

Estágio docência

Mecânica dos Fluidos Ambiental II

Aluna: Lediane Marcon

Prof.: Dr.-Ing Tobias Bleninger

Medições - elevação



[http://defesacivil.itajai.sc.gov.br/telemetria/telemetria.php#chuva modal 4](http://defesacivil.itajai.sc.gov.br/telemetria/telemetria.php#chuva_modal_4)

Equações de Saint-Venant

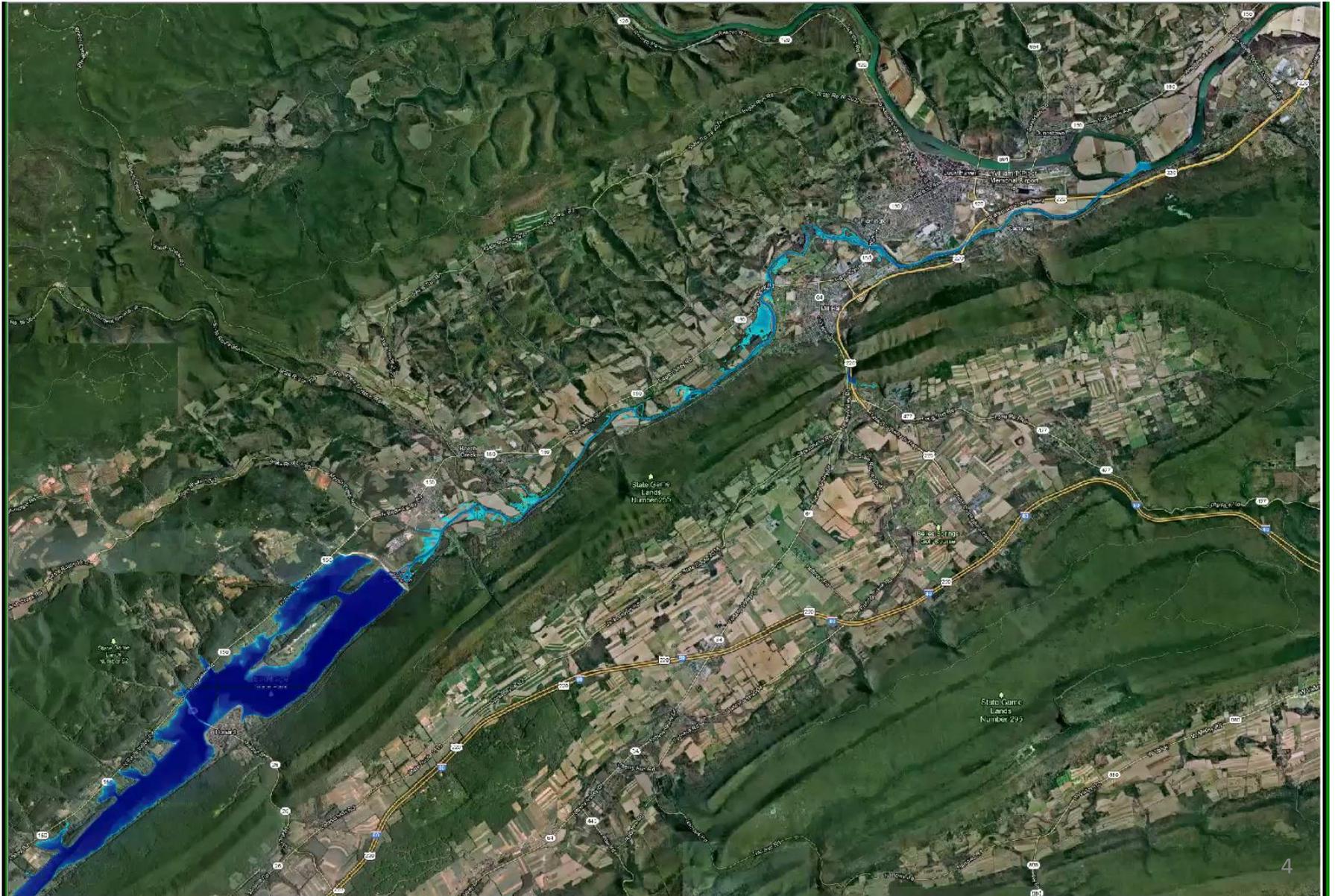
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gA(S_0 - S_f) = 0$$

