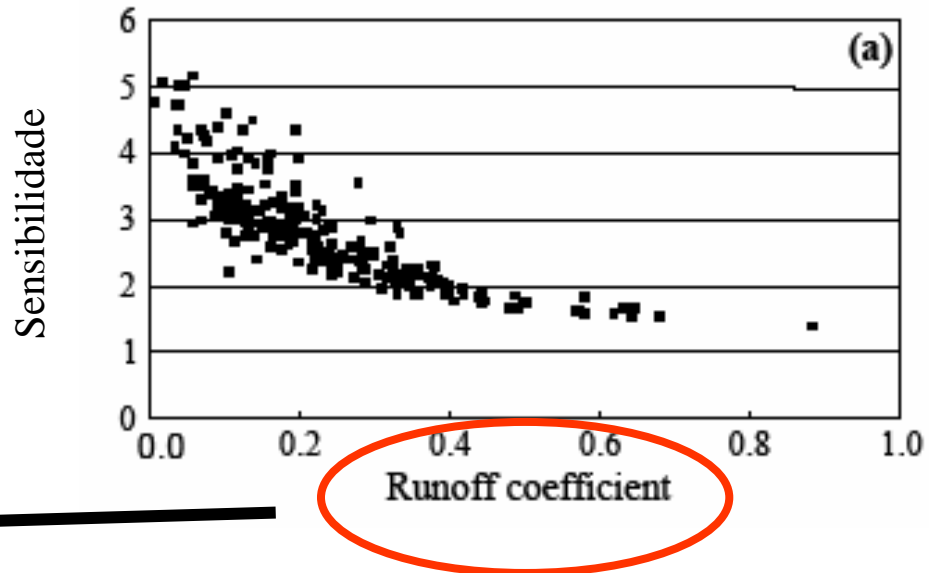
# Sensibilidade das vazões às alterações da precipitação

- Um aumento de X % na chuva pode levar a um aumento de Y % na vazão média de um rio.
- A relação entre Y e X pode ser chamada de sensibilidade ou elasticidade das vazões em relação à precipitação

• Sensibilidade depende das características da bacia na Austrália

Estimation of rainfall elasticity of streamflow in Australia  
Hydrological Sciences Journal

$$C = \frac{Q}{P}$$

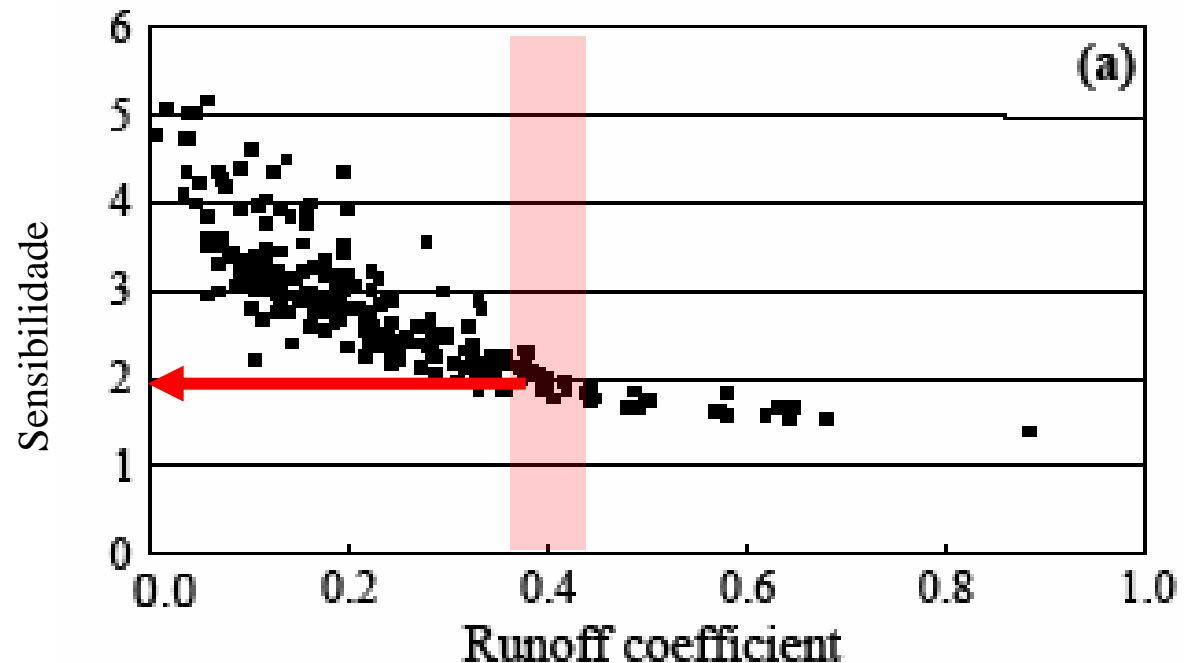


# Sensibilidade no Sul

Rio Grande do Sul: Coeficiente de escoamento 0,4

Redução de 1% na chuva levaria a redução de 2% na vazão

Aumento de 1% na chuva levaria a aumento de 2% na vazão

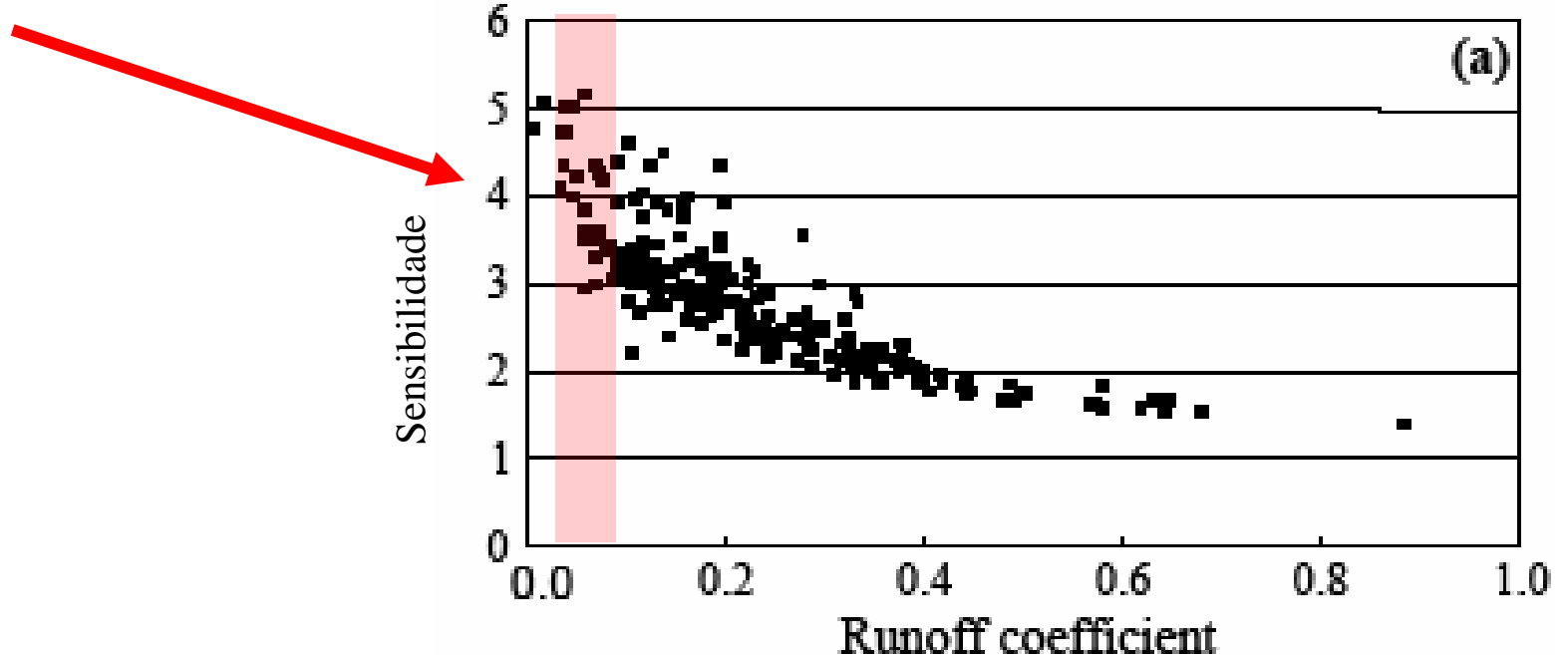


# Sensibilidade no Pantanal

Rio Paraguai: Coeficiente de escoamento 0,08

Redução de 1% na chuva levaria a redução de 4% na vazão

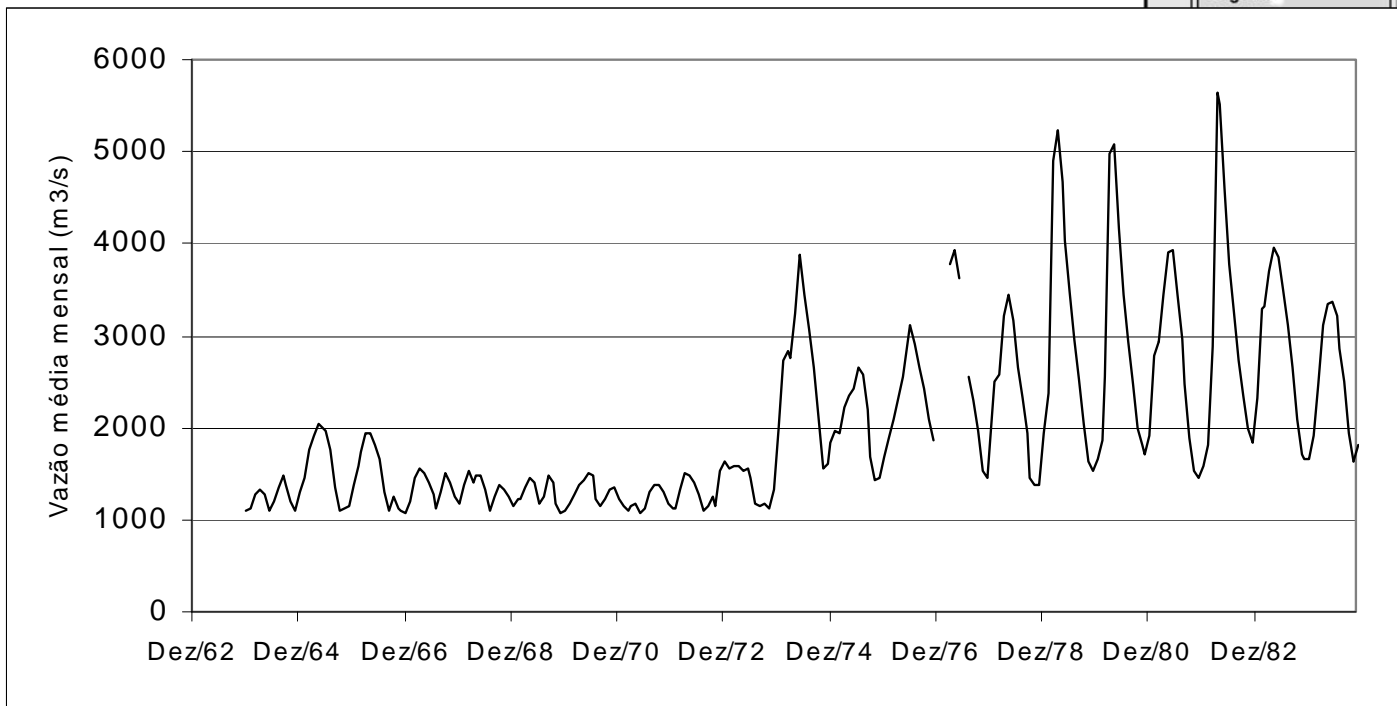
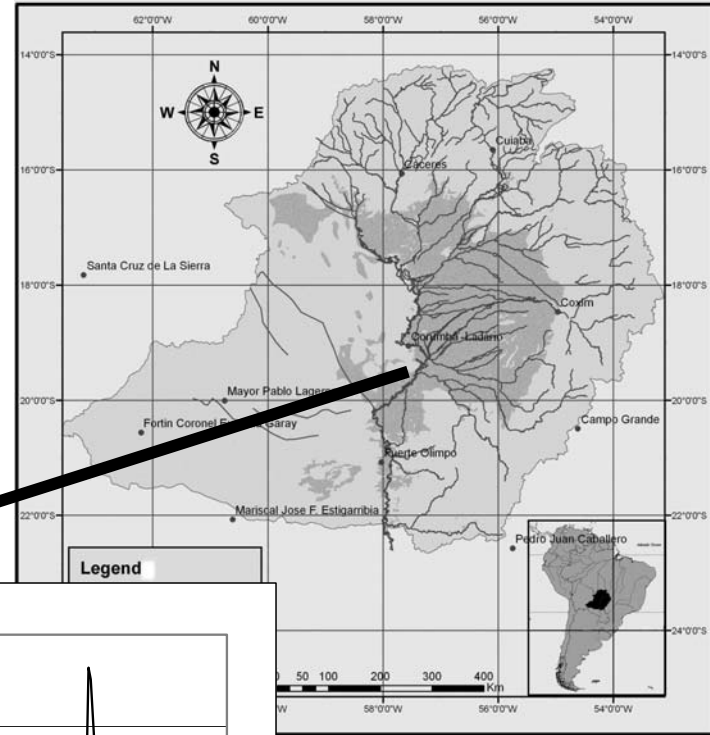
Aumento de 1% na chuva levaria a aumento de 4% na vazão



