

## Simulação hidrodinâmica via aquisição remota de dados

*Christopher Freire Souza<sup>1</sup>; Walter Collischonn<sup>2</sup> & Carlos Eduardo Morelli Tucci<sup>3</sup>*

---

---

**RESUMO** --- O deslocamento de ondas de cheia ao longo de rios pode ser descrito por modelos de diferentes graus de complexidade. Os modelos complexos, como os modelos hidrodinâmicos, tendem a gerar melhores resultados, desde que os dados necessários para sua aplicação estejam disponíveis. No presente trabalho um modelo hidrodinâmico unidimensional relativamente complexo (HEC-RAS) foi utilizado para simular a propagação de ondas de cheia ao longo de um trecho do rio São Francisco, entre São Francisco e Morpará, utilizando apenas dados que podem ser obtidos via internet, a partir do banco de dados da ANA, que dispõe de algumas seções transversais, e de um modelo digital de elevação disponível em escala global. Os resultados foram avaliados em termos da atenuação da onda de cheia e da alteração do tempo de pico para dez cheias de diferentes magnitudes, mostrando que algumas características essenciais da propagação são relativamente bem representadas mesmo em condições de carência de dados.

**ABSTRACT** --- In this paper, it was assessed the performance of an unidimensional hydrodynamic model (HEC-RAS) on simulating the flood routing along the São Francisco river, from the São Francisco station to Morpará station, supplied only by internet data, especially river cross sections from ANA's databanks and a global DEM (SRTM) for setting river widths. Ten flood events were run, with satisfactory results for flood peak and flood routing time travel, showing that some essential routing features are relatively well-represented even for scarce data conditions.

**Palavras-chave:** simulação hidrodinâmica; escassez de dados; Rio São Francisco.

---

---

<sup>1</sup> Doutorando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH/UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre. CEP 91.501-970. Fone: (51) 3308-6327. E-mail: [cfsouza@ppgiph.ufrgs.br](mailto:cfsouza@ppgiph.ufrgs.br)

<sup>2</sup> Professor do IPH-UFRGS. Av. Bento Gonçalves 9500. Porto Alegre. CEP 91.501-970. Fone: (51) 3308 6415. E-mail: [collischonn@iph.ufrgs.br](mailto:collischonn@iph.ufrgs.br)

<sup>3</sup> Professor do IPH-UFRGS. Av. Bento Gonçalves 9500. Porto Alegre. CEP 91.501-970. Fone: (51) 3308 6408. E-mail: [tucci@iph.ufrgs.br](mailto:tucci@iph.ufrgs.br)

## INTRODUÇÃO

O deslocamento de ondas de cheia ao longo de rios naturais pode ser descrito por modelos relativamente complexos, como os modelos hidrodinâmicos, ou por modelos relativamente simples, como o modelo Muskingum. De maneira geral, os modelos complexos tendem a gerar melhores resultados, desde que os dados necessários para sua aplicação estejam disponíveis.

A aplicação de um modelo hidrodinâmico em um rio exige a disponibilidade de dados topográficos do leito e, quando a aplicação objetiva avaliar a propagação de ondas de cheias, também são necessários dados da topografia das áreas inundáveis adjacentes ao rio. Frequentemente, os dados sobre o leito e a planície não estão disponíveis, o que impede, ou inviabiliza a utilização de modelos hidrodinâmicos. Nestes casos são utilizados modelos de propagação simplificados, baseados na teoria da onda cinemática, ou modelos de propagação do tipo hidrológicos, que estão baseados apenas na equação da continuidade, como os modelos baseados no reservatório linear simples (Tucci, 1998).

Atualmente, é cada vez mais comum a utilização de dados de topografia de planícies baseados em levantamentos feitos por sensoriamento remoto, como o modelo digital de elevação (MNT) disponibilizado pelo *Consultative Group on International Agricultural Research* (SRTM, 2004). MNTs provenientes do SRTM podem apresentar erros em torno de 6 metros para a América do Sul (Farr *et al.*, 2007), além de erros relacionados à dificuldade de penetrar vegetação densa (Valeriano *et al.*, 2006). Embora não se apresente informação alguma sobre o leito dos rios, a sua simulação pode ser utilizada ainda que de forma preliminar, especialmente em grandes rios com extensas planícies inundáveis. Neste trabalho esta possibilidade foi investigada através da aplicação de um modelo hidrodinâmico unidimensional bastante conhecido, o HEC-RAS, desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers* (Brunner, 2002), ao longo de um trecho do rio São Francisco. O modelo HEC-RAS foi aplicado utilizando como base de dados apenas as seções transversais disponíveis no banco de dados da ANA (2006) e na topografia do terreno adjacente obtida do MNT do SRTM (2004).

