



Modelos de Previsão de Cheias

Mario Tachini

UNIVERSIDADE REGIONAL DE
BLUMENAU

Instituto de Pesquisas Ambientais

Modelos de Previsão de Cheias



- Previsão de cheias em tempo real é a estimativa de níveis ou vazões futuras para dado instante de tempo.

$$Qp_{\tau} = f(Q_t, Q_{t-1}, \dots, Q_{t-r}, P_{\tau-1}, P_{\tau-2}, \dots, P_t, x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-r}, \varepsilon_{\tau}(\theta))$$

Modelos de Previsão de Cheias



- A previsão de cheias é importante para uma gestão adequada e eficaz dos recursos hídricos superficiais e para permitir uma ação adequada e rápida em períodos de crise, como no caso da ocorrência de inundações.
- Auxiliar na ação da defesa civil

Modelos de Previsão de Cheias



- **MODELOS EMPÍRICOS**
 - relações estruturais entre as variáveis de entrada e de saída.
 - bacias intermediárias
- **MODELOS CONCEITUAIS**
 - transformação da precipitação em vazão.
 - Bacias de cabeceira

Modelos de Previsão de Cheias

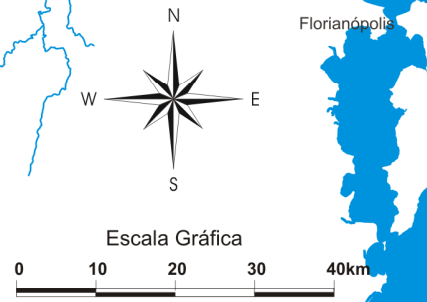
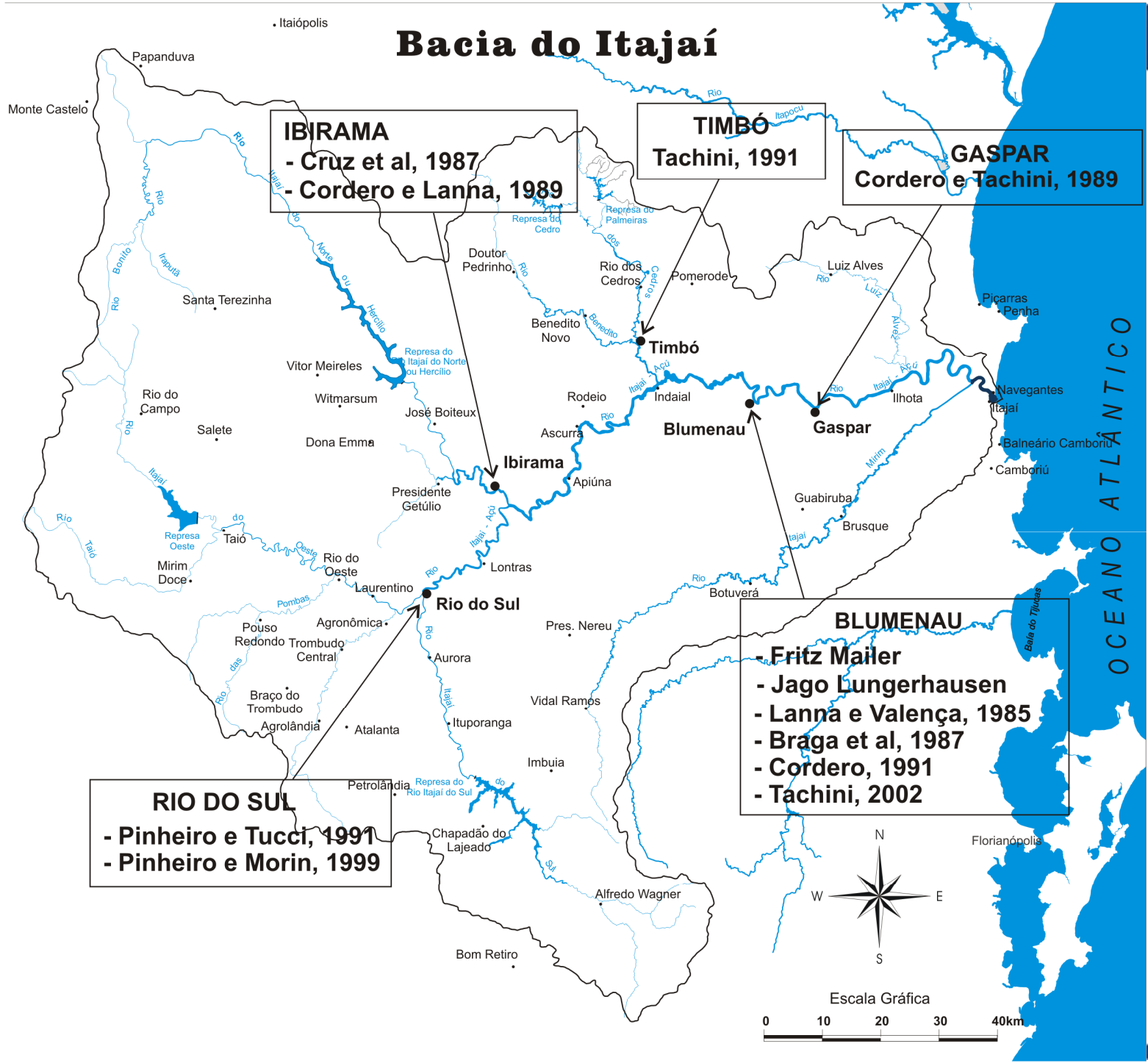