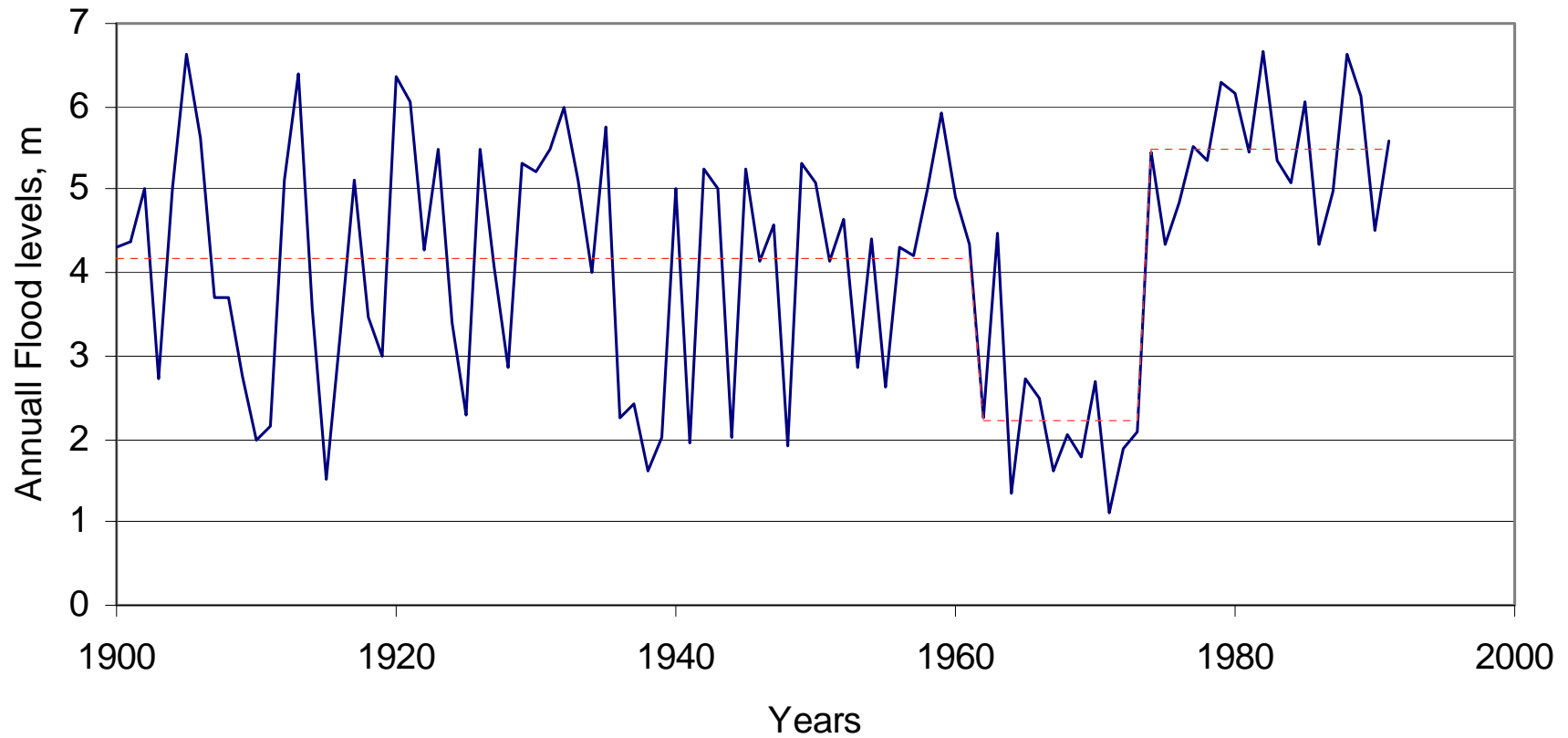
# Exemplos

- Rio Paraguai e afluentes
- Bacia incremental do Paraná a montante de Itaipu





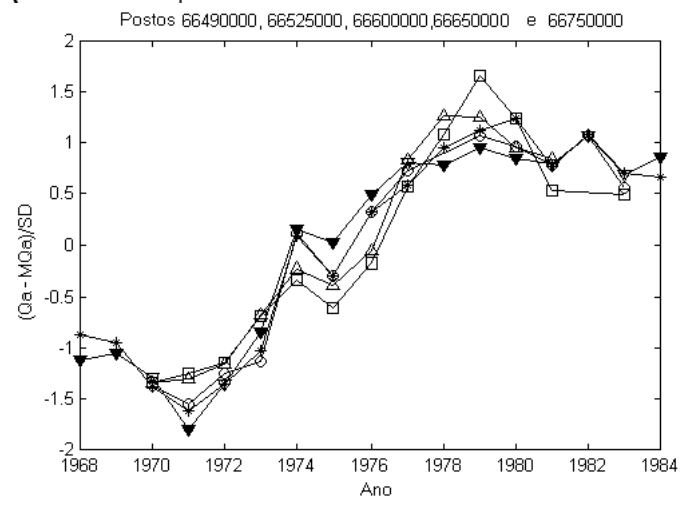
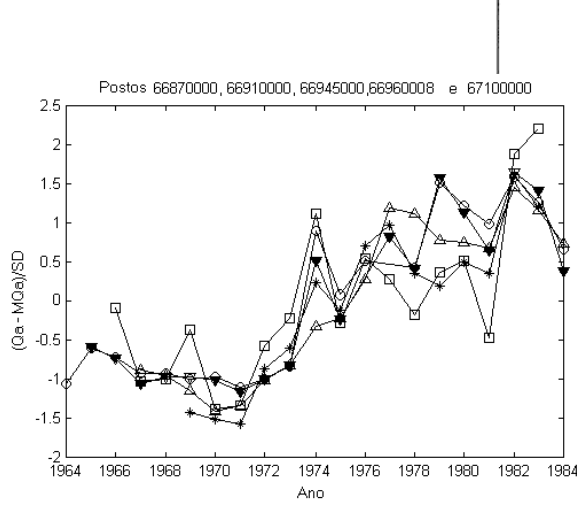
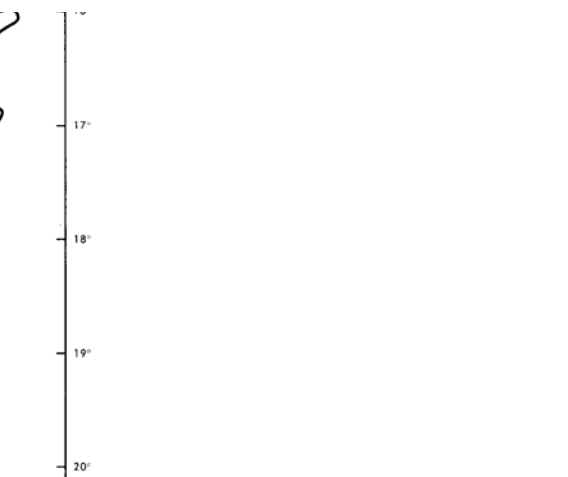
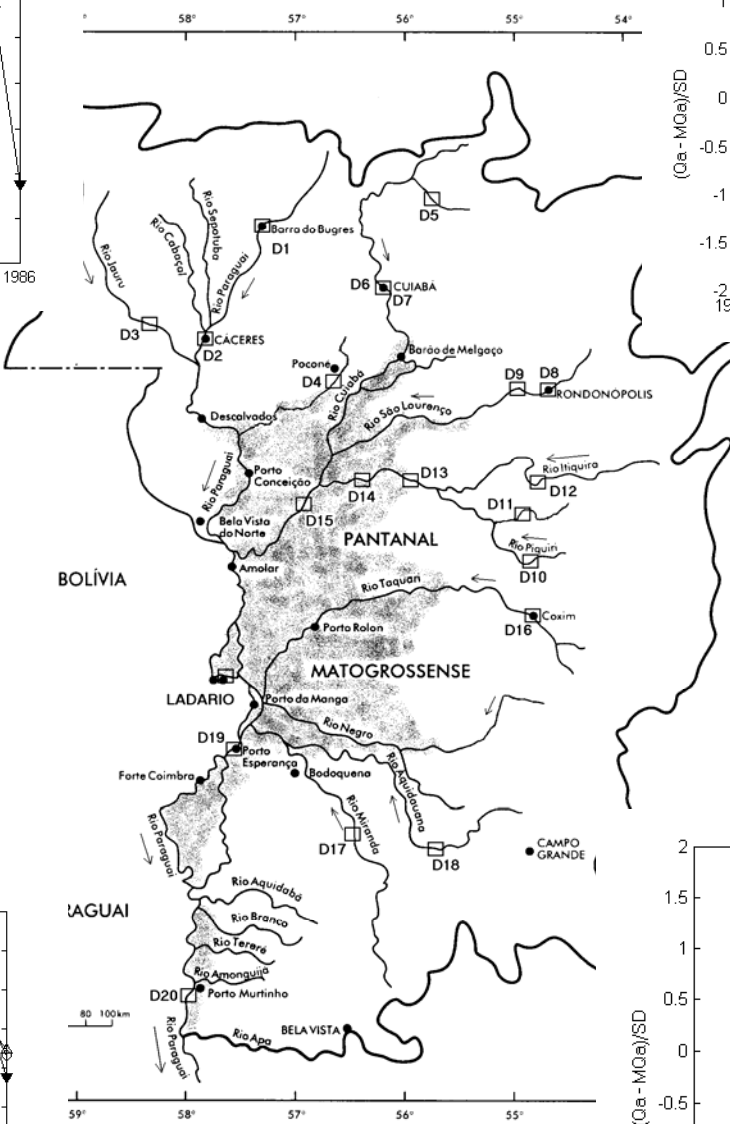
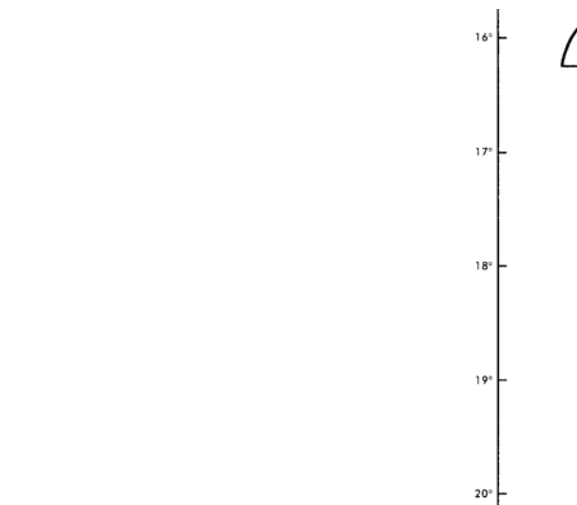
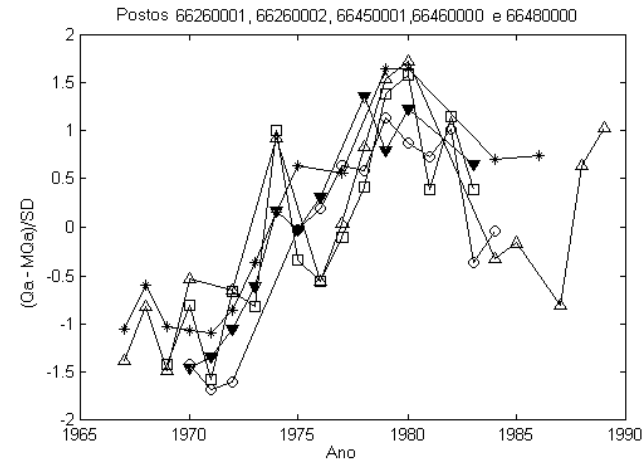
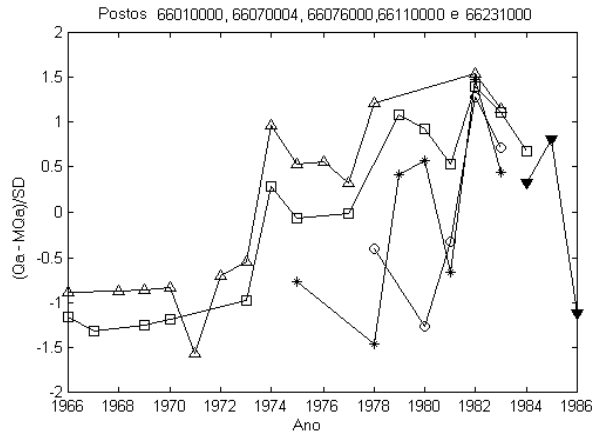
# Níveis máximos em Ladário