## MATERIAIS E MÉTODOS

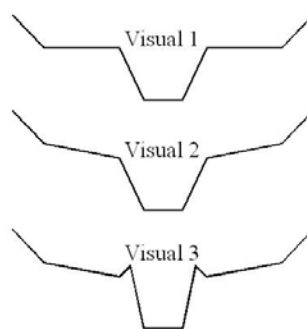
Para avaliação da capacidade de reprodução do comportamento hidrodinâmico de rio de grande porte com dados obtidos gratuitamente por meio da internet, utilizou-se de:

- Modelo hidrodinâmico unidimensional consagrado, HEC-RAS (ASCE; Brunner, 2002);
- Modelo Numérico de Terreno (SRTM, 2004) em resolução 90 x 90 m;

- Seções transversais medidas em postos fluviométricos ao longo do rio principal (ANA, 2006);
- Vazões diárias do rio principal e seus afluentes (Silva, 2005; ANA, 2006);
- Níveis diários para condição de contorno de jusante (CHESF, 2005);
- Aplicativo para processamento de imagens.
- Literatura clássica (Chow, 1959) para definição de parâmetros do modelo.

De posse destes materiais, foram traçados perfis transversais, utilizando o MNT, nos postos fluviométricos com seções transversais medidas (ANA, 2006). O acoplamento visual dos dados foi realizado, possibilitando a confecção de 3 tipos de seção (aqui denominadas Visual1, Visual2 e Visual3, Figura 1) ajustadas visualmente. A escolha das seções seguiu os seguintes critérios:

- *Visual1*. Trata-se da aproximação mais simples para representação de um perfil transversal de rio.
- *Visual2*. A adoção de declividades diferentes de zero (0) nas várzeas de inundação teve o intuito de averiguar se a mudança brusca do raio hidráulico da seção (dado por área dividida pelo perímetro molhado) com a alteração do nível na faixa de extravasamento influencia para o (in)sucesso da simulação.
- *Visual3*. Este tipo de seção, embora apresente necessidade de determinação de maior número de parâmetros, aproxima-se mais da realidade observada em perfis transversais de rios de grande porte, com lagoas de armazenamento nas várzeas de inundação.



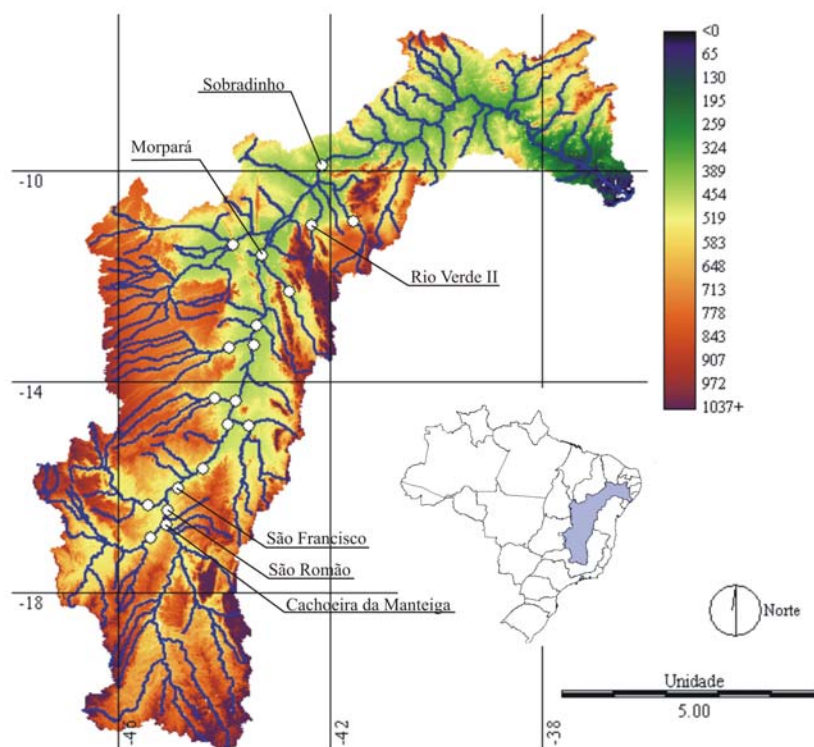
**Figura 1. Seções transversais típicas ajustadas visualmente.**