- Um modelo de previsão deve ser ajustado com o auxílio de observações passadas.
- Coeficiente de determinação

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Qc_i - Qo_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Qo_i - QM)^2}$$



Bacia do Itajaí



Modelos Aplicados na Bacia do Itajaí



- Fritz Mailer
- Jago Lungershausen

eram empregados modelos empíricos práticos: os modelos eram constituídos de curvas, representando a propagação dos escoamentos no rio principal e correções destas curvas em função dos totais médios precipitados na bacia contribuinte.

Modelos Aplicados na Bacia do Itajaí



- Lanna e Valença (1985) – modelo linear ARIMAX

$$H(t + dt) = H(t) + a[H(t) - H(t - 2)] + b[Q(t - c) - Q(t - c - 2)]$$

– H - é o nível em Blumenau

– Q - é a vazão observada em Apiúna

Os parâmetros a e b são atualizados, considerando-se as informações utilizadas nas previsões anteriores.

- **Cordero, A. e Tachini, M., 1989**
 - O modelo do tipo estocástico linear ARMAX

$$Y_{GASPAR}(t + alc) = Y_{GASPAR}(t) + b[Y_{GASPAR}(t) - Y_{GASPAR}(t - 1)] \\ + c[X_{APIUNA}(t - k) - X_{APIUNA}(t - k - 1)] + \\ d[Z_{TIMBO}(t - m) - Z_{TIMBO}(t - m - 1)]$$



- **Cordero, A., 1991**

- modelo estocástico estacionário da previsão de cheias, para a cidade de Blumenau, baseado nas medidas de níveis de Apiúna e Timbó.

$$Y(t) = 1,98063y(t-1) + 0,98506y(t-2) \\ - 0,092u_1(t-4) + 0,08732u_1(t-5) \\ + 0,01806u_2(t-4) - 0,01411u_2(t-5) + 0,03083$$

