

GESAR – Um centro de pesquisas de ambientes aquáticos e de desenvolvimento de simuladores numéricos da dinâmica de corpos hídricos

Norberto Mangiavacchi¹, Cássio B. P. Soares²

Resumo – Esse trabalho descreve as principais características e realizações do centro de pesquisas GESAR – Grupo de Estudos e Simulações Ambientais em Reservatórios implantado na UERJ, para constituir-se em centro de simulações numéricas e de estudos de ambientes aquáticos. Em 20005 um projeto de P&D, conduzido por FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A teve por objetivo o desenvolvimento de um software de qualidade comercial – FERSim, para a simulação da incorporação de biomassa no enchimento de compartimentos de reservatórios e resultou na criação do GESAR. O grupo compreende um Núcleo de Estudos Florestais – NEF, três laboratórios ambientais: Laboratório de Ensaios Pressurizados – LEP, Laboratório de Ensaios Dinâmicos – LED, Laboratório de Ensaios Cinéticos – LEC, que atuaram no levantamento de dados da cinética de decomposição da biomassa, permitindo a parametrização do simulador FERSim e hoje capacitam o GESAR a realizar grande parte dos estudos limnológicos. Compreende ainda um Laboratório de Ensaios Numéricos – LEN, onde o FERSim foi desenvolvido.

1. Introdução

A hidroelectricidade compõe 90% da matriz energética do Brasil e novas usinas hidrelétricas estão em construção. A avaliação dos impactos resultantes do uso intensivo dos ecossistemas e dos recursos hídricos demanda novas ferramentas de análise, tanto no que se refere à implantação de hidrelétricas, quanto no estudo de alternativas de operação dos reservatórios existentes. A biomassa terrestre é decomposta durante o processo de enchimento das represas gerando substâncias que são transportadas e se concentram nos volumes dos seus diversos compartimentos [1],[5]. Assim, algumas regiões são impactadas por baixos teores de oxigênio dissolvido e a alta concentração de matéria orgânica, comprometendo eventualmente o ambiente aquático. O impacto tem sido minimizado com a remoção do material orgânico do leito inundado. No entanto, a limpeza da bacia é procedimento caro, freqüentemente desnecessário para vários compartimentos e, muitas vezes inviável.

Ainda é comum a utilização de modelos globais, que tratam o reservatório como um corpo único, o que facilmente resulta em avaliações superestimadas biomassa a ser retirada. Os modelos globais também não identificam os locais onde a remoção deve ser priorizada. Os

P&D : "Sistema de Simulação da Incorporação de Biomassa durante o Enchimento de Compartimentos de Reservatórios"
Furnas Centrais Elétricas S. A. ciclo 2002/2003

¹ norberto.mangiavacchi@gmail.com

Grupo de Estudos e Simulações Ambientais em Reservatórios
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. Fonseca Telles 524
20550-013 Rio de Janeiro, RJ, Brazil

² cassiobp@furnas.com.br

Furnas Centrais Elétricas S. A.
R. Real Grandeza 219, 22283-900 Rio de Janeiro, RJ, Brazil

simuladores existentes no mercado não descrevem de forma acurada e flexível os processos que ocorrem no enchimento de reservatórios, pois não são suficientemente precisos quanto às características locais dos compartimentos, o que impede a geração de informações confiáveis e geograficamente detalhadas para um planejamento otimizado da limpeza da bacia de acumulação. Dentro desse contexto, a ANEEL, autorizou Furnas Centrais Elétricas S. A. a implementar um projeto de P&D ciclo 2002/2003, para o desenvolvimento de um software para o estudo das características físico-químicas da água durante o enchimento de compartimentos de reservatórios. O projeto foi desenvolvido sob a liderança do Grupo de Estudos e Simulações Ambientais em Reservatórios – GESAR, implantado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro e contou com a participação de cerca de 40 pesquisadores doutores da UERJ, USP-S.Carlos, UFScar, COPPE/UFRJ, UFF e CEFET – RJ.

A sede do GESAR na UERJ possui área construída de 200 m², compreendendo cinco unidades operacionais, sendo um núcleo de estudos e quatro laboratórios, plenamente capacitados à realizar estudos limnológicos e simular as condições ambientais encontradas em reservatórios tais como aerobiose e anaerobiose, presença e ausência de luz, condições de fluxo e de estagnação da água e ainda condições de ambientes pressurizados como os encontrados nas regiões mais profundas. Os resultados experimentais foram incorporados ao simulador numérico desenvolvido [2],[8].