Estas seções passaram a ser utilizadas em conjunto com os dados hidrológicos obtidos e o traçado do rio ajustado e medido com base no MNT, bem como da definição de demais parâmetros com base em informações da literatura específica. De posse destes, realizou-se a simulação hidrodinâmica do rio principal considerando as afluições de seus tributários onde existissem dados (nor-

malmente os de maior porte), mas sem simulação nos afluentes e sim a translação dos dados do posto mais próximo até sua confluência com o rio principal.

## RIO SÃO FRANCISCO

A bacia selecionada para estudo é a do Rio São Francisco (Figura 2), envolvendo seis estados e o distrito federal, com área de 639.000 km<sup>2</sup> (8% do território nacional) e extensão do rio principal de 2700 km. A região é caracterizada por grande desenvolvimento hidroenergético, incluindo as unidades de Três Marias, Sobradinho, Itaparica e Xingó, navegação, atividades agrícolas e existência de cidades lindeiras, suscitando prevenção de cheias e controle em situações de estiagens.



**Figura 2. Localização da bacia e postos fluviométricos considerados.**

A seleção da bacia do Rio São Francisco para estudo se justifica pelo comportamento peculiar na translação da onda de cheia entre o posto São Francisco e o reservatório de Sobradinho (Figura 2), oferecendo dificuldades de simulação do comportamento hidrológico da bacia. Silva (2005) apresenta que a propagação da onda de cheia pode levar 11 dias (1987-1988), num ano hidrológico seco, e 27 dias (1978-1979), noutra úmido (Figura 3).

Além desta justificativa, existe ainda a necessidade da CHESF, órgão responsável pela operação das usinas hidroelétricas, prever a afluência ao reservatório de Sobradinho. Atualmente, encontra-se em uso um sistema híbrido, composto pelo modelo CPINS (Acioli *et al.*, 2004), formulado

com base no modelo SSARR (*Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation*), e redes neurais artificiais (Valença & Melo, 2006), o qual se apresenta limitado para propagação de cheia caso haja alterações nas características climáticas ou da bacia, com relação ao período utilizado na calibração do modelo *top-down*.

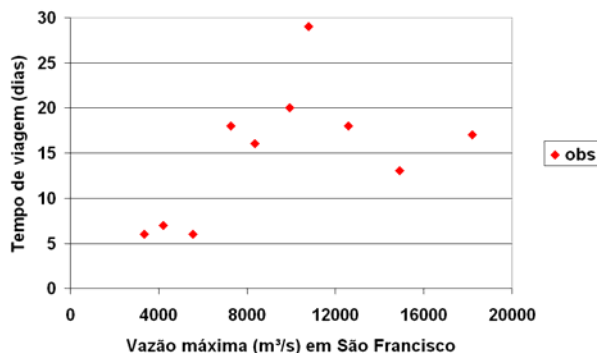


Figura 3. Tempo de viagem da onda de cheia vs. Vazão máxima.

### Dados empregados

Para a simulação hidrodinâmica, foram arbitrados valores para os parâmetros rugosidade (0,035 na calha menor e 0,13 na várzea), seguindo características da bacia e tabela exposta em Chow (1959); coeficientes de contração (0,1) e expansão (0,3), sugeridos por Brunner (2002) por serem estes usualmente encontrados em aplicações; e, coeficiente de ponderação do esquema numérico (0,6), para maximizar a precisão (Liggett e Cunge, 1975 *apud* Tucci, 1998) dentro do intervalo possível (0,6 a 1; Brunner, 2002) para o modelo hidrodinâmico empregado. Quanto aos dados de vazão, priorizaram-se valores obtidos de Silva (2005), os quais foram complementados, quando da ausência de informação em algum dos postos (principalmente o posto São Romão no Rio São Francisco), ou preenchidos por interpolação linear para falhas de poucos dias (máximo de 18 dias) por dados disponíveis no hidroweb (ANA, 2006). Aplicou-se apenas contribuição pontual para simulação tendo em vista que o rio São Francisco costuma receber pouca contribuição lateral (Silva, 2005) linear (difusa).