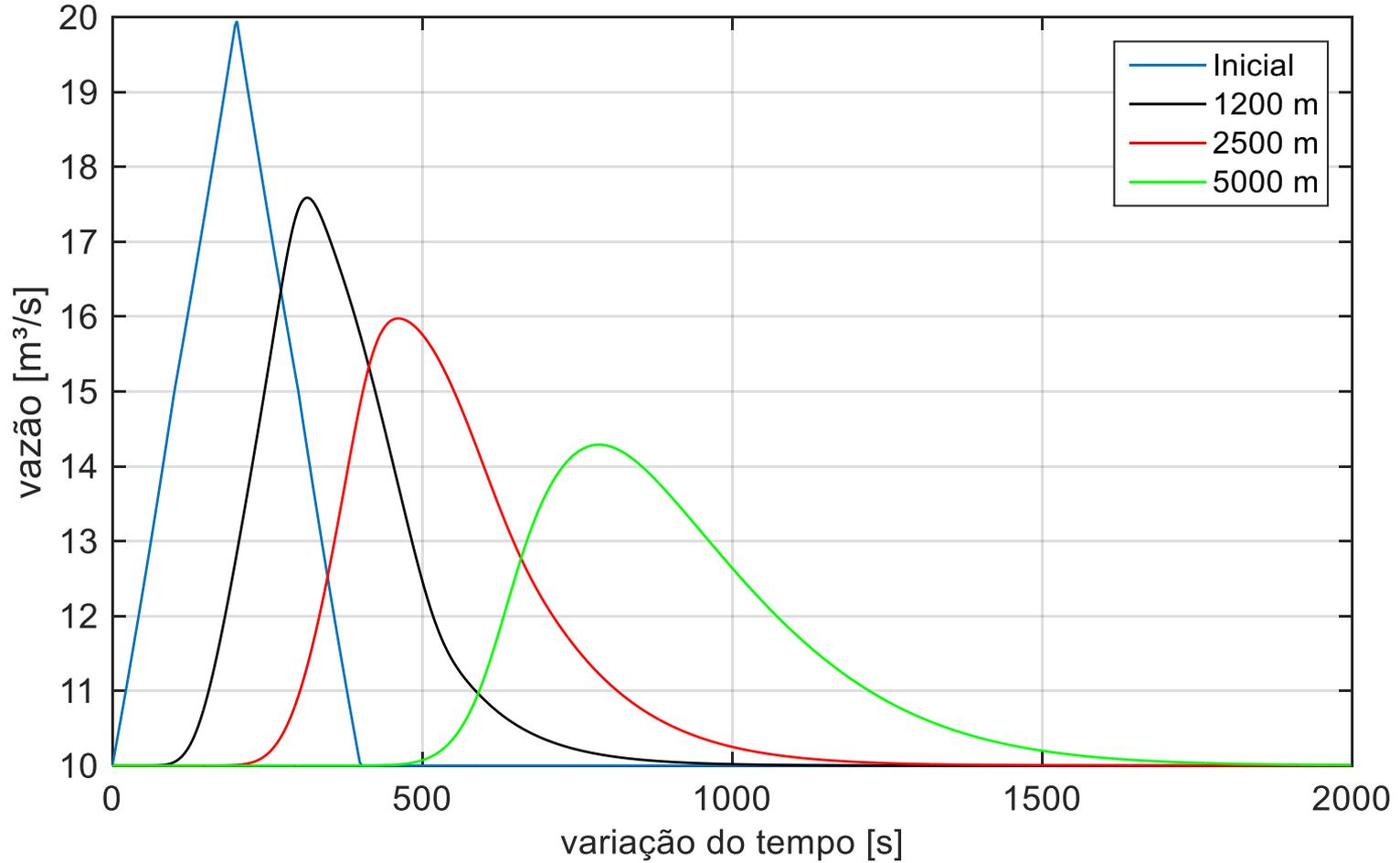


Adhémar Jean Claude
Barré de Saint-Venant

Aplicações

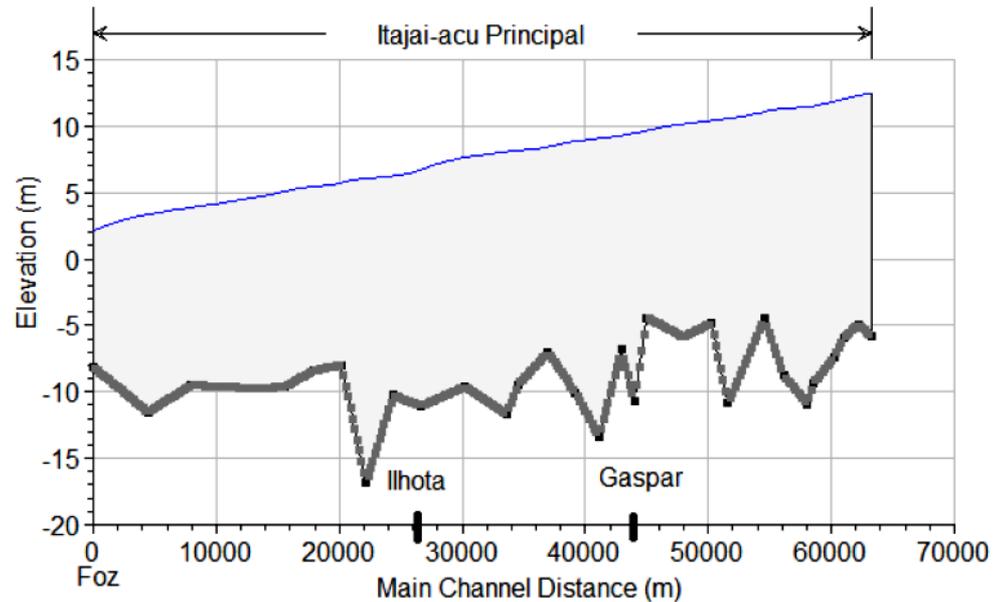