Alguns dados e realizações do projeto: 1. Valor do projeto: R\$ 4.013.848,19; Datas de início e término: 06 de janeiro de 2006 a 06 de junho de 2008; 2. Participantes: Pesquisadores doutores nas áreas de engenharia, física, química, matemática aplicada, analistas de sistemas e programadores, engenheiros florestais, alunos de graduação, de mestrado e de doutoramento; 3. Produção científica: Duas teses de doutorado concluídas e uma em andamento, 5 dissertações de mestrado concluídas e 5 em andamento, 20 trabalhos apresentados em congressos no país, 10 em congressos no exterior; Sete artigos completos em periódicos internacionais e dois em periódicos nacionais.

2. Estrutura do GESAR

2.1. NEF – Núcleo de Estudos Florestais: Este núcleo é responsável pelo mapeamento dos tipos de vegetação, pela estimativa da biomassa terrestre e pela especificação dos métodos e amostragem de material vegetal. Participaram pesquisadores e engenheiros florestais da UFScar, da UFF, de FURNAS e UERJ. O NEF coletou amostras vegetais e de solo em Nova Friburgo, RJ, e participou dos ensaios realizados no GESAR.

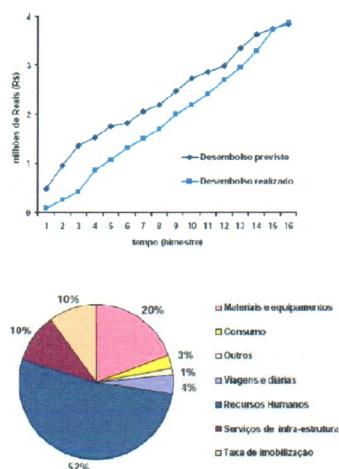


Figura 1: Desembolso bimestral acumulado e previsto em Reais; Distribuição dos recursos no projeto.



Figura 2: Coleta de amostras de biomassa florestal

2.2. LEP – Laboratório de Ensaios Pressurizados: Onde ocorrem experimentos para avaliação dos efeitos da pressão nos processos de decomposição da biomassa, tanto em condições de aerobiose, quanto de anaerobiose; Possui uma bancada com 30 vasos inox de pressão (4 litros cada), pressurização com gás inerte, sistemas de amostragem e de aquisição de dados.



Figura 3: Estante de vasos de pressão para decomposição de biomassa em regiões pressurizadas, como o fundo dos reservatórios.

2.3. LED – Laboratório de Ensaios Dinâmicos: Onde são verificados os efeitos da variável velocidade nos processos de decomposição vegetal em condições de escoamento,

similares àquelas encontradas tanto em regiões de circulação interna dos reservatórios quanto na passagem dos tributários nos compartimentos laterais; para o ensaio de lixiviação é utilizado um flume de 3 m×30 cm×30 cm.



Figura 4: Flume para decomposição de matéria orgânica sob fluxo

2.4. LEC – Laboratório de Ensaios Cinéticos: Voltado para avaliação da transferência de substâncias do material vegetal para o meio aquoso; A partir das curvas de concentrações dos anions e cátions dissolvidos no água, são determinadas as cinéticas presentes no simulador [5]; No LEC é preparado o material colhido pelo NEF para ser ensaiado nos demais laboratórios. Para executar um número elevado de análises químicas com alta precisão, o LEC conta com cromatografia automatizada para cátions e ânions, dentre outros recursos para química analítica ambiental.

2.5. LEN – Laboratório de Ensaios Numéricos: Trata-se do maior laboratório das instalações do GESAR e dispõe hoje de uma rede com 17 computadores que exercem as funções de desenvolvimento, arquivo e controle do acervo computacional. No LEN está disponível um cluster de servidores computacionais configurado para computação científica baseada em processamento paralelo.

3. FERSim – O simulador em elementos finitos

Especificações de otimização moldaram o simulador num produto robusto, de uso amigável, de processamento rápido, modular e expansível, capaz de tratar compartimentos de reservatórios. O primeiro módulo do sistema, o *Terrain*, é especialista em dados geocartográficos [7] nos vários formatos, e gera as informações sobre a morfologia do terreno, para o próximo módulo, *Phyto*, que acrescenta as informações obtidas da cobertura vegetal do terreno. As informações sobre as drenagens são acrescentadas no módulo *Hydro* e a resultante de todas estas informações alimenta o módulo *Mesh*, que gera a malha numérica para o módulo *Transport*. Esse, por sua vez, se constitui no núcleo numérico do sistema e resolve pelo método de elementos finitos [2],[8] as equações da hidrodinâmica, dos transportes de energia e de matéria orgânica [3],[4]. A cinética de decomposição da biomassa e as condições de contorno na interface do reservatório com a atmosfera são tratados nos módulos *Decay* e *Meteo*, respectivamente [1]. As principais variáveis simuladas são: os campos de velocidades, pressão, temperaturas, oxigênio dissolvido e DBO.