Objetivando realizar uma investigação ampla do comportamento do modelo, foram simulados dez (10) eventos ao total (Dados empregados)

Para a simulação hidrodinâmica, foram arbitrados valores para os parâmetros rugosidade (0,035 na calha menor e 0,13 na várzea), seguindo características da bacia e tabela exposta em Chow (1959); coeficientes de contração (0,1) e expansão (0,3), sugeridos por Brunner (2002) por serem estes usualmente encontrados em aplicações; e, coeficiente de ponderação do esquema numérico

rico (0,6), para maximizar a precisão (Liggett e Cunge, 1975 *apud* Tucci, 1998) dentro do intervalo possível (0,6 a 1; Brunner, 2002) para o modelo hidrodinâmico empregado. Quanto aos dados de vazão, priorizaram-se valores obtidos de Silva (2005), os quais foram complementados, quando da ausência de informação em algum dos postos (principalmente o posto São Romão no Rio São Francisco), ou preenchidos por interpolação linear para falhas de poucos dias (máximo de 18 dias) por dados disponíveis no hidroweb (ANA, 2006). Aplicou-se apenas contribuição pontual para simulação tendo em vista que o rio São Francisco costuma receber pouca contribuição lateral (Silva, 2005) linear (difusa).

), selecionados no intuito de representar as várias magnitudes de cheia (de 3.287,6 a 17.934 m<sup>3</sup>/s, ver Tabela 2), dentro do período 1977 a 1997. Dois conjuntos de simulações – trecho do posto São Romão a Sobradinho (eventos de 78-79, 79-80, 91-92 e 93-94) e do posto Cachoeira da Manteiga a Sobradinho (eventos de 82-83, 84-85, 85-86, 87-88, 88-89 e 94-95) – são formulados em virtude das falhas apresentadas para os dados de vazão do posto Cachoeira da Manteiga em alguns eventos. A diferença está no comprimento longitudinal do primeiro trecho simulado (que é menor) com relação ao segundo, além da ausência de informação do aporte do rio Verde (posto rio Verde II), devido à quantidade de falhas nos dados de vazão. Estas diferenças não devem comprometer a simulação em razão da usual baixa magnitude do rio Verde em comparação com as escoadas pelo rio São Francisco. Cabe salientar que avaliações da cheia de 82-83 podem estar comprometidas por ter sido interpolado o pico do evento. A Dados empregados

Para a simulação hidrodinâmica, foram arbitrados valores para os parâmetros rugosidade (0,035 na calha menor e 0,13 na várzea), seguindo características da bacia e tabela exposta em Chow (1959); coeficientes de contração (0,1) e expansão (0,3), sugeridos por Brunner (2002) por serem estes usualmente encontrados em aplicações; e, coeficiente de ponderação do esquema numérico (0,6), para maximizar a precisão (Liggett e Cunge, 1975 *apud* Tucci, 1998) dentro do intervalo possível (0,6 a 1; Brunner, 2002) para o modelo hidrodinâmico empregado. Quanto aos dados de vazão, priorizaram-se valores obtidos de Silva (2005), os quais foram complementados, quando da ausência de informação em algum dos postos (principalmente o posto São Romão no Rio São Francisco), ou preenchidos por interpolação linear para falhas de poucos dias (máximo de 18 dias) por dados disponíveis no hidroweb (ANA, 2006). Aplicou-se apenas contribuição pontual para simulação tendo em vista que o rio São Francisco costuma receber pouca contribuição lateral (Silva, 2005) linear (difusa).

e a Figura 4 apresentam características e configurações dos eventos estudados.