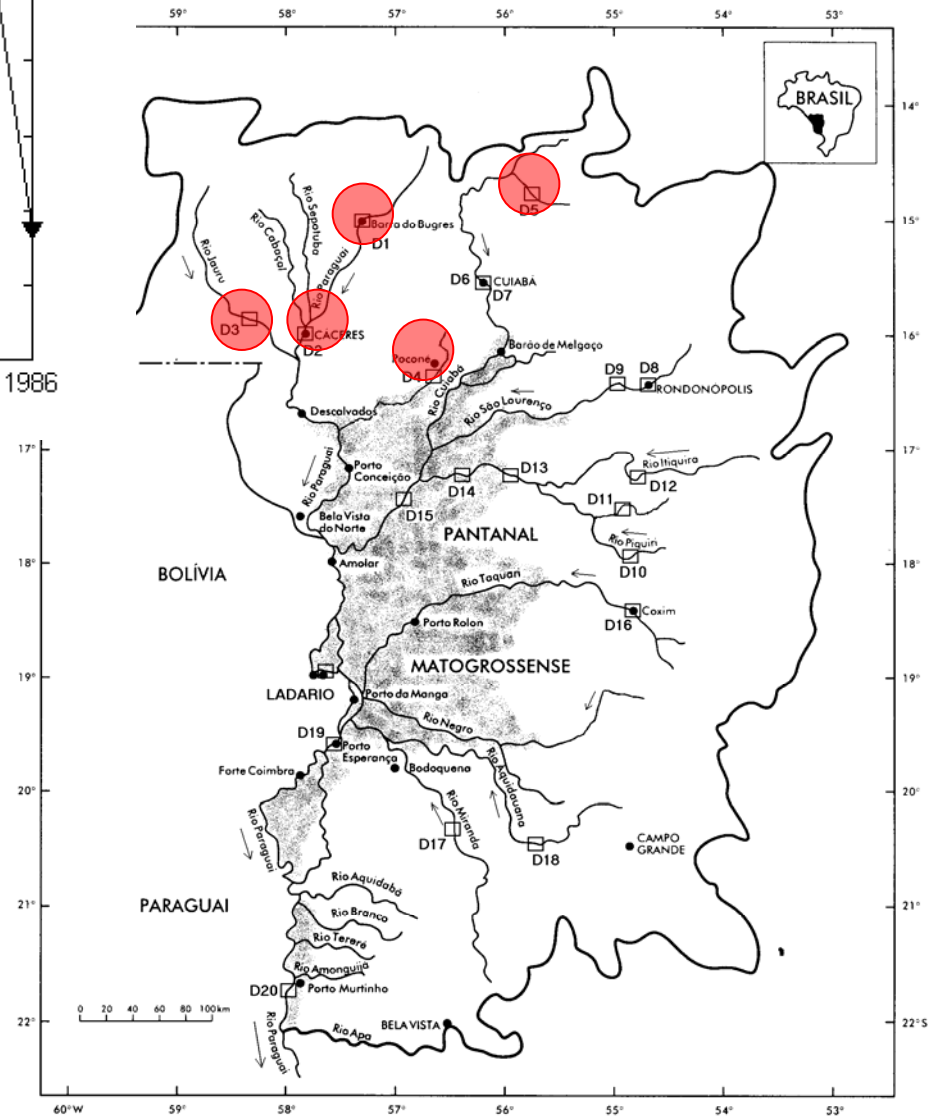
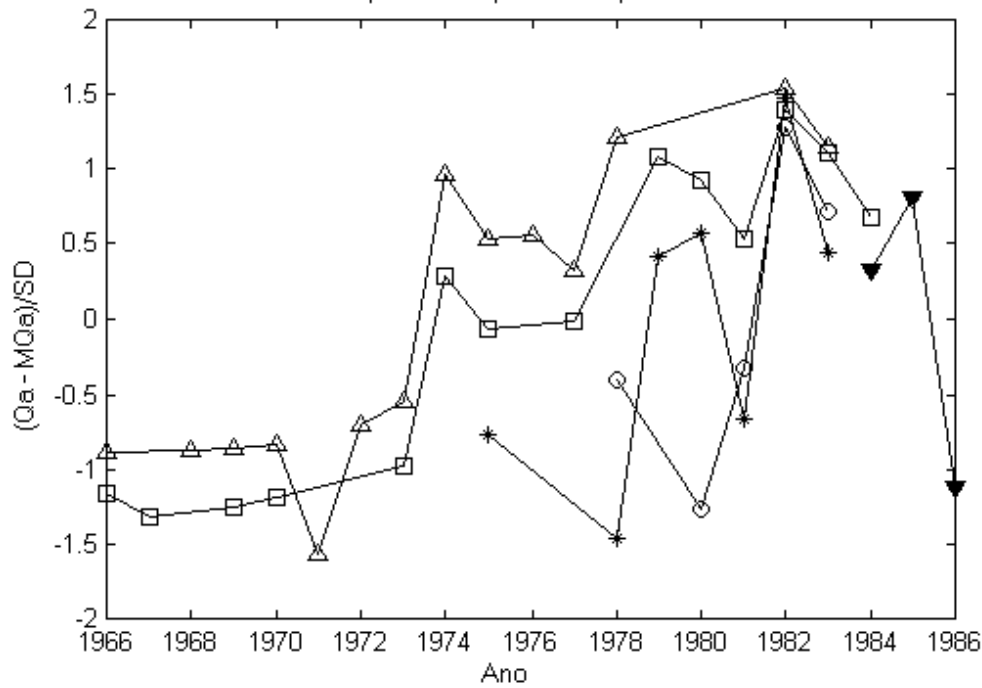