Figura 5: Visão geral do LEC, com a bancada de ensaios em primeiro plano (ao alto), os dois cromatógrafos (ao centro) e o sistema de purificação de água.



Figura 7: Aspecto geral do Laboratório de Ensaios Numéricos

4. Outros projetos em curso e trabalhos futuros

O GESAR projetou-se internacionalmente, tendo levado a UERJ a celebrar acordos formais de cooperação com o CWR – Center for Water Research/University of Western Australia e com a UNA – Universidad Nacional de Assunción, no Paraguai. O Grupo atua também em atividades com a Universidade Técnica de Delft, na Holanda. Seis projetos correlatos foram aprovados pela FAPERJ e permitiram a expansão da rede de computadores e a aquisição de novos equipamentos analíticos que capacitam o GESAR para a maioria dos ensaios necessários aos estudos de limnologia: um espectrofotômetro UV, um analisador automático para carbono (TOC) para nitrogênio total e amostras sólidas.

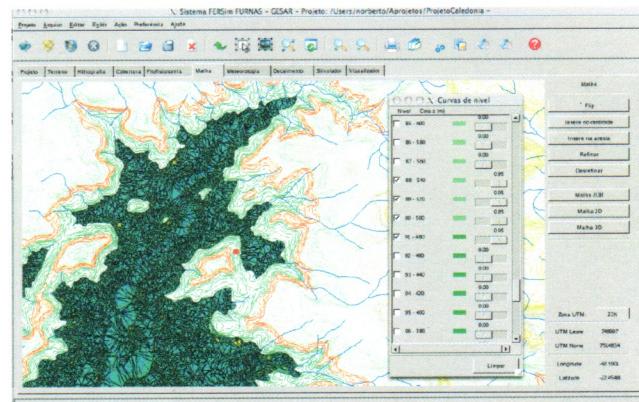


Figura 8: Interface gráfica do sistema, destacando-se os principais recursos do simulador FERSim, onde a malha computacional ajusta-se sobre as drenagens e as curvas de nível do reservatório.

O desenvolvimento dos simuladores prossegue e com os novos equipamentos incorporados, somando-se ainda os projetos aprovados junto à FAPERJ e os acordos internacionais firmados com o CWR e com a UNA, o GESAR ascendeu a patamares de capacitação e abrangência superiores aos previamente dimensionados. Grande impulso será conferido as etapas de calibração e validação dos softwares, uma vez aprovados dois novos contratos, ora em discussão, entre a UERJ/GESAR e FURNAS Centrais Elétricas S.A. O primeiro tem como objetivo de analisar a produção, estocagem, transporte e emissão de dióxido de carbono e da decomposição da biomassa em reservatórios. O segundo visa o estudo da deriva e dispersão de ovos e larvas de peixes em ambientes aquáticos.

5. Conclusões – O retorno para ANEEL/FURNAS

O projeto de P&D concluiu-se com o *software* de simulação de incorporação de biomassa e o GESAR implantado. O grupo agrega significativa capacidade de desenvolvimento de simuladores numéricos voltados para o estudo de ambientes aquáticos típicos do Setor Elétrico e, ao mesmo tempo, confere a FURNAS, e ao Setor como um todo, novas possibilidades para realização da maioria das análises limnológicas necessárias às avaliações de impactos e a gestão dos recursos hídricos.

6. Referências Bibliográficas

- [1] BIANCHINI Jr, I.; PERET, A M; CUNHASANTINO, M B . A mesocosm study of aerobic mineralization of seven aquatic macrophytes. *Aquatic Botany*, Amsterdam, v.85, n.2, p.163-167, 2006.
- [2] Carey, G.F., 1995 - "Finite Element Modeling of Environmental Problems: Surface and Subsurface Flow and Transport", John Wiley
- [3] Fischer, H.B., List, E.J., Koh, R.C.Y., Imberger, J. and Brooks, N.H., 1979, "Mixing in inland and coastal waters", Academic Press, New York, 483 pp
- [4] Imberger, J., 1998, "Physical Processes in Lakes and Oceans", *Coastal and Estuarine Studies Series Volume 54*, 661 pp
- [5] Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling (Second Edition) (EPA/600/3-85/040)
- [6] ROMEIRO, F ; BIANCHINI Jr, I. . The kinetic pathways for anaerobic decomposition of Ludwigia inclinata. *Hydrobiologia* (The Hague), v. 607, p. 103-111, 2008.
- [7] SOARES, C. B. P. ; MEDEIROS, J. L. . Building 3D Frameworks of Accessory Aquatic Systems. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 1-11, 2003.
- [8] SOUSA, Fabricio Simeoni de ; MANGIAVACCHI, N. . A Lagrangian level-set approach for the simulation of incompressible two-fluid flows. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, v. 47, p. 1393-1401, 2005.