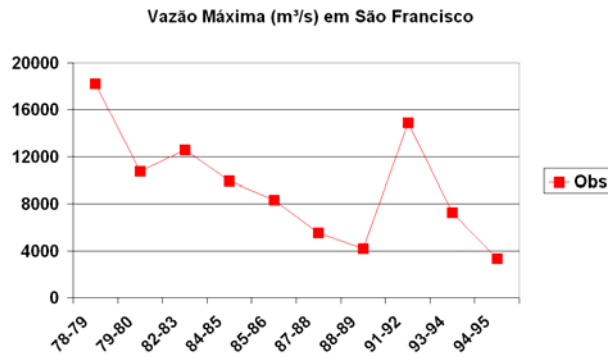
**Tabela 1. Características e configurações simuladas.**

Evento	Q <sub>mx</sub> SF	Q <sub>mx</sub> Mor	t <sub>v</sub>	trecho	período	
78-79	18210,20	17934,00	17	SR	01/12/78	30/04/79
79-80	10777,80	11591,00	29	SR	08/10/79	04/05/80
82-83	12583,30	10550,40	18	Cach	05/12/82	22/06/83
84-85	9933,00	8334,00	20	Cach	01/12/84	30/04/85
85-86	8343,30	7744,40	16	Cach	25/11/85	22/03/86
87-88	5556,00	5415,80	6	Cach	01/12/87	30/04/88
88-89	4207,20	4126,00	7	Cach	20/10/88	10/04/89
91-92	14919,20	15284,00	13	SR	06/11/91	30/03/92
93-94	7273,80	6082,00	18	SR	21/11/93	14/05/94
94-95	3339,90	3287,60	6	Cach	31/10/94	04/06/95

onde: Q<sub>mx</sub>SF = Vazão máxima em São Francisco; Q<sub>mx</sub>Mor = Vazão máxima em Morpará; t<sub>v</sub> = tempo de deslocamento da onda de cheia entre São Francisco e Morpará; SR = trecho entre São Romão e Sobradinho e; Cach = trecho entre Cachoeira da Mantega e Sobradinho

**Tabela 2. Tempo de retorno de vazões (ANA, 2006) no posto Morpará, calculado pelo método empírico (Califórnia), para o período 1954-2004.**

Tr (anos)	Q (m³/s)	Tr (anos)	Q (m³/s)
50,00	20384,00	3,57	6993,40
25,00	17051,00	3,33	6897,00
16,67	12159,00	3,13	6821,00
12,50	10918,00	2,94	6764,00
10,00	10132,00	2,78	6708,80
8,33	9541,30	2,63	6708,80
7,14	9386,10	2,50	6635,20
6,25	8706,60	2,38	6543,80
5,56	8592,10	2,27	6318,50
5,00	7998,60	2,17	6200,00
4,55	7788,00	2,08	6102,00
4,17	7212,20	2,00	5950,00
3,85	7091,90		



**Figura 4. Vazão Máxima em São Francisco.**

*Avaliação do tempo de viagem da onda de cheia*

O tempo de deslocamento da onda de cheia entre os postos São Francisco e Morpará não apresenta relação bem definida com a magnitude da vazão máxima em São Francisco. Parecem existir, no entanto, dois regimes diferentes de propagação de cheia, desconsiderando o evento do período 1979-1980 (10.777,8 m³/s e 29 dias), o qual não parece apresentar similaridade com os demais eventos observados. A principal explicação para esta mudança de comportamento encontra-se no extravasamento da calha para vazões superiores a aproximadamente 6.000 m³/s, possivelmente pela capacidade de amortecimento das cheias pelas várzeas.

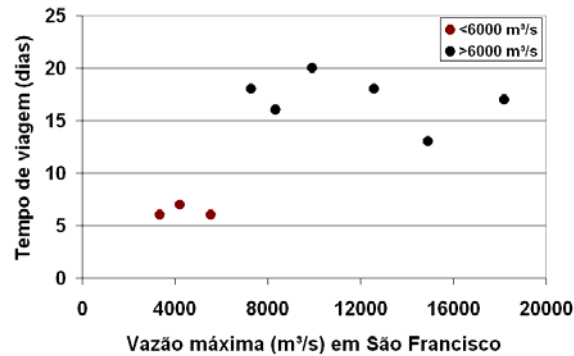


Figura 5. Regimes de propagação da cheia. Vazão máxima dentro da calha (marrom) e extravasando-a (preto).