# Causas da variabilidade do rio Paraguai

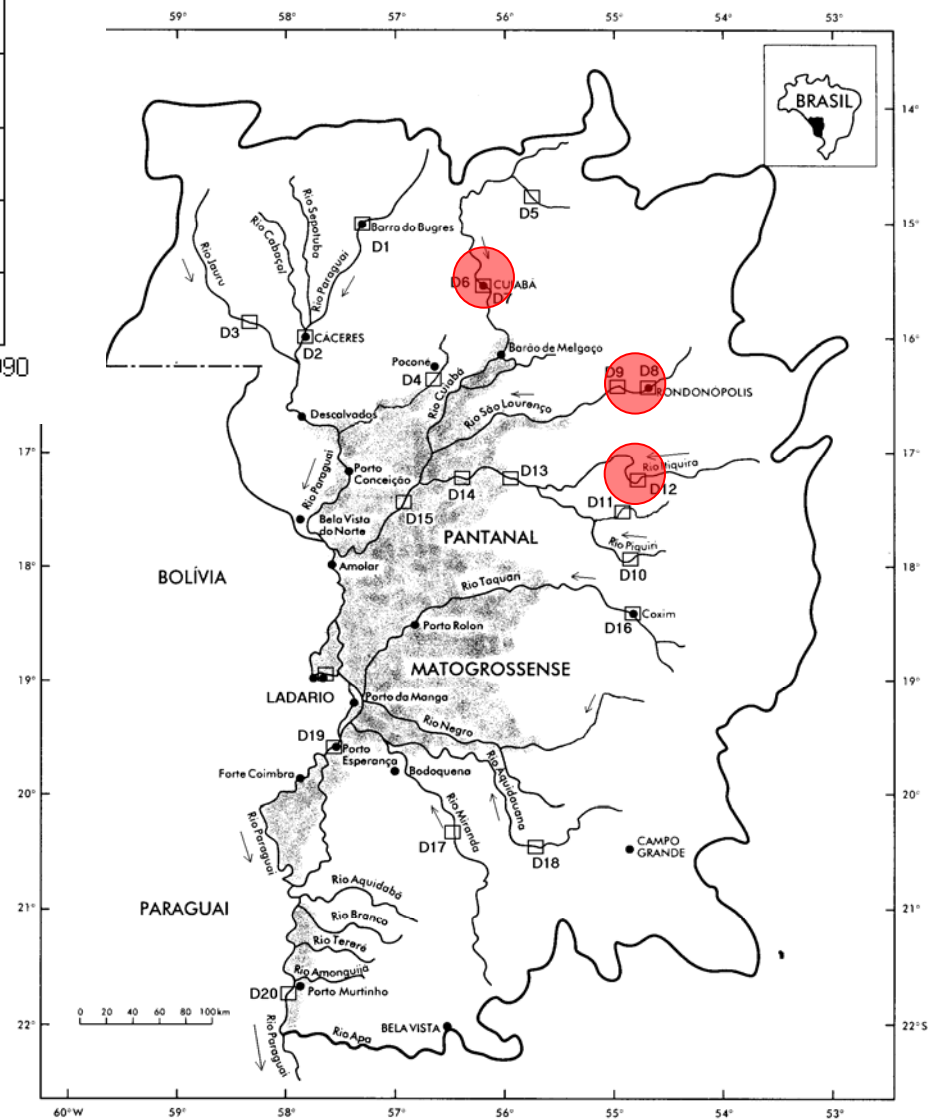
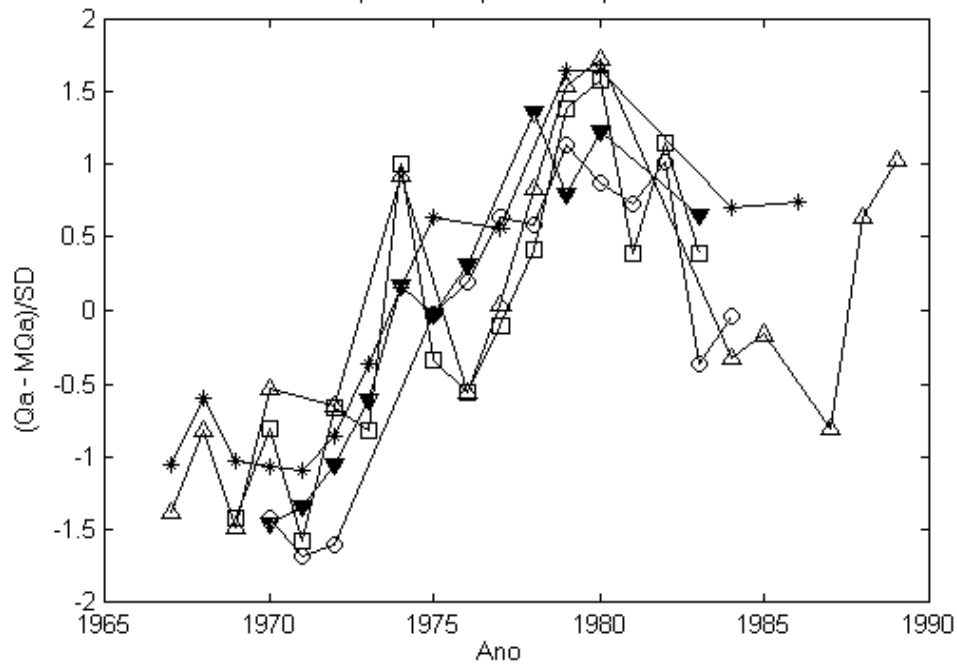
- Afluentes
- Chuva maior
- Cobertura vegetal e uso do solo



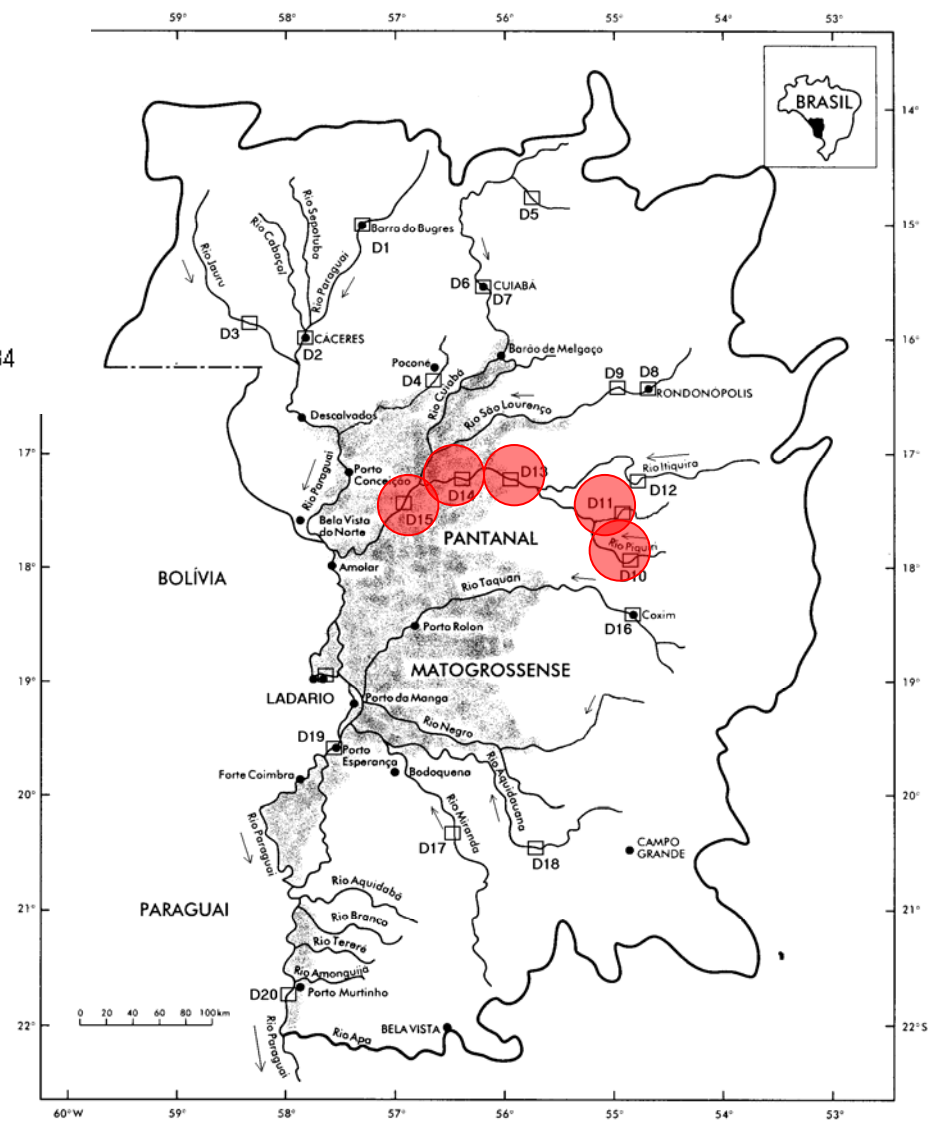
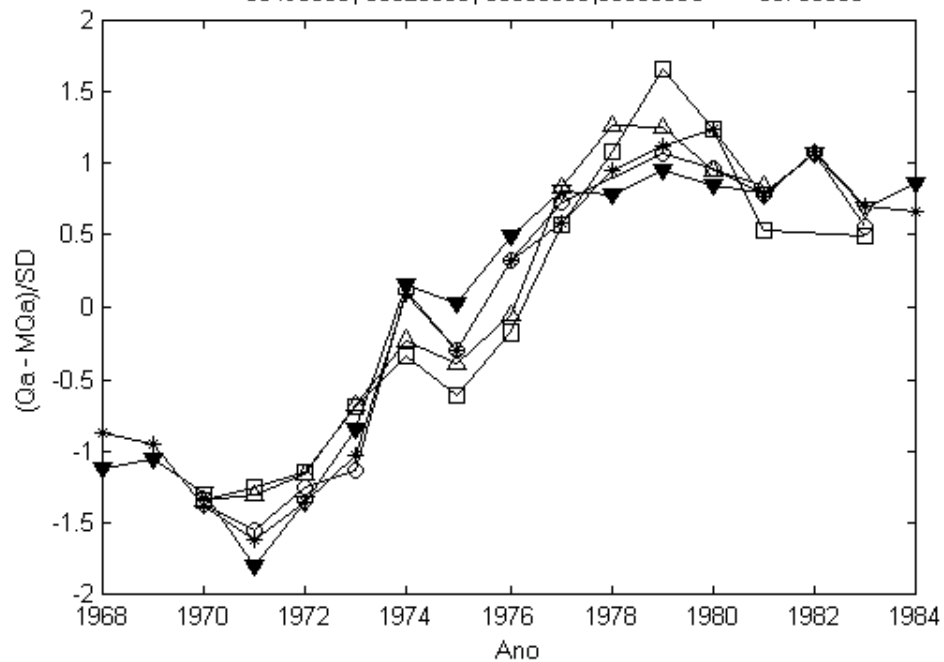
Postos 66010000, 66070004, 66076000, 66110000 e 66231000