Modelos Aplicados na Bacia do Itajaí



- **Tachini M., 2002.**

$$H_{t+\tau} = a.\Delta H_t + \sum b.h_t + c.P$$

H – nível do local de previsão

h – nível de estações de montante

P – precipitação média da bacia contribuinte

Modelos Estudados na Bacia do Itajaí

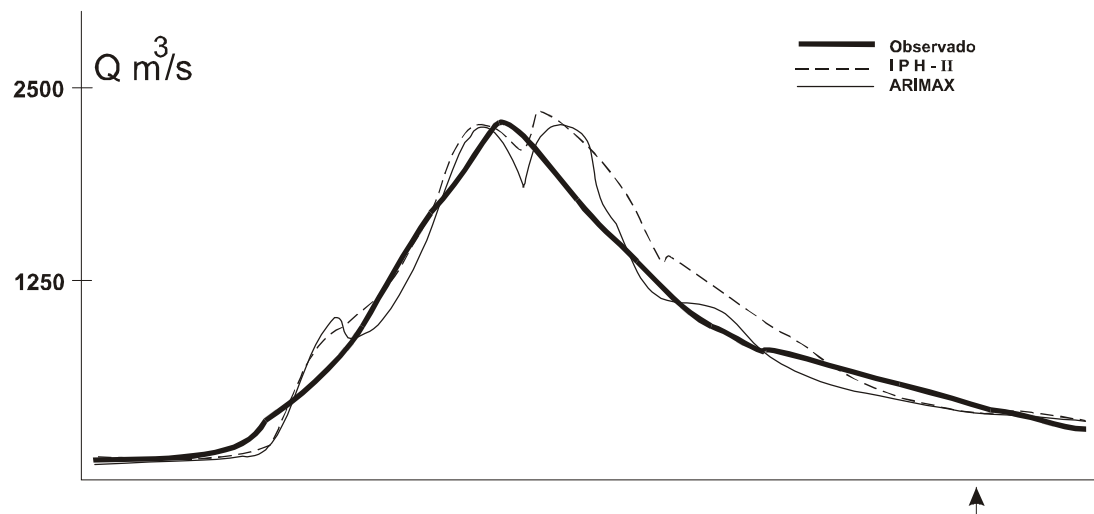


- Cruz, J. C.; Lanna, A. E., Silveira, G. L. e Silveira, A. L., 1987.
 - Previsão de cheias em tempo real pelo uso conjugado de modelos semi-conceitual (IPH II) e empírico ARIMAX
 - IPH II: perdas por evaporação e interceptação, separação de escoamentos, propagação dos escoamentos superficial e subterrâneo.
 - O desempenho do modelo IPH II foi ruim, devido sobretudo à má representatividade dos dados de precipitação

Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- Previsão para 8 horas Ibirama: Evento 0884 (Cruz et al., 1987)



Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- Braga, B.P.F.Jr., Pinheiro A. e Loesch C., 1987
–Modelo estocástico linear distribuído

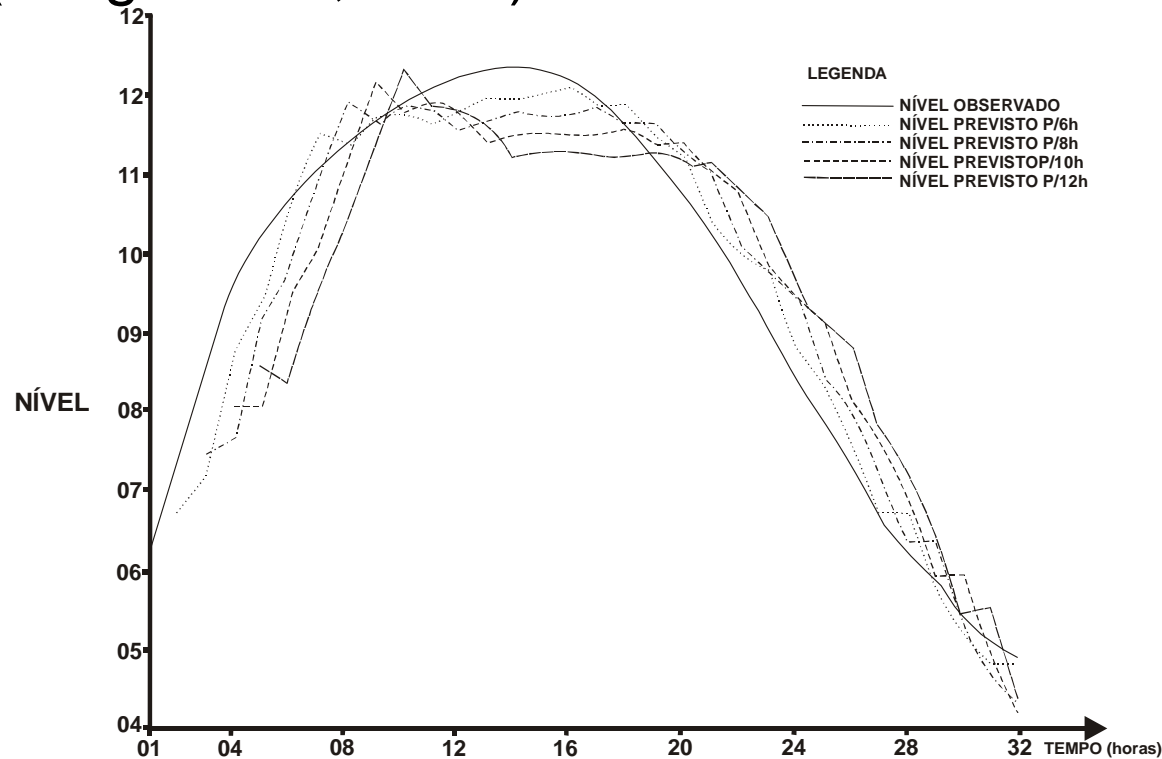
$$\phi(B)\nabla Q_t^i = \sum_{j=1}^m \theta^j(B)\nabla Q_{t-\lambda_j}^1 + \Phi(Z)\nabla P_t + u_t$$

O desempenho do modelo foi considerado satisfatório (coeficiente R^2 médio de 0,90), requerendo uma maior qualidade dos dados de entrada para estimativa dos parâmetros, principalmente com relação à distribuição espacial e temporal das precipitações.

Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- Previsões de níveis em Blumenau – evento 8/84
(Braga et al., 1987)



Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- **Cordero, A. e Lanna, A. E., 1989**

- Previsão de cheias em tempo atual com modelo recursivo baseado no hidrograma unitário

$$QT_{t+\tau} = \left[\sum_{j=1}^t \left(Pe_{i-j+1} - \phi^{(0,k)} \right) U_j + B \right]$$

Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- **Cordero, A. e Lanna, A. E., 1989**

- Este modelo foi inicialmente aplicado para a realização de previsões em Ibirama.
- Os resultados foram equivalentes aos obtidos por Cruz et al. (1987) com o modelo IPH II + ARMAX.
- O mesmo modelo foi aplicado para a realização de previsões para Timbó (Tachini, 1991), para alcances que variaram de 2 a 8 horas.
- Os coeficientes de determinação foram superiores a 0,87 nas previsões com alcance de 2 horas e superiores a 0,79 para alcance de 8 horas.

Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- **Pinheiro, A. e Tucci, C.E.M., 1991**

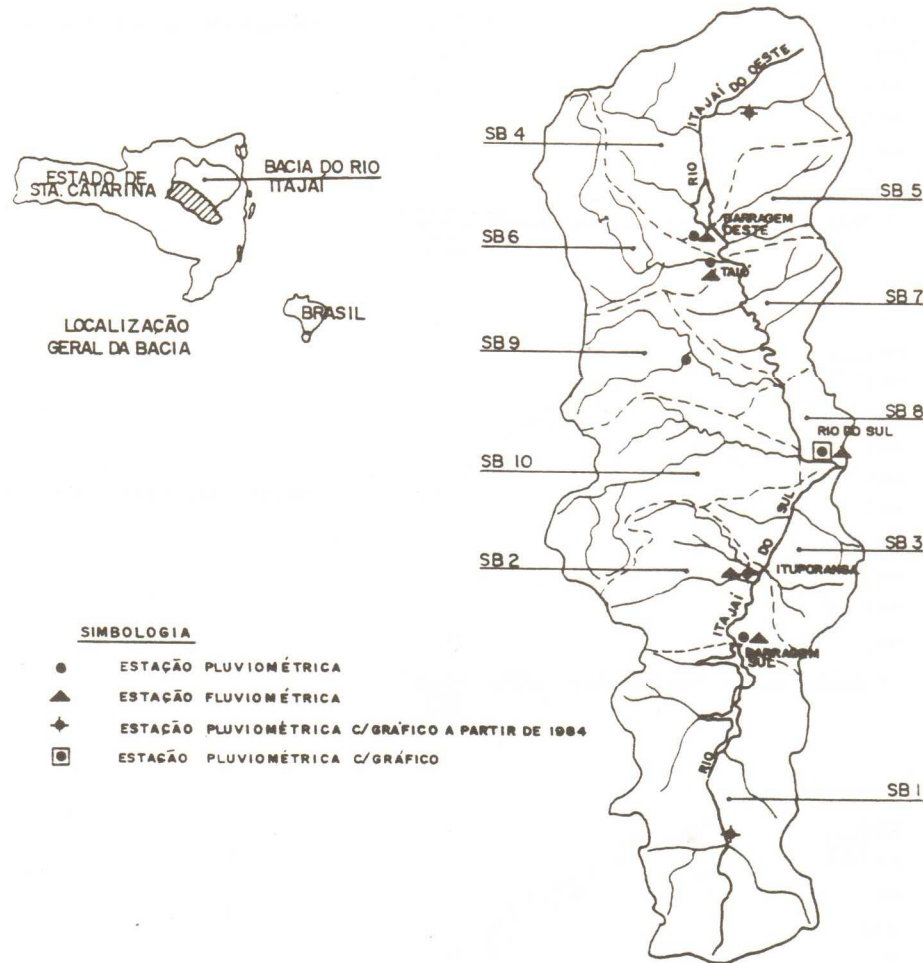
- modelo conceitual distribuído
- O modelo é estruturado em dois módulos:
 - bacia (IPH II)
 - Canal (Muskingun-Cunge não linear)

$$Q_{t+1} = C_1 I_{t+1} + C_2 I_t + C_3 Q_t + C_4 q \cdot \Delta x$$

$$C_1 = \frac{-K \cdot X + \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} \quad C_2 = \frac{K \cdot X + \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} \quad C_3 = \frac{K(1-X) - \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} \quad C_4 = \frac{\Delta t}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}}$$

$$X = 0,5 - \left(\frac{q_o}{2S_o} \right)^r \frac{1}{c \cdot \Delta x} \quad K = \frac{\Delta x}{c}$$