## RESULTADOS E ANÁLISES

Usualmente, a avaliação da capacidade de reprodução da hidrodinâmica por modelos numéricos é efetuada comparando conjuntos de estatísticas (*e.g.*, coeficiente de determinação, erro padrão, erro padrão invertido) que priorizam diferentes aspectos de hidrogramas (*e.g.*, vazão de pico, vazão mínima, volume, duração ou taxa de variação da vazão), escolhidas com base no objetivo do estudo. Neste estudo de caso, arbitrou-se por investigar a o comportamento de cheias, avaliando o comportamento do tempo de viagem da onda de cheia e da vazão máxima nos postos São Francisco e Morpará, por sua importância na representação do processo.

A Figura 6 e a Figura 7 revelam a aproximação que a simulação hidrodinâmica dos 10 eventos para o perfil transversal Visual3, a mais elaborada das testadas, apresentou para a vazão máxima tanto em São Francisco como em Morpará, o tempo de deslocamento e o abatimento da onda de cheia entre estes postos.

Observa-se (Figura 8) tanto o atraso (78-79 e 94-95) como a antecipação (demais eventos) da cheia para as simulações efetuadas sem relação clara com a magnitude das vazões máximas. Quanto a estas últimas, o erro da estimativa em São Francisco (Figura 9) aumenta com o acréscimo de sua magnitude, subestimando seus valores. Em Morpará (Figura 10), os valores mais próximos à faixa de extravasamento apresentam-se superestimados, enquanto os maiores valores estão em conformidade com o observado no posto São Francisco. As diferenças apresentadas nestas estimativas possivelmente se devem (a) à definição de rugosidades; (b) à translação das vazões dos tributários ao rio São Francisco; (c) à não-inclusão de contribuição difusa (linear) e; (d) aos acoplamentos efetuados entre perfis medidos e estimados por sensoriamento remoto.



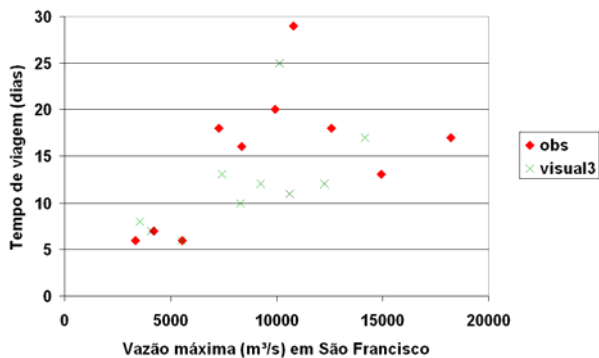


Figura 6. Relação entre tempo de viagem da onda de cheia e vazão máxima e sua representação.

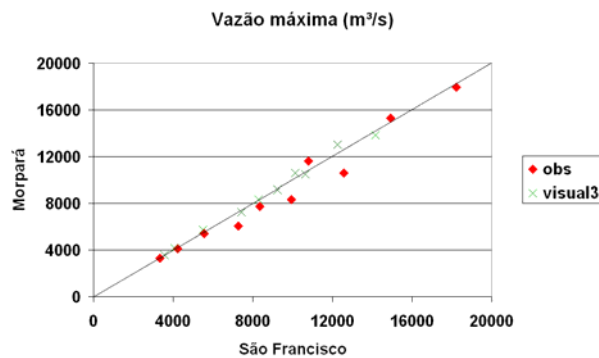


Figura 7. Amortecimento da onda de cheia e sua representação.

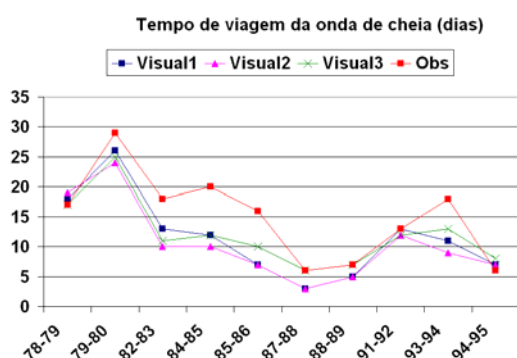


Figura 8. Tempo de viagem da onda de cheia (dias).