Postos 66260001, 66260002, 66450001, 66460000 e 66480000

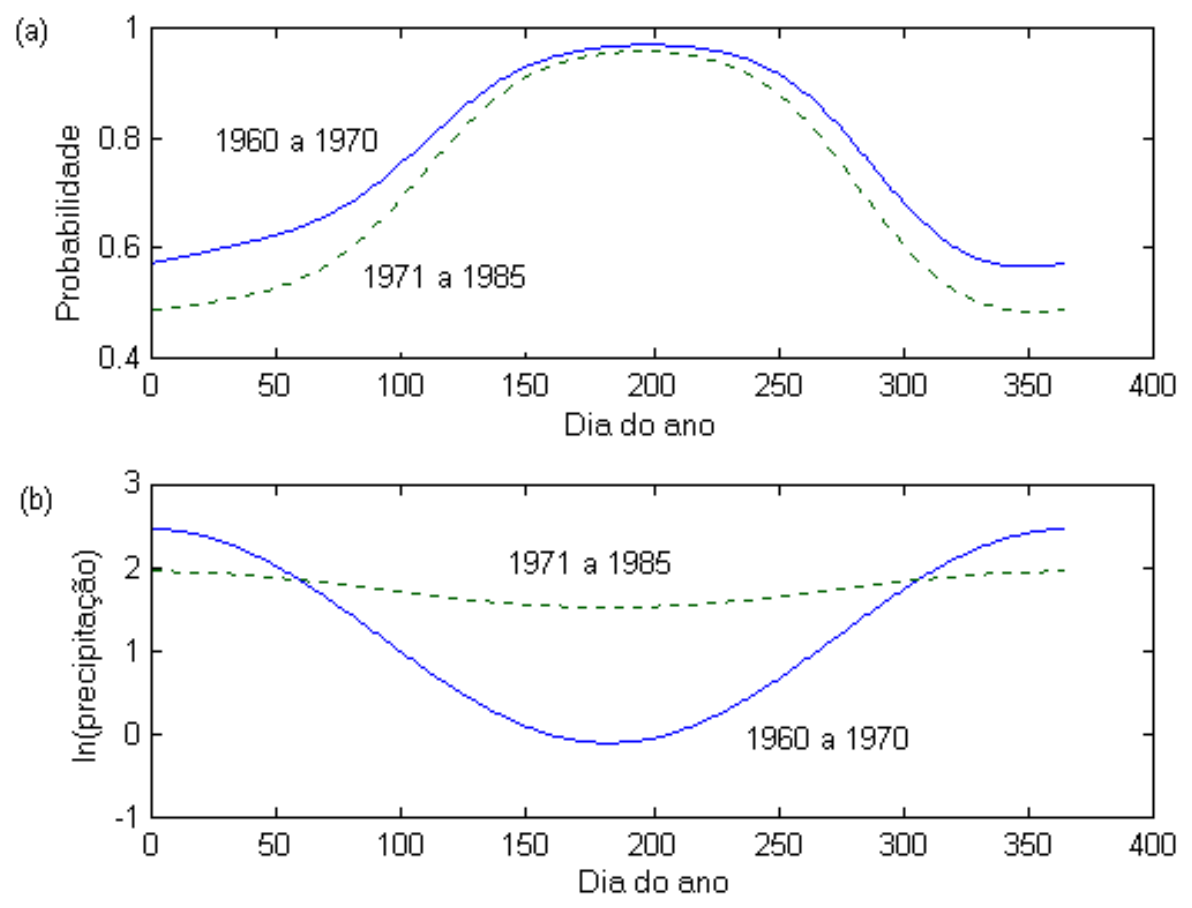


Postos 66490000, 66525000, 66600000, 66650000 e 66750000





# Chuvas na bacia do rio Paraguai



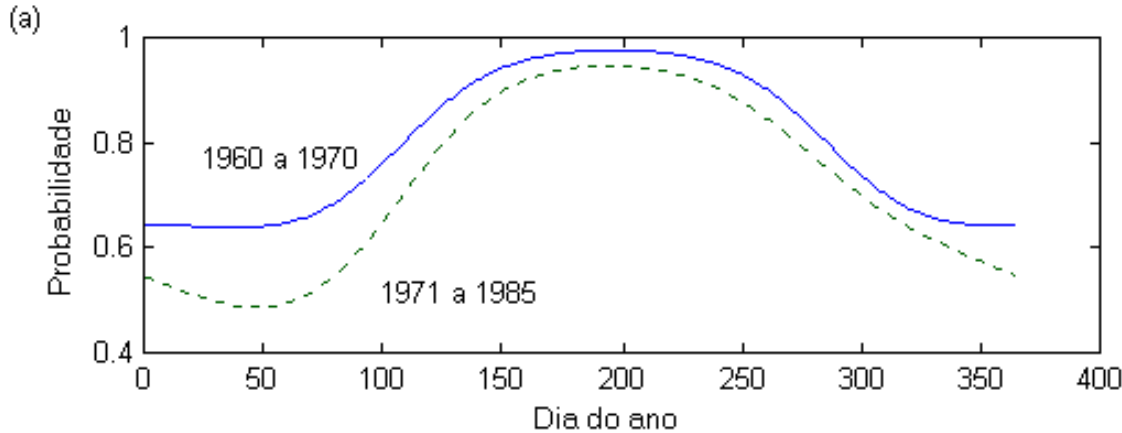
Probabilidade de que um dia sem chuva seja sucedido por outro dia sem chuva, em cada dia do ano.

Média do logaritmo natural da precipitação em cada dia do ano.

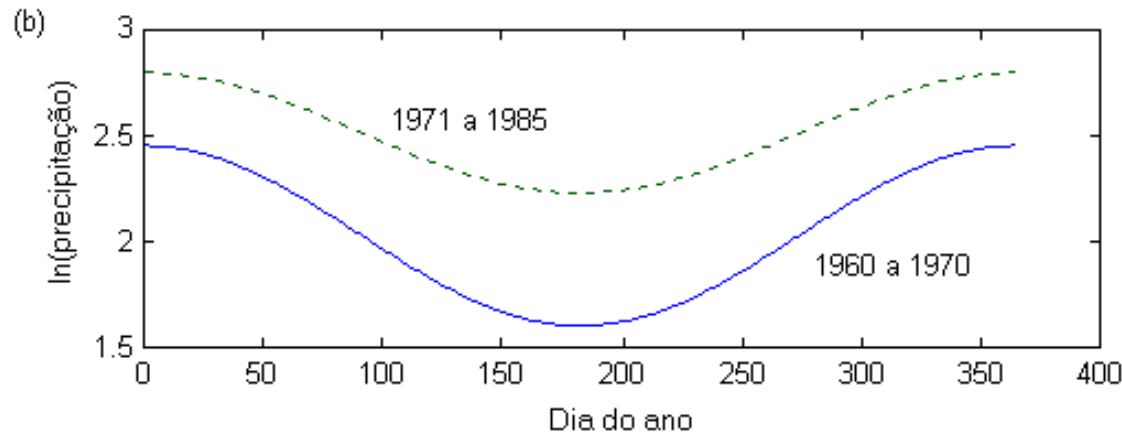
Posto pluv. 01753000

total anual: década de 60 = 1548 mm; depois = 1724 mm

# Chuvas na bacia do rio Paraguai



Probabilidade de que um dia sem chuva seja sucedido por outro dia sem chuva, em cada dia do ano.



Média do logaritmo natural da precipitação em cada dia do ano.

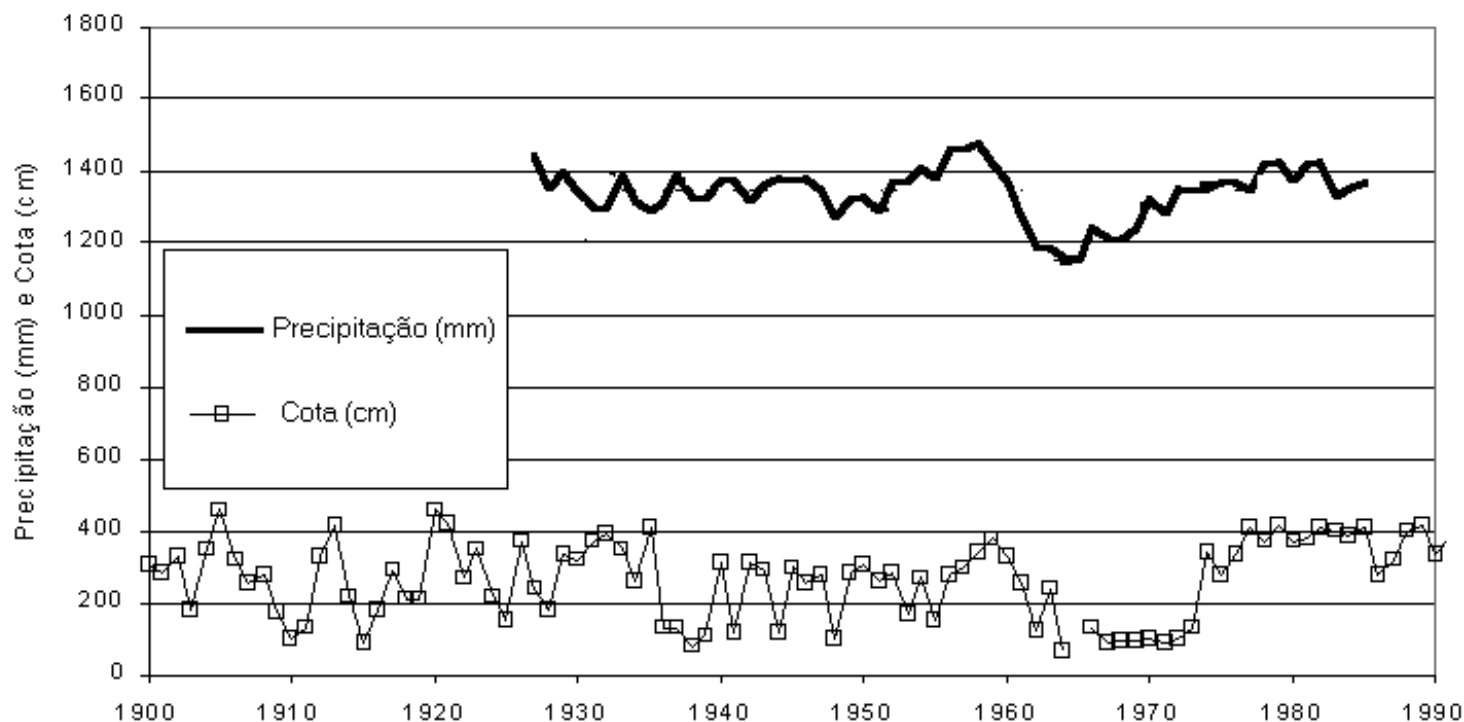
total anual: década de 60 = 1240 mm; depois = 1892 mm