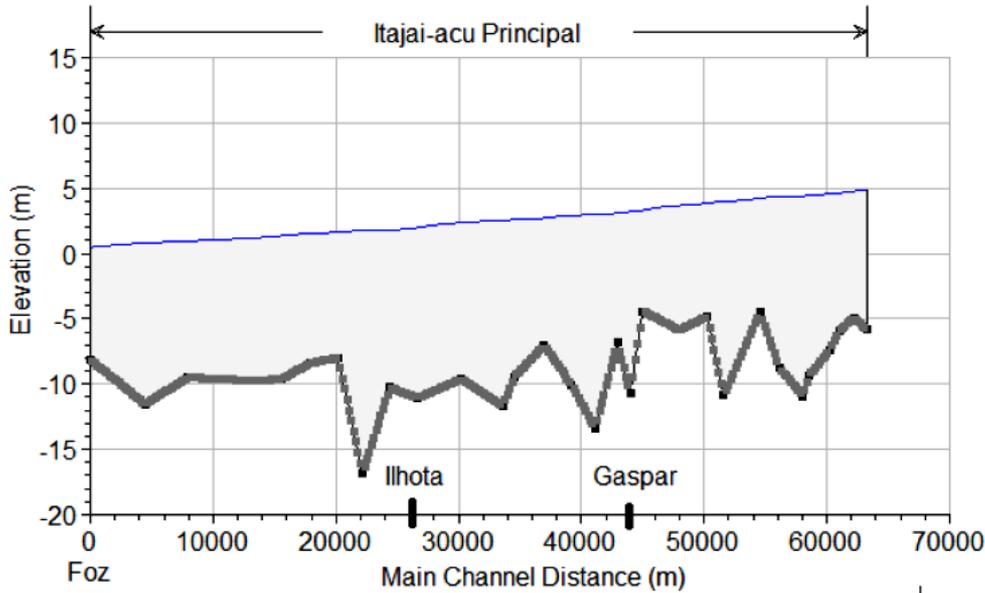


Aplicações



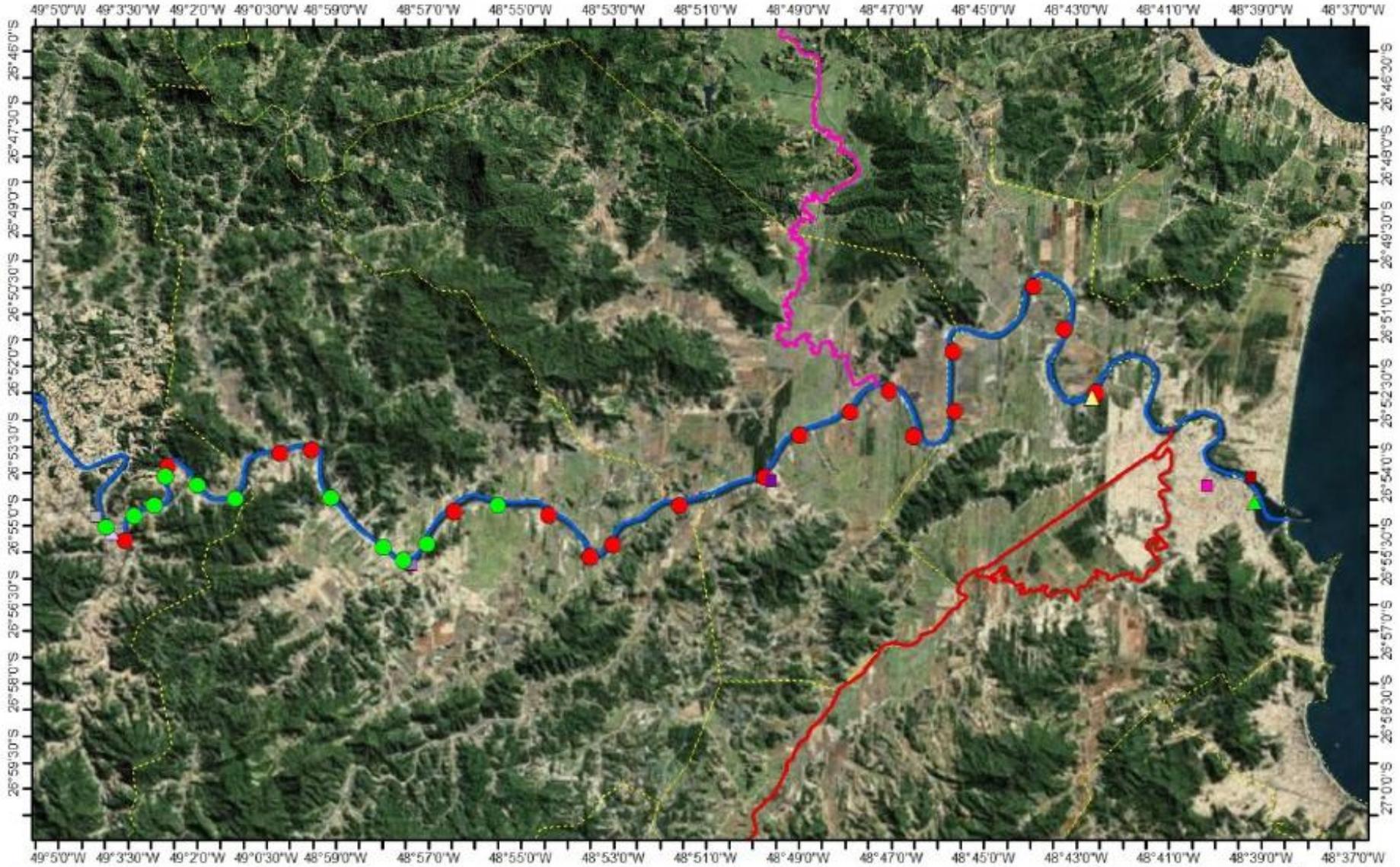
(OLSEN, 2012)