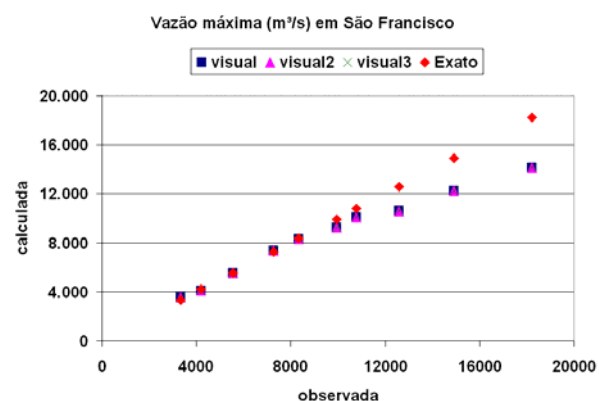


Figura 9. Dispersão da vazão máxima (m<sup>3</sup>/s) em São Francisco.

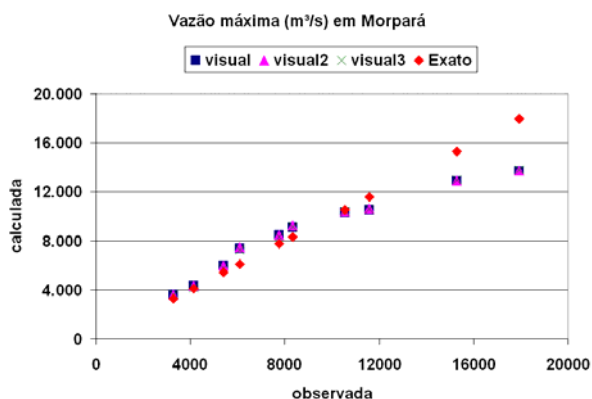


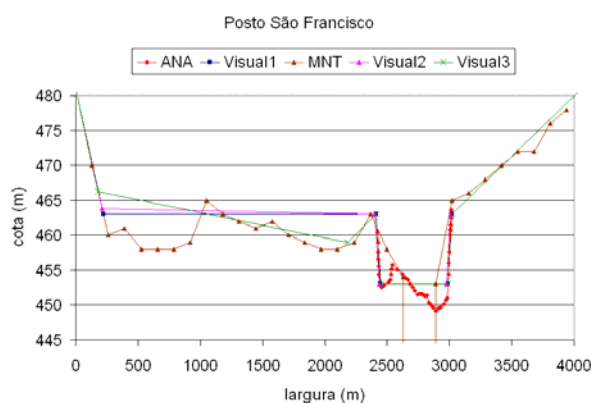
Figura 10. Dispersão da vazão máxima (m<sup>3</sup>/s) em Morpará.

A calibração de rugosidades, tanto para a calha principal, como para as várzeas, possivelmente auxiliaria no ajuste do tempo de deslocamento da onda de cheia, por ser a vazão bastante sensível à alteração destes parâmetros, amortecendo picos e estiagens com o aumento de seu valor.

A translação dos dados de vazão dos rios tributários à confluência com o rio São Francisco pode afetar o tempo de viagem e o abatimento (ou amplificação) da onda de cheia. A razão destes efeitos está em uma possível superposição irreal de picos de cheia e antecipação destes pela ausência de simulação hidrodinâmica entre o posto, *i.e.*, o local onde se obteve os dados de vazão, e o rio São Francisco.

Embora seja conhecida a pequena contribuição ao longo do rio, sua não-inclusão, associada à não consideração (principalmente pela ausência de dados) de tributários de menor porte pode explicar a subestimativa de vazão dos maiores eventos.

Os acoplamentos efetuados entre perfis medidos e estimados por sensoriamento remoto (Figura 11) podem influenciar diretamente as variáveis avaliadas (vazão máxima e tempo de viagem de cheia). Os ajustes efetuados podem alterar de forma significativa a vazão que provoca extravasamento em cada um dos postos considerados ao longo do rio São Francisco, alterando o comportamento nas redondezas deste “erro”.