Posto pluv. 01754000



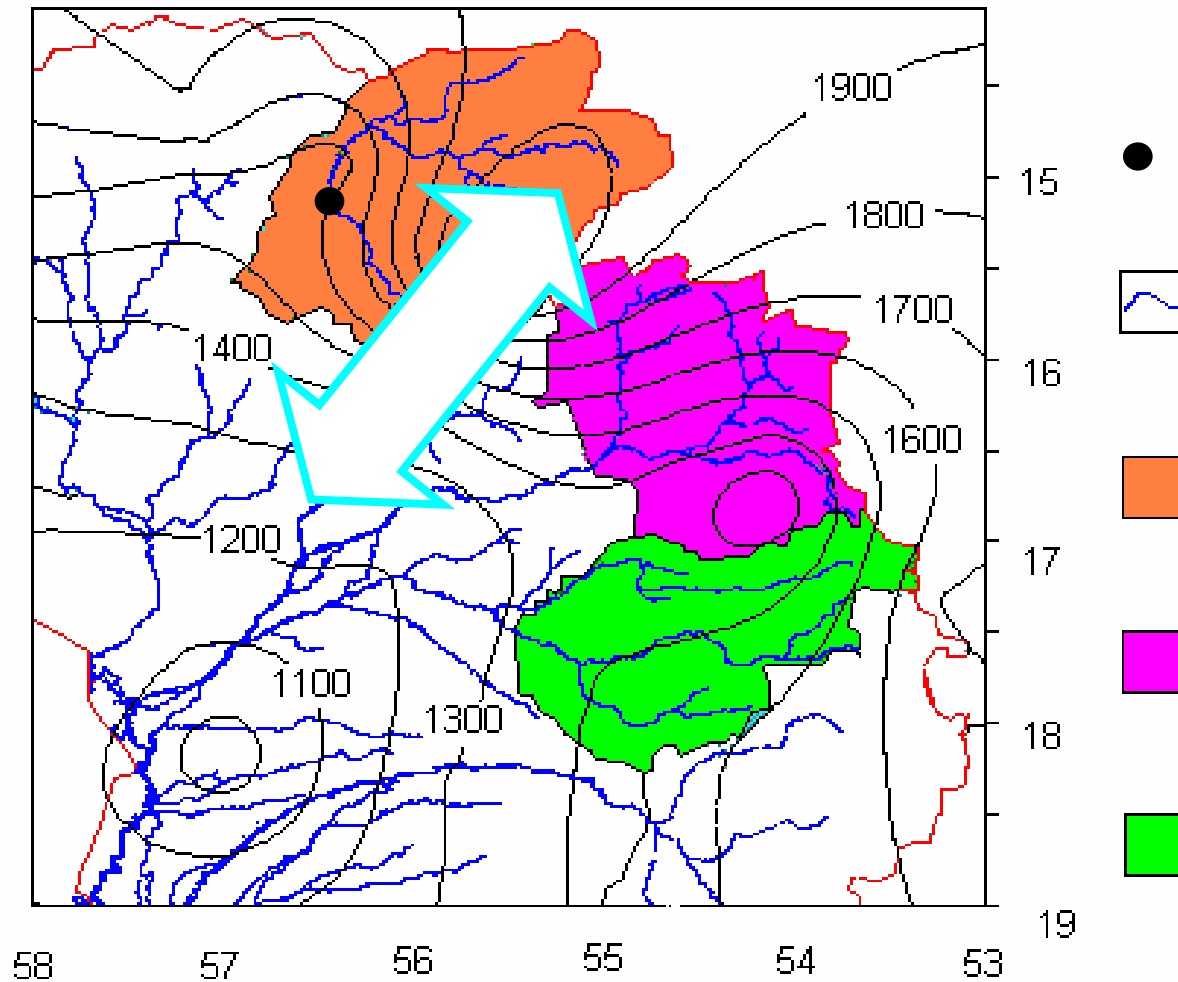
# Chuvas BAP década de 1960

- Dias com chuva mais raros
- Quando ocorria, chuva era menos intensa



Cota Ladário  
Chuva em Cuiabá

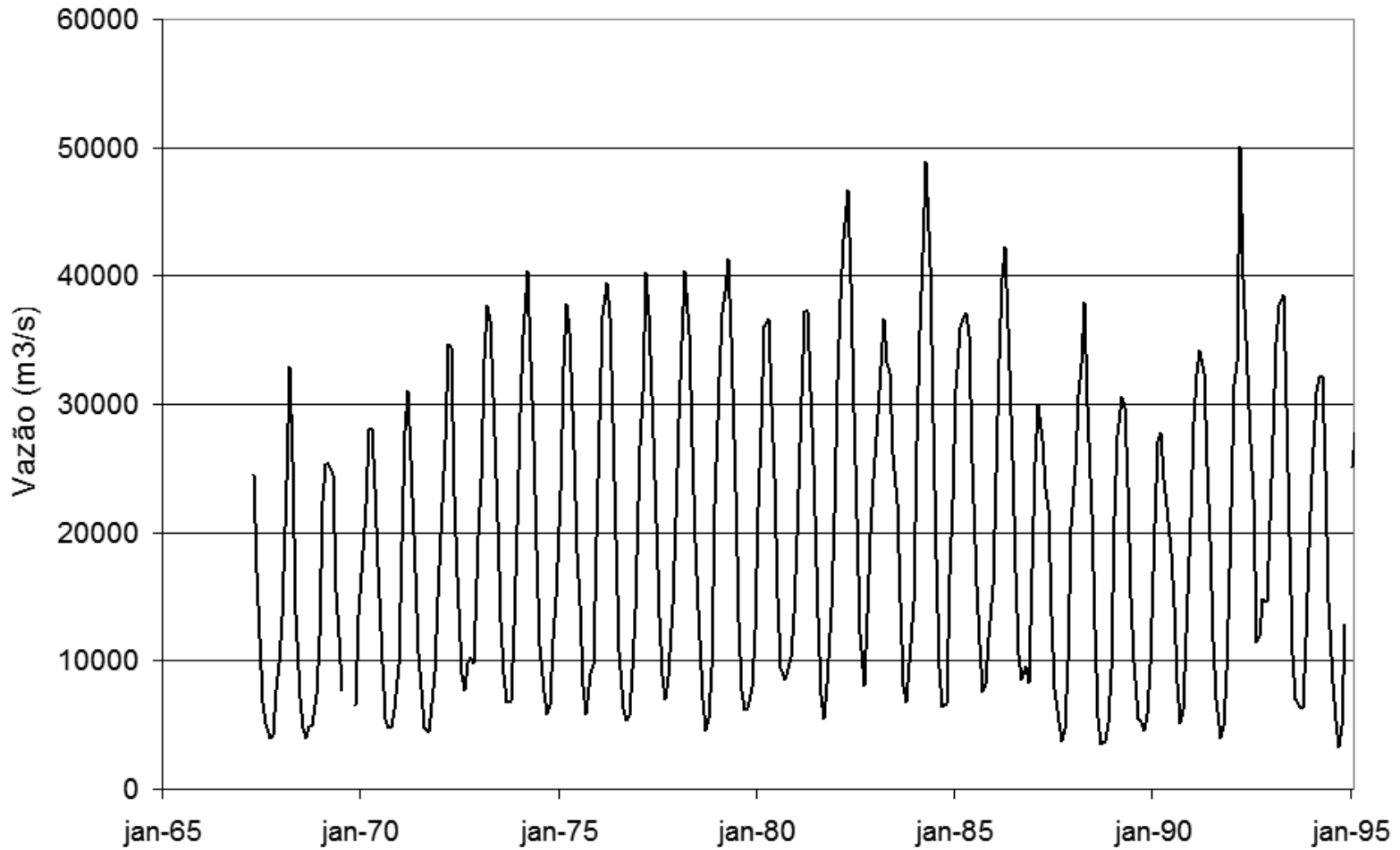
# Deslocamento das isoietas?



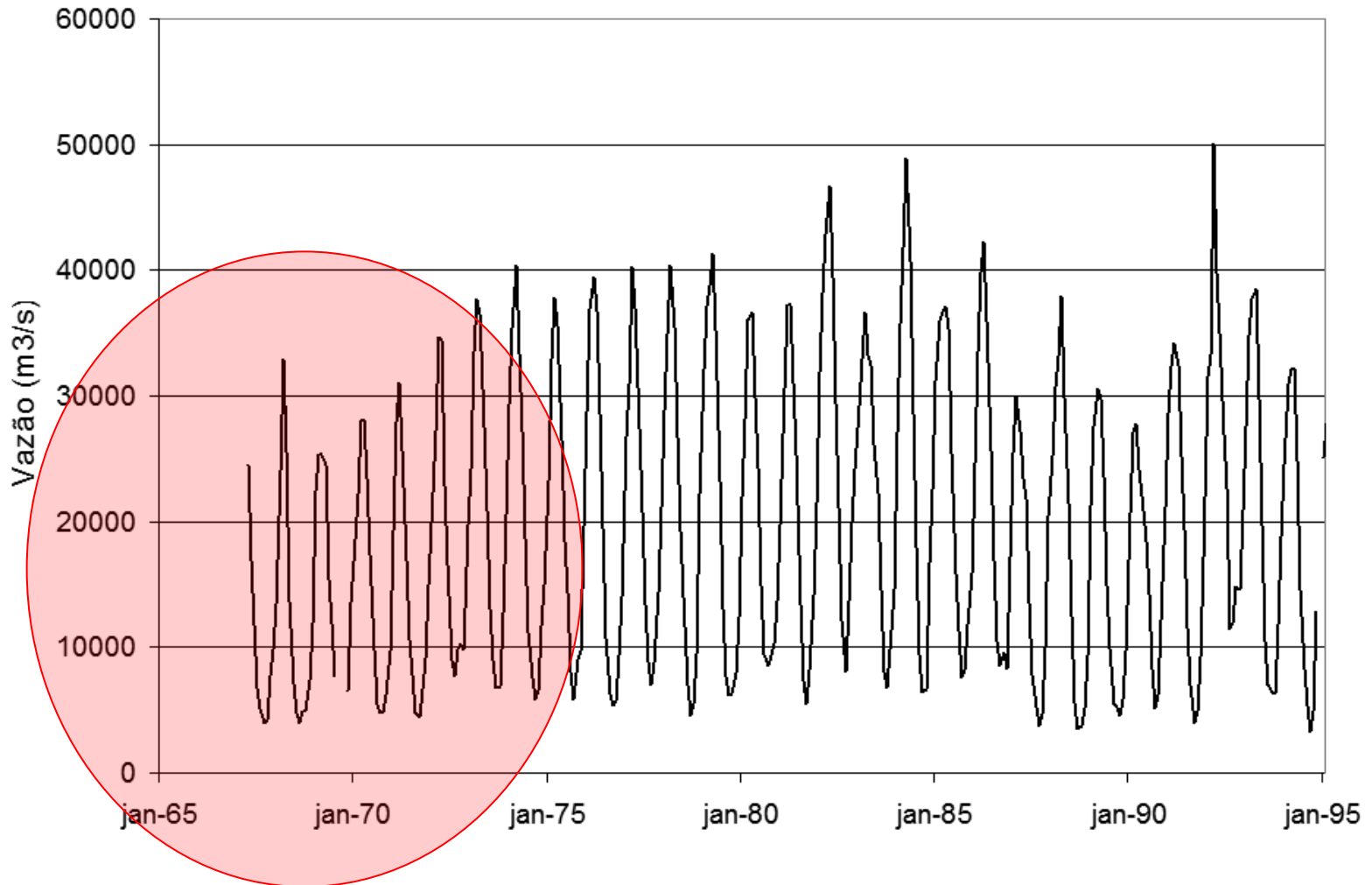
# Vulnerabilidade Pantanal

- Ocupação de áreas inundáveis durante os anos de estiagem 1960 – 1972
- Aumento das inundações em 1973 – 2006
- Aumento das macro-instabilidades (arrombados) do leito do rio Taquari, em função do aumento da vazão, e do aumento do aporte de sedimentos.