Aplicações – rio Itajaí-açu



(PARTALA, 2012)

Aplicações – rio Itajaí-açu



(PARTALA, 2012)

Deduções...

Simplificações consideradas

- escoamento incompressível
- escoamento unidimensional;
- Pressão hidrostática;
- Inclinação do fundo é pequena;
- Equações de Manning ou Chézy para coeficiente de rugosidade.

$$v = \frac{R_h^{2/3} S_f^{1/2}}{n} \rightarrow S_f = \frac{v^2 n^2}{R_h^{4/3}} ; \quad \text{se } h \ll b \quad S_f = \frac{v^2 n^2}{h^{4/3}}$$

Termos da equação

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gA(S_0 - S_f) = 0$$

$\frac{\partial Q}{\partial t}$ → Aceleração local; variação da quantidade de movimento devido a variação de velocidade no tempo

$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right)$ → Aceleração convectiva; variação da quantidade de movimento devido a variação de velocidade ao longo do canal

$gA \frac{\partial h}{\partial x}$ → Diferença das resultantes da pressão hidrostática que atuam na fronteira do volume de controle; proporcional à variação da profundidade do escoamento ao longo do canal

Termos da equação

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gA(S_0 - S_f) = 0$$

gAS_0 → Efeitos da aceleração gravitacional; proporcional a declividade do fundo do canal.