**Figura 11. Exemplo de acoplamento e ajuste visual de perfis para o posto São Francisco.**

Não se detecta distinção acentuada nos resultados do emprego dos perfis transversais ajustados visualmente, embora o *Visual3* apresente resultados um pouco melhores. Quanto à avaliação de potencial instabilidade causada pelo salto no raio hidráulico para mudança de níveis próximo ao extravasamento, não se revelou diferença entre os resultados que evidenciasse necessidade de tratamento diferenciado ao comparar o desempenho dos perfis *Visual1* e *Visual2*.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo buscou investigar a capacidade de reprodução da hidrodinâmica de rio de grande porte, no caso o São Francisco, pela utilização de dados de acesso gratuito e de aproximação simpli-

ficada para representação espacial do sistema em análise. O objetivo de uso do modelo estudado foi arbitrado para representação de eventos de cheias, considerando a vazão máxima em dois postos ao longo do rio principal (São Francisco e Morpará) e o tempo de viagem da onda de cheia entre estes como variáveis para análise.

Os resultados apresentam aproximação relativamente boa aos resultados observados, principalmente para o perfil transversal mais elaborado (*Visual3*). Observou-se que a subestimativa da vazão máxima é maior quanto mais extremo o evento, com pequenas superestimativas em valores próximos ao extravasamento para o posto de jusante. Quanto ao tempo de viagem da onda de cheia, esta se apresenta antecipada, com exceção dos eventos de 78-79 e 94-95.

A metodologia deste estudo mostrou potencial de aplicação, principalmente como estimativa inicial, a ser melhor trabalhada com o aporte de dados para refinamento das estimativas. Avanços quanto à melhoria da resolução de MNT e coleta de dados de vazão e nível, associados à disponibilização destes, podem auxiliar no estudo de rios de menor porte.

Recomenda-se, para maior aproximação à realidade, investigações quanto aos valores de rugosidade, a inclusão de trechos dos tributários na simulação e a consideração do aporte linear para eventos extremos de cheia. Caso estes ainda não sejam suficientes, sugere-se a revisão dos acoplamentos efetuados entre os perfis medidos e obtidos via sensoriamento remoto.

Uma avaliação interessante a ser efetuada em trabalhos futuros é a comparação dos resultados com técnicas com menor necessidade de dados e experiência do usuário. Pode-se ainda avaliar outros aspectos do regime hidrológico, como estiagens, de caráter não menos importante.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de doutorado, através do Fundo Setorial CT-HIDRO, a Adriano Rolim da Paz por contribuições na discussão de resultados e a Ferdnando Cavalcanti Silva pelo auxílio na confecção das ilustrações.

## **BIBLIOGRAFIA**

ACIOLI, G.C.L.; GOMES, L.F.C. & MAGALHÃES, J.K.M. (2004) “*Previsão de vazões diárias ao reservatório de Sobradinho*” in Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. ABRH: São Luís-MA. CD-ROM.

ANA - Agência Nacional de Águas. (2006). *Hidroweb*. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>

BRUNNER, G.W. (2002). *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. Version 3.1. November 2002. 350p.

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. Departamento de Gestão de Recursos Hídricos. (2005). *Reservatório de Sobradinho – Cotas diárias às 24 h*. Período 1978-1998.

CHOW, V.T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill Book Co., New York, N.Y., 1959. 680 p.

FARR, T.G., *et al.* (2007), “*The Shuttle Radar Topography Mission*”, *Rev. Geophys.*, 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183

SILVA, B.C. da. (2005). *Previsão hidroclimática de vazão para a bacia do Rio São Francisco*. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre. BR-RS, 2005.

SRTM (2004) - *Void-filled seamless SRTM data V1*, 2004, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database: <http://srtm.csi.cgiar.org>.

TUCCI, C.E.M. (1998). “*Modelos hidrodinâmicos em rios*”. in *Modelos hidrológicos*. Tucci, C.E.M. Porto Alegre: Ed. UFRGS/ABRH.

VALENÇA, M.J. & MELO, S. de B.M. (2006). “*Sistema híbrido para previsão de vazões incrementais e afluências ao reservatório de sobradinho*” in *Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste*. ABRH: Curitiba-PR. CD-ROM.

VALERIANO, M.M.; KUPLICH, T.M.; STORINO, M.; AMARAL, B.D.; MENDES, J.N. & LIMA, D.J. (2006). “*Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with shuttle radar topographic mission-90 m data*”. *Computers & Geosciences* 32:1169-1181.