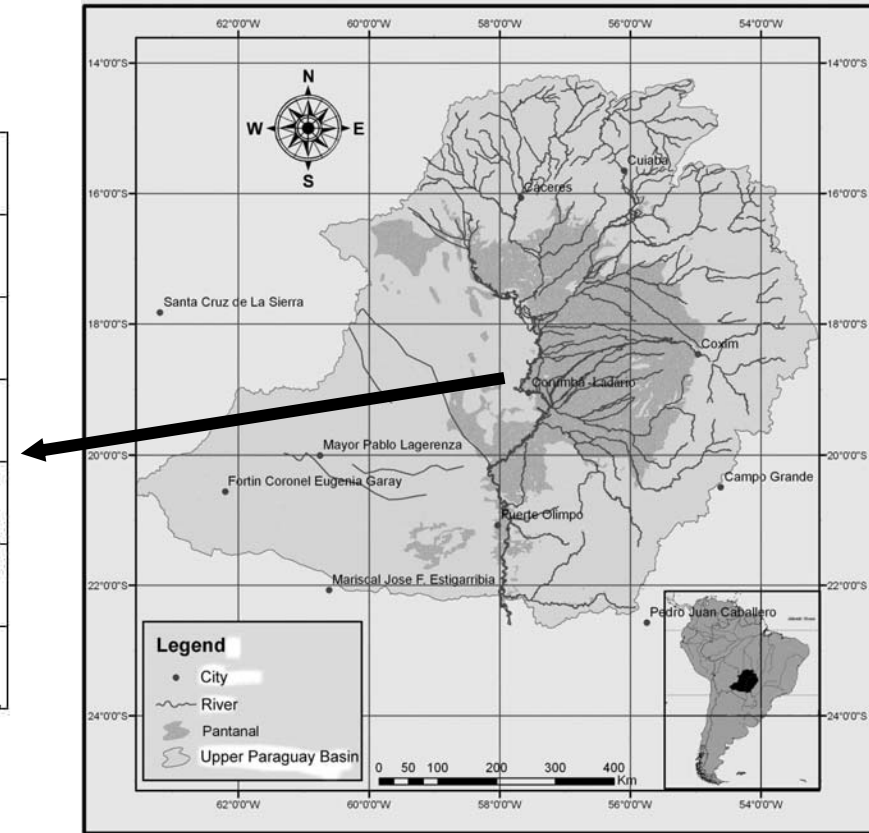
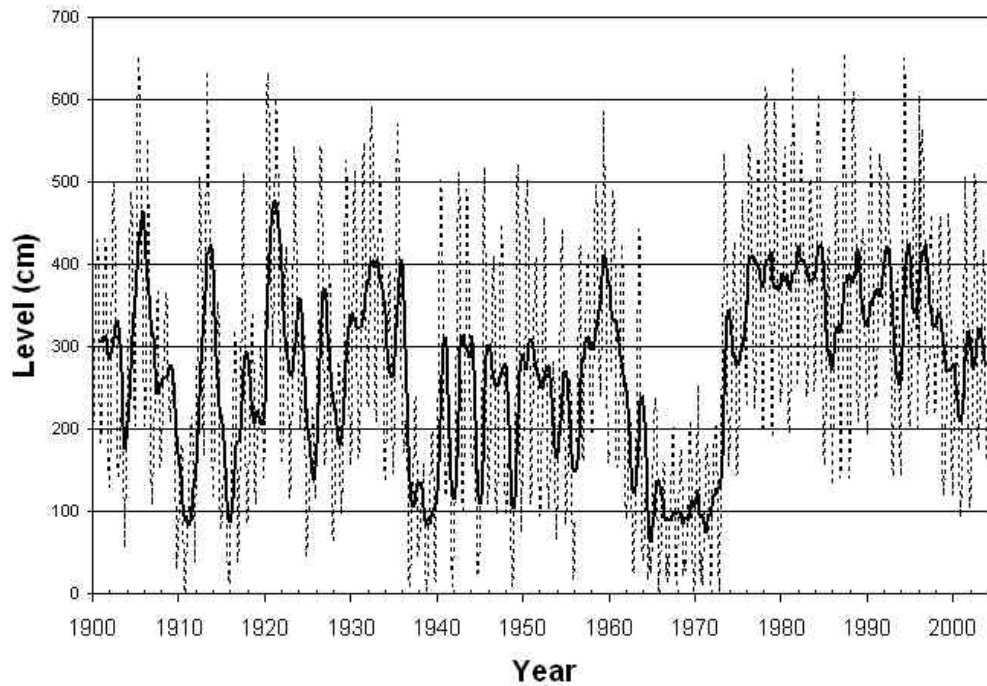
# Rio Madeira



# Rio Madeira

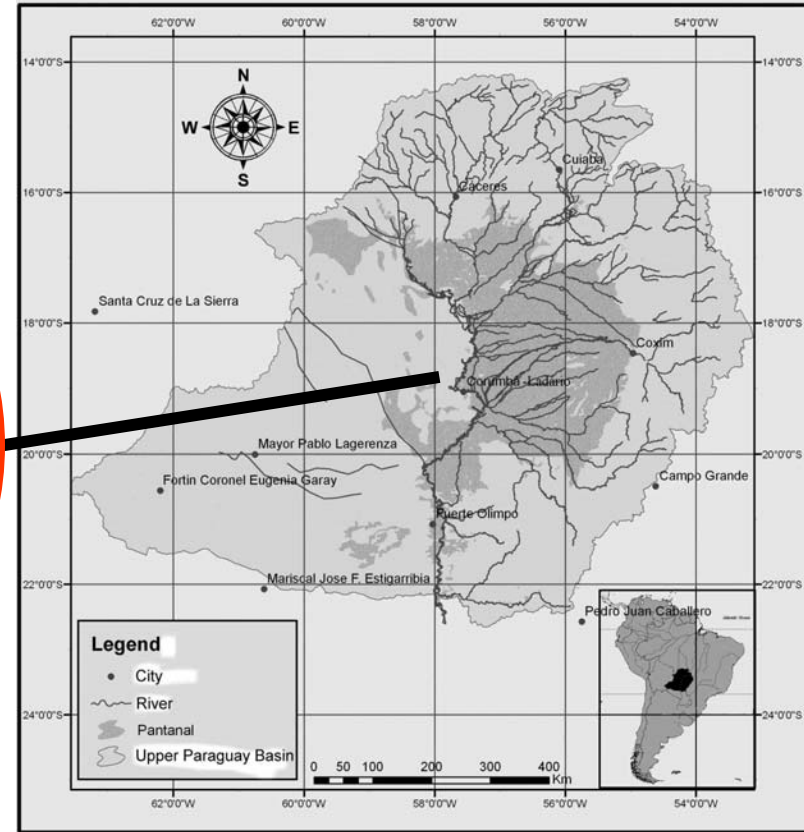
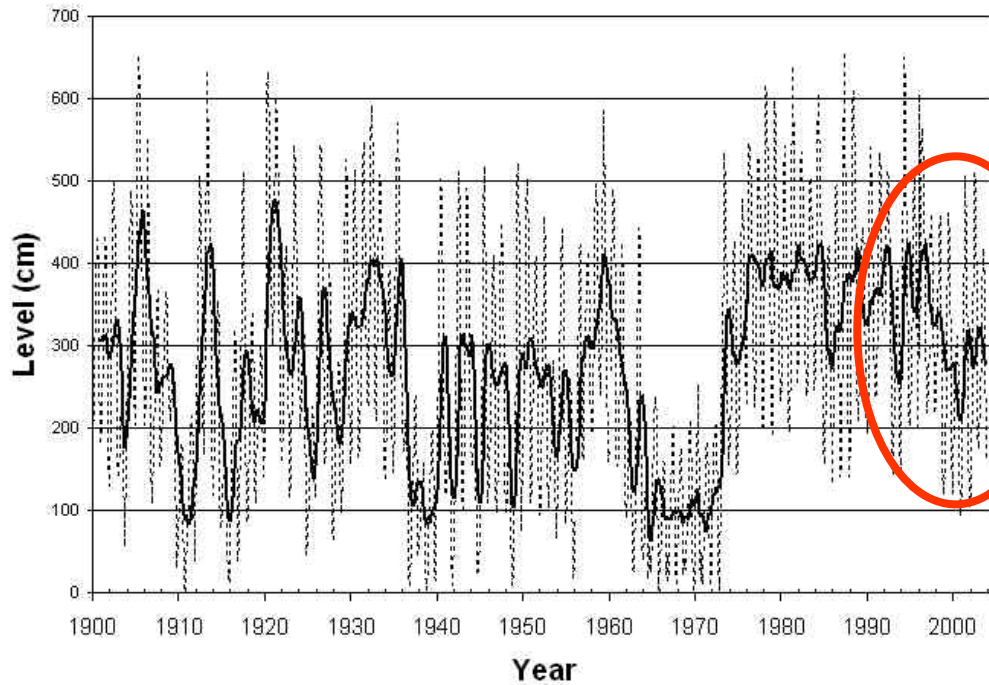


# Informações mais recentes do rio Paraguai



Rio Paraguai em Ladário  
Retornando aos níveis “normais”?

# Informações mais recentes do rio Paraguai

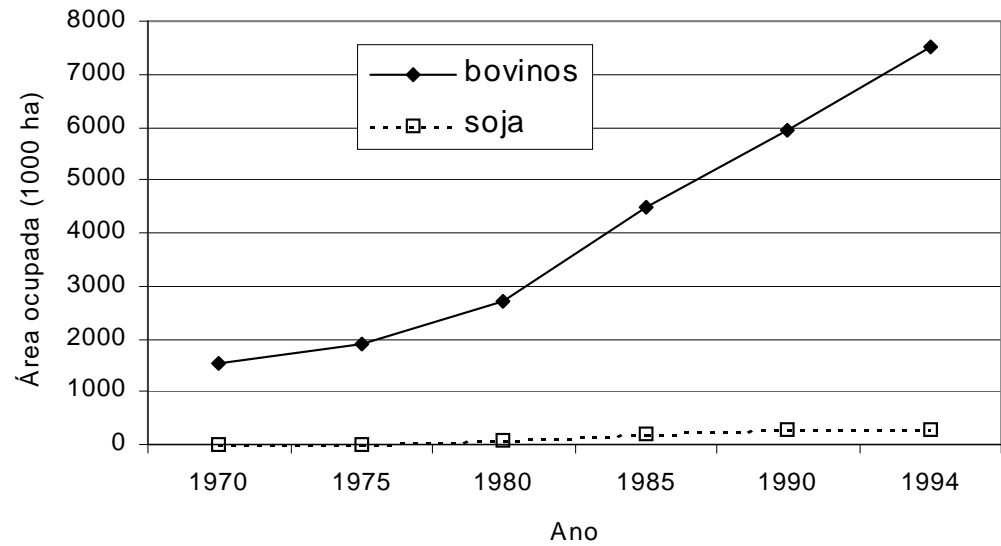
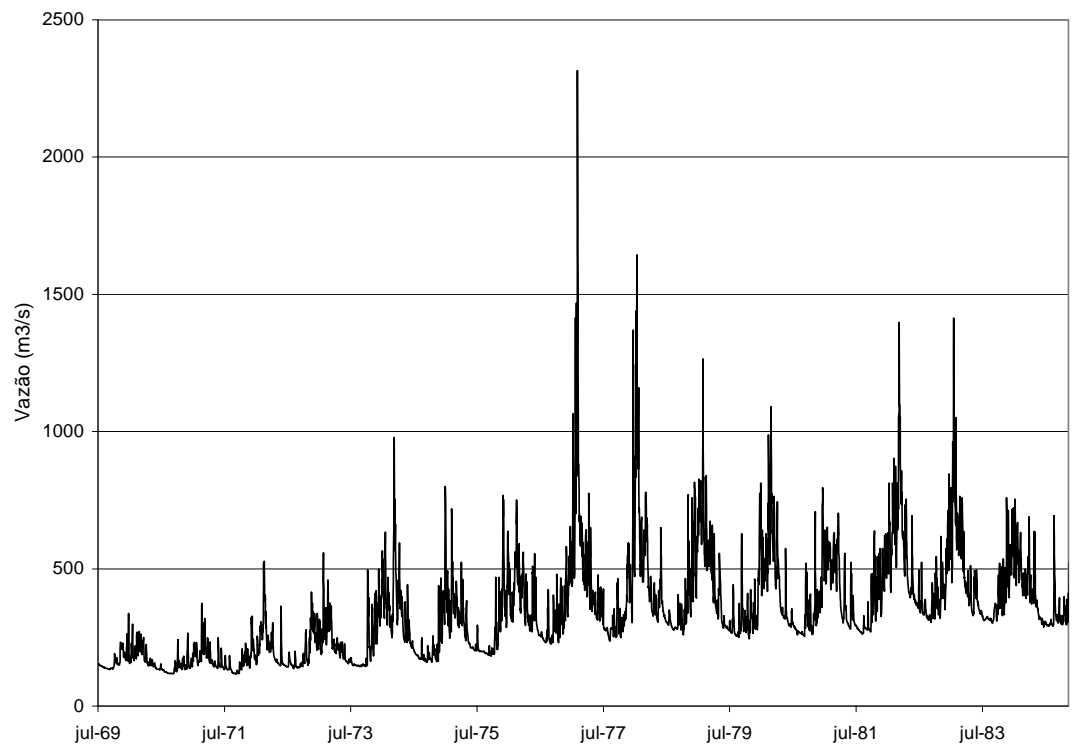


Rio Paraguai em Ladário  
Retornando aos níveis “normais”?