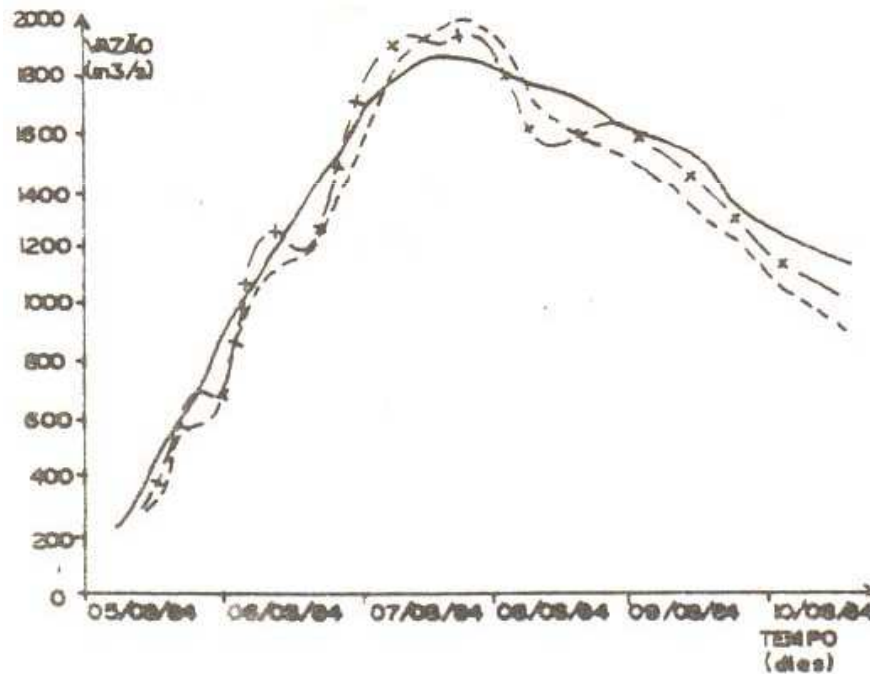
Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- Previsão em Rio do Sul para alcance de 8 horas (Pinheiro, A. e Tucci, C.E.M., 1991)



Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- **Pinheiro, A. e Tucci, C.E.M., 1991**

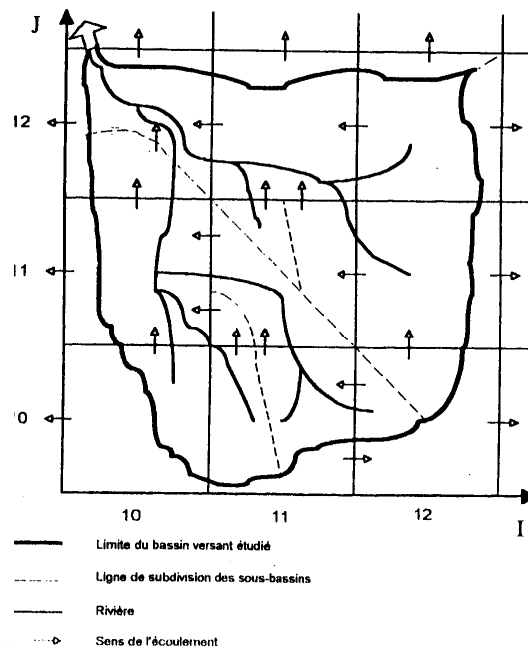
- A discretização temporal e espacial da precipitação, a discretização temporal dos níveis e a extrapolação das curvas-chave são fatores que influenciaram de modo negativo sobre os resultados do modelo. Isto constitui uma limitação no uso deste tipo de modelo para a previsão de vazões na bacia do Itajaí.

Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- **Pinheiro A. e Morin G., 1999**

- modelo hidrológico conceitual distribuído CEQUEAU, com atualização dos resíduos, através de dois processos diferentes: os métodos de atualização, estatística e determinista.



Modelos Estudados na Bacia do Itajaí



- **Pinheiro A. e Morin G., 1999**

– coeficientes NASH da previsão, com ou sem precipitação futura

Condição	0783		0884	
	Conhecida	Nula	Conhecida	Nula
Simulação	0,8673		0,8517	
Previsão 2 horas	0,9959	0,9959	0,9990	0,9990
Previsão 4 horas	0,9882	0,9880	0,9965	0,9965
Previsão 6 horas	0,9783	0,9774	0,9930	0,9924
Previsão 8 horas	0,9670	0,9641	0,9892	0,9869

Modelos de Previsão de Cheias



- Disponibilidade dos dados de entrada: precipitação e níveis: continuidade
- Distribuição espacial e temporal da precipitação: representatividade.