gAS_f → Efeitos do atrito no fundo e nas margens do canal

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gAS_0 = -S_f$$

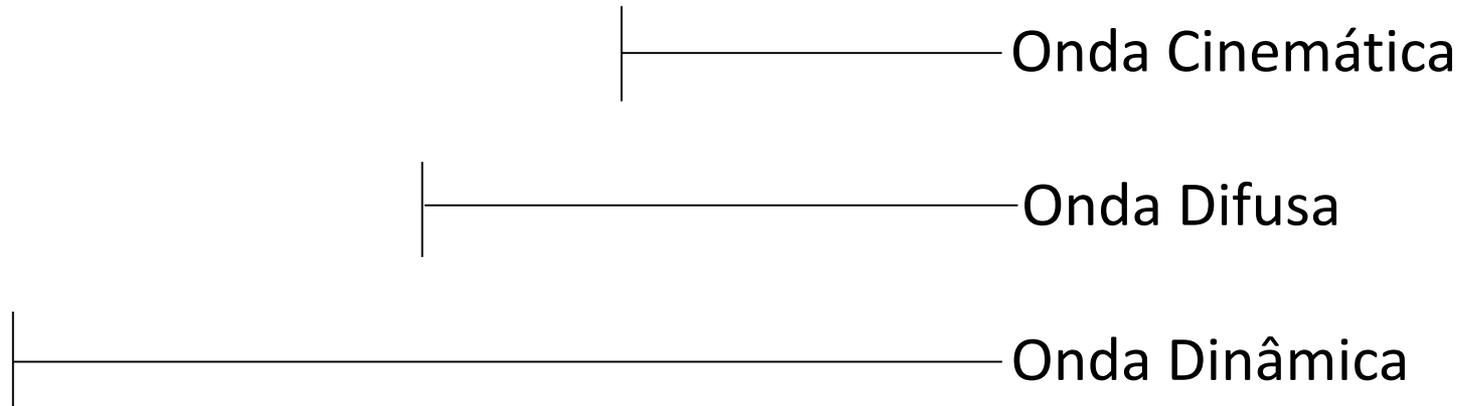
└── Permanente; uniforme

└── Permanente; não-uniforme

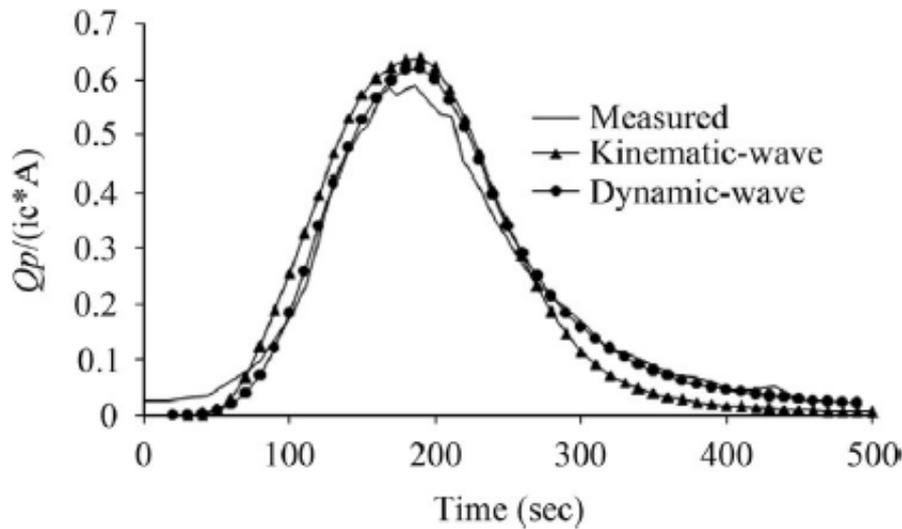
└── Não-permanente; não-uniforme

Simplificações - modelos

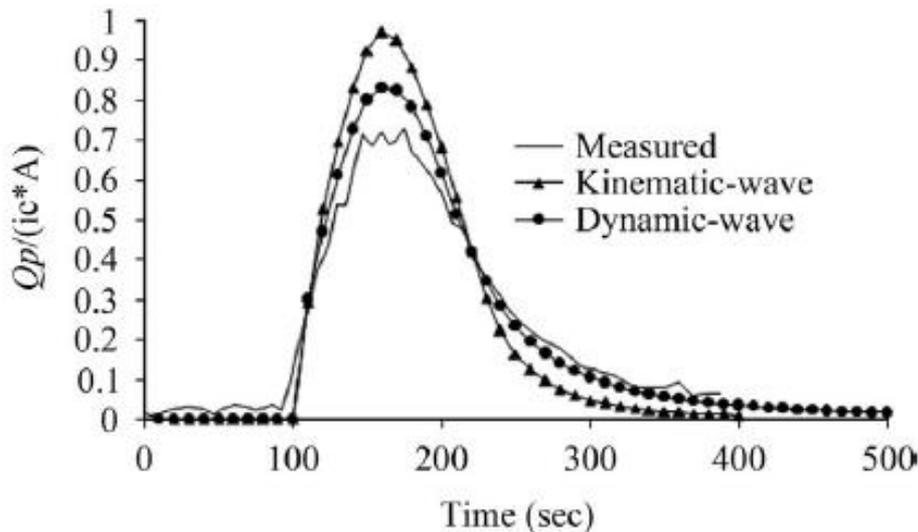
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gA(S_0 - S_f) = 0$$



Quais termos considerar?



→ Tempestade se movendo a montante na bacia



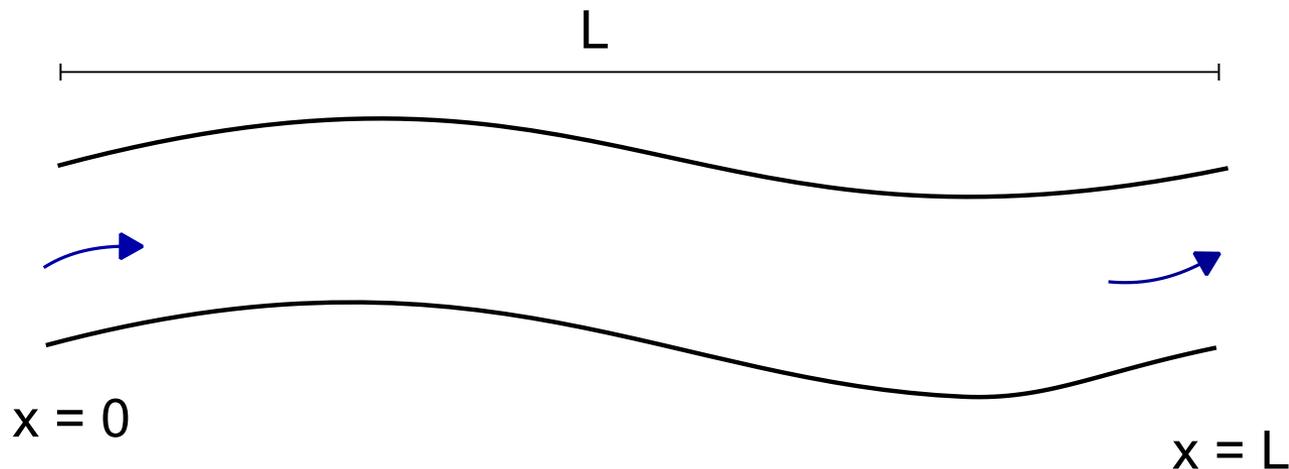
→ Tempestade se movendo a jusante na bacia