# Papel da vegetação no caso do rio Paraguai

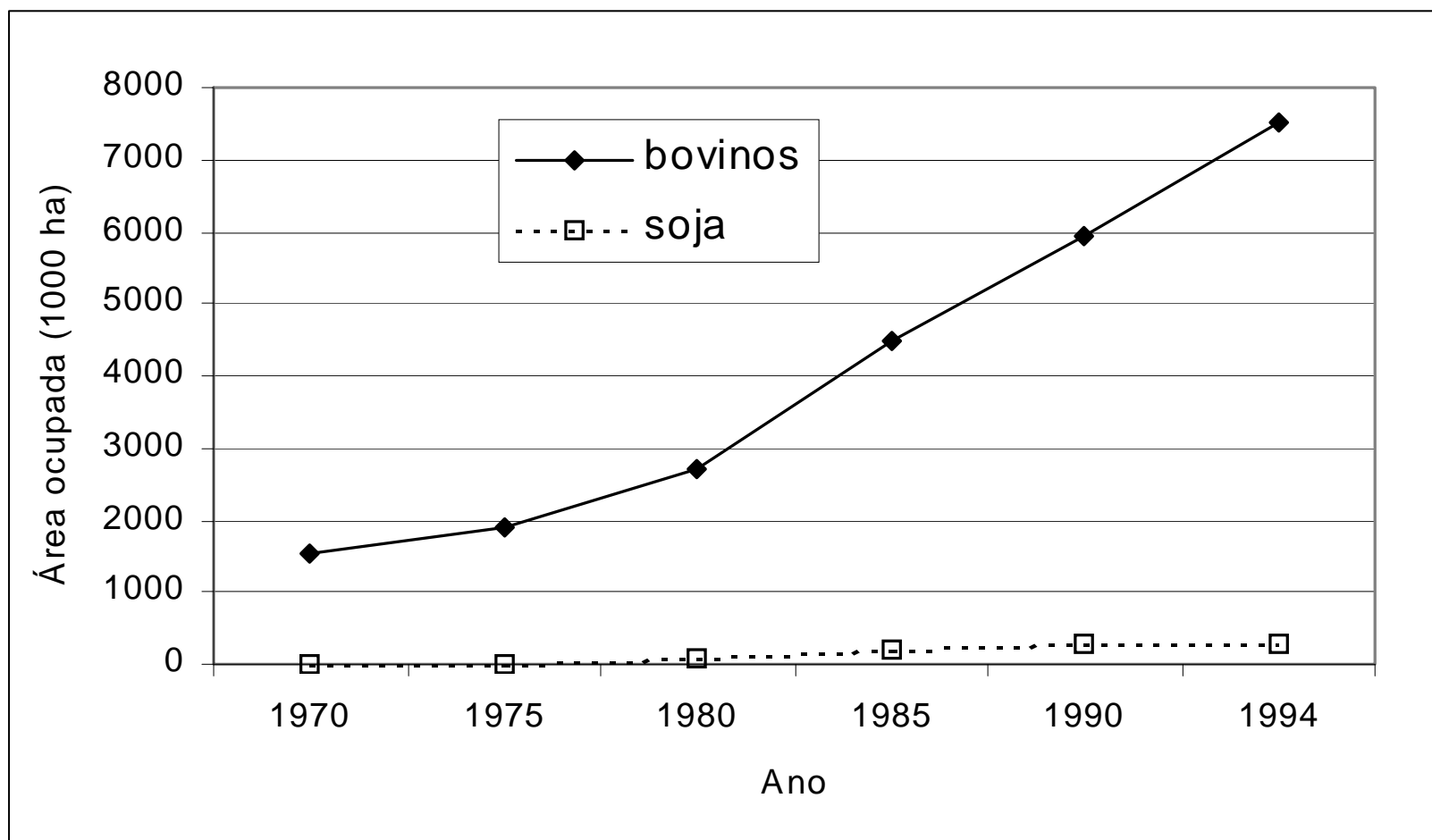


# Rio Taquari, MS.

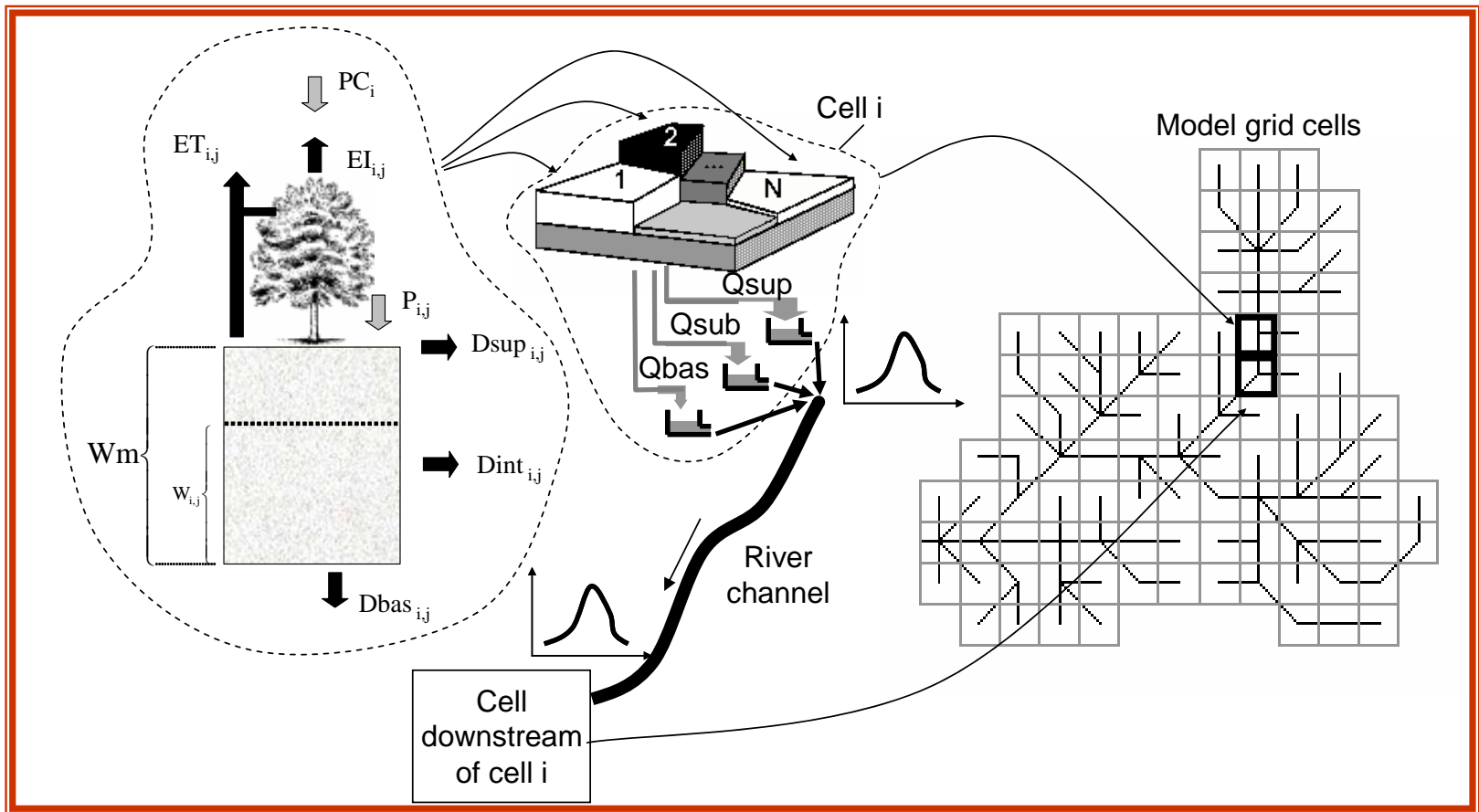


# Mudanças antrópicas

Área ocupada pela pecuária e pela soja na bacia do Taquari,MS



# Análise com modelo hidrológico



# Considerando mudanças de uso do solo

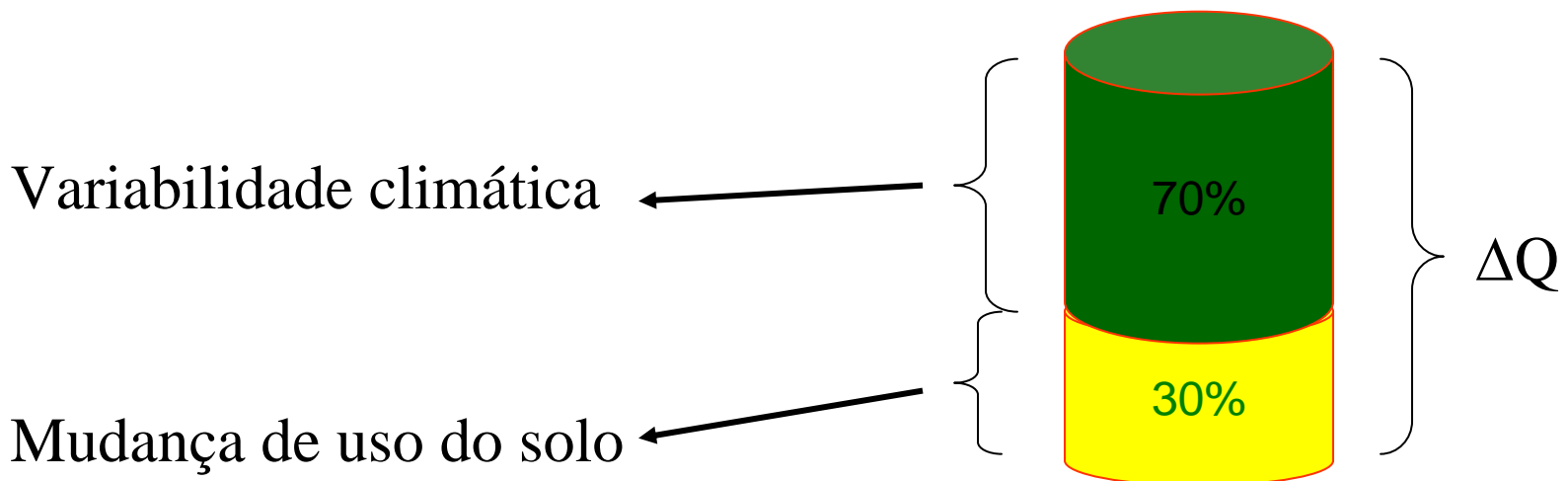
- Modelo:
  - Diferença calculado - observado  $\approx 105$  mm/ano (de 1978 a 1984)
- Dados medidos de evapotranspiração de cerrado no Distrito Federal
  - Diferença  $\approx 73$  mm/ano

# Mudanças climáticas

X

# Mudanças antrópicas

- De forma bastante preliminar, concluiu-se que a variabilidade da precipitação é a maior responsável pela variabilidade da vazão na bacia do rio Taquari no MS.



# Considerações

- Desenvolver e ajustar modelos com maior capacidade de representar o papel da vegetação
  - Verificar resultados de vazão e de fluxo de evapotranspiração para diferentes tipos de vegetação/solo
- Reduzir a vulnerabilidade à variabilidade

Obrigado pela atenção!

[collischonn@iph.ufrgs.br](mailto:collischonn@iph.ufrgs.br)

<http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/ClimaRH/principal.htm>