Características das equações

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0$$

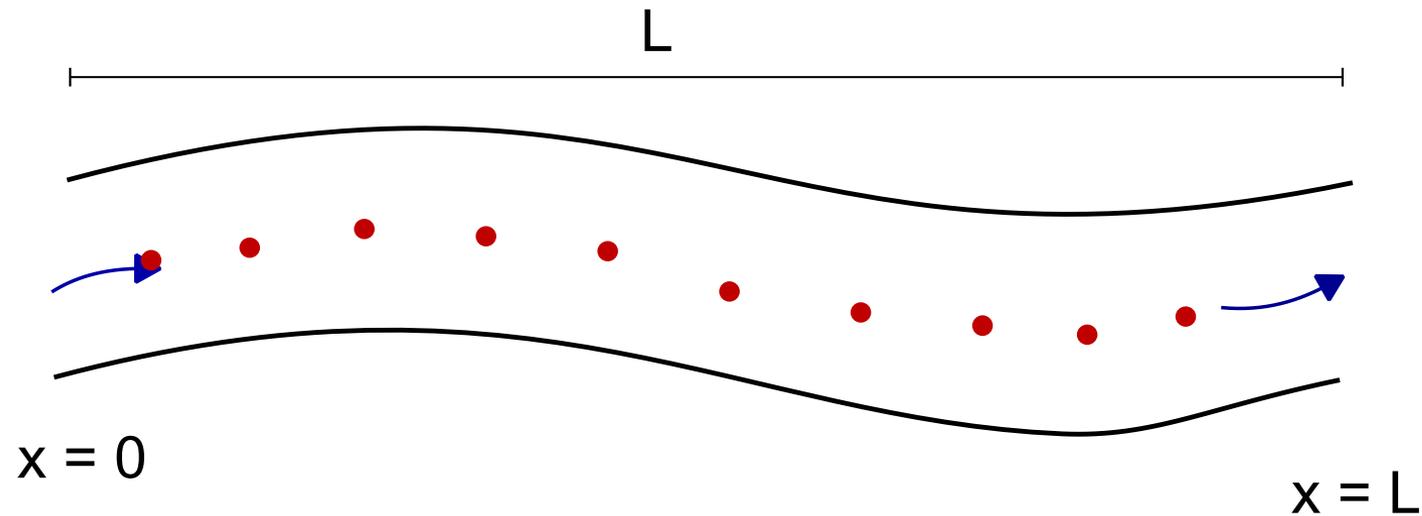
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gA(S_0 - S_f) = 0$$

- Sistema de equações diferenciais parciais; hiperbólicas
- Precisam de condições iniciais e de contorno.

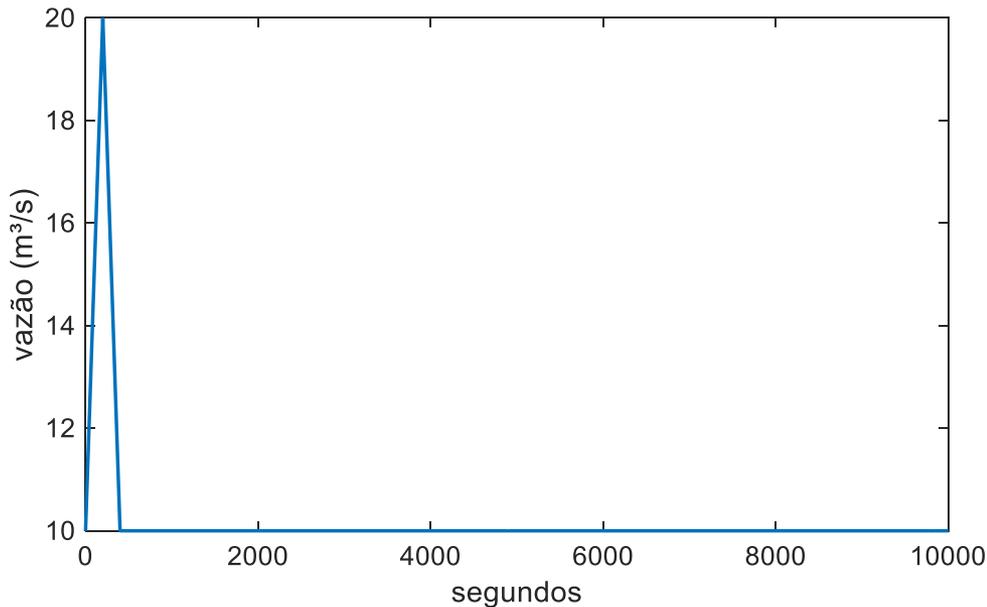
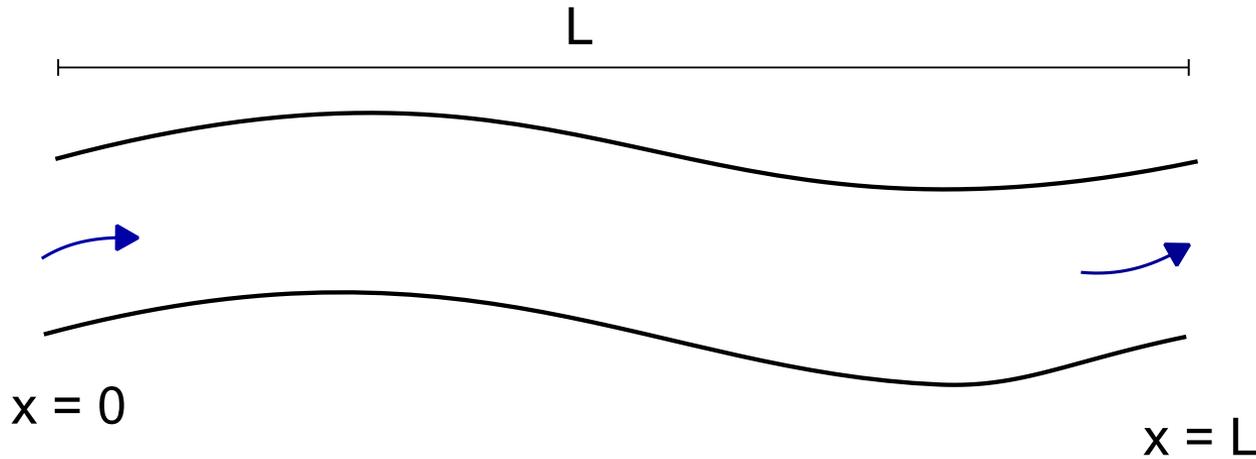


Condições iniciais

$t = 0: Q(x) \text{ e } A(x)$



Condições de contorno



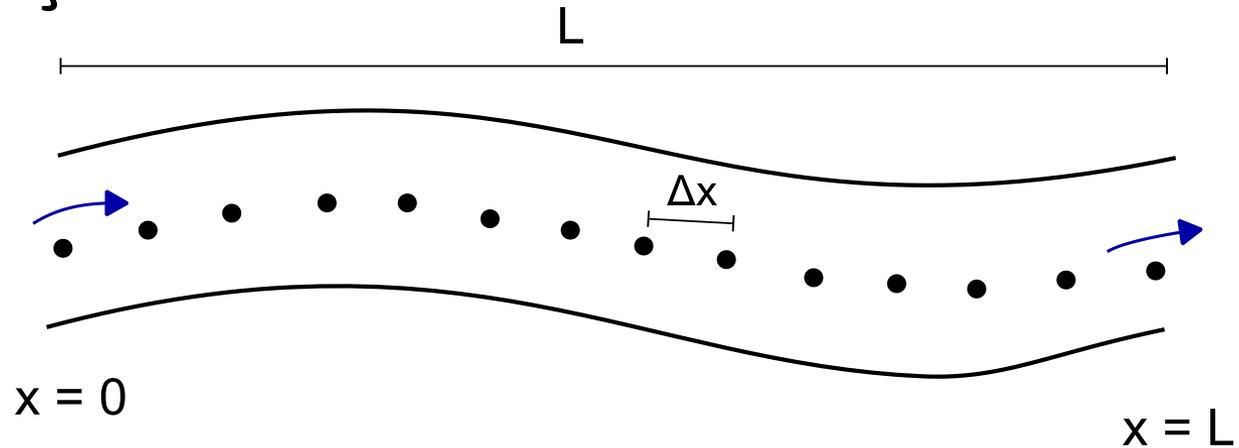
$$A(t); Q(t)$$

$$\frac{\partial A}{\partial x} \Big|_{x=L} = f; \quad \frac{\partial Q}{\partial x} \Big|_{x=L} = f$$

Escoamento subcrítico

Solução numérica

- Discretização



Métodos: Diferenças finitas
Volumes finitos
Elementos finitos

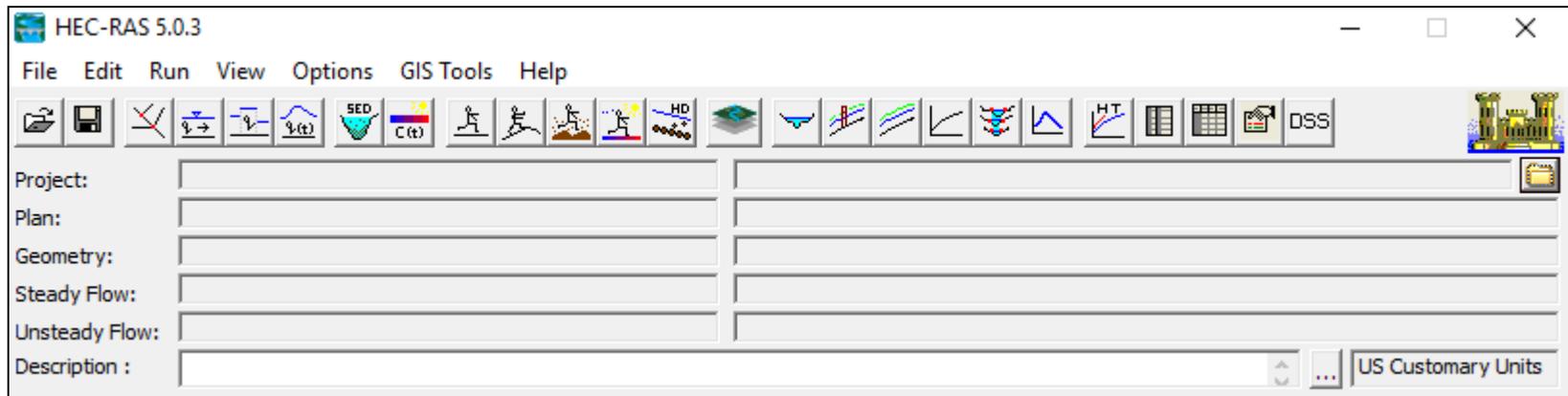
Modelos implementados

- Hec-Ras – Corpo de engenheiros do exército dos EUA
- MikeHIDRO river - Instituto de Hidráulica da Dinamarca
- ISIS (Flood Modeller) – Hydraulic Research Wallingford
- SOBEK - Deltares

HEC-RAS

- Hydrologic Engineering Center- River Analysis System (HEC-RAS) .
- Desenvolvido pelo corpo de engenheiros do exército EUA
- Pode ser baixado gratuitamente

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>



HEC-RAS

Para 1D

- ✓ Escoamento permanente;
- ✓ Escoamento não permanente;
- ✓ Contornos moveis – transporte sedimentos e;
- ✓ Temperatura e qualidade da água.

(USACE, 2016)

Hec-Ras: regime permanente

Conservação de massa

Sem contribuição lateral

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \underline{\text{Integrando}} \quad \longrightarrow \quad Q = \text{constante}$$

Conservação da Quantidade de movimento

Desconsiderando percas por atrito

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(v^2 A)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gA(S_0 - S_f) = 0 \quad (\times 1/A) \quad e \quad S_0 = -\frac{dz}{dx}$$
$$v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{\partial z}{\partial x} = 0 \quad (\times dx) \quad \underline{\text{Integrando}} \quad \longrightarrow \quad \frac{v^2}{2} + gh + gz = \text{constante}$$

Hec-Ras: regime não permanente



$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

Equação da continuidade

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

Equação da quantidade de movimento

(USACE, 2016)

Referências



- AGUIRRE, Enrique Eduardo H. L. **Aplicações de modelo hidrodinâmicos unidimensionais de propagação de ondas de cheia e de ruptura de barragem.** 1997. 136 f. Tese (Mestre em Ciências em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
- LIANG, Jin; MELCHING, Charles S.. Experimental evaluation of the effect of storm movement on peak discharge. **International Journal Of Sediment Research**, [s.l.], v. 30, n. 2, p.167-177, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsrc.2015.03.004>.
- OLSEN, Nils Reidar B. **Numerical Modelling and Hydraulics.** Noruega: Departamento de Hidráulica e Engenharia Ambiental, Universidade Norueguêsa de Ciência e Tecnologia. 2012.
- PARTALA, Guilherme. **Aplicação do modelo matemático hec-ras para previsão de ondas de enchente.:** estudo de caso: enchente no município de itajaí de 2011.. 2012. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Vale do Itajaí (univali), Itajaí, 2012
- SLEIGH, P A; GOODWILL I M. **The St Venant Equations.** Notas: School of Civil Engineering - University of Leeds . 2000 < <http://www.efm.leeds.ac.uk/.../stvenant.pdf> >
- USACE. **HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual.** United States Army Corps of Engineers. Versão 5.0. 2016. 538 p. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf>