

## VARIABILIDADE EM PRODUÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI, MINAS GERAIS

*Marcio Ricardo Salla*<sup>1\*</sup>; *Javier Paredes Arquiola*<sup>2</sup>; *Abel Solera*<sup>3</sup>; *Joaquín Andreu Alvaréz*<sup>4</sup>; *Carlos Eugênio Pereira*<sup>5</sup>; *José Eduardo Alamy Filho*<sup>6</sup> & *André Luiz de Oliveira*<sup>7</sup>

**Resumo** – O sistema de abastecimento público de água no município de Uberlândia (MG) encontra-se atualmente em situação preocupante referente à oferta hídrica, cujas vazões disponíveis no rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim aproximam-se da saturação em função do acentuado crescimento populacional. Diante desta situação, este artigo avalia a variabilidade temporal da vazão turbinada e produção de energia hidrelétrica nas quatro centrais em cascata existentes na bacia hidrográfica do rio Araguari, frente à necessidade de captação superficial de água para abastecimento do município. Foram simuladas retiradas pontuais nas centrais hidrelétricas de Miranda e Capim Branco 1. Utilizou-se o Sistema de Suporte à Decisão AQUATOOLDMA através do módulo SIMGES no período de outubro de 2006 até setembro de 2011. Baseado no princípio de que a regra de operação de uso múltiplo de água aplicada pelo módulo SIMGES utiliza algoritmo de otimização de rede de fluxo, que objetiva ao mesmo tempo minimizar os déficits e maximizar níveis líquidos nos reservatórios para demandas como irrigação, consumo humano e produção hidrelétrica, independente da vazão pontual retirada para suprir o déficit de demanda de água potável, este artigo demonstra que a captação superficial em Capim Branco 1 proporciona menores perdas de produção de energia.

**Palavras-Chave** – AQUATOOLDMA, SIMGES, produção de energia hidrelétrica.

## VARIABILITY IN HYDROELECTRIC POWER PRODUCTION IN THE ARAGUARI RIVER BASIN, MINAS GERAIS.

**Abstract** – The system public water supplying in the city of Uberlândia (MG) meets currently with problem of offers hydric, whose available flows in the river Uberabinha and river Bom Jardim are come close to the saturation in function of the population growth. With this situation, this paper evaluates the variability of the turbinated flow and hydroelectric power production in the four hydroelectrics plants in cascade in the Araguari river basin, front to the necessity of surface water catchment for supplying of the city. Had been simulated outflow of hydroelectrics plants of Miranda and Capim Branco 1. The System of Support to Decision AQUATOOLDMA through module SIMGES was used in the period of october of 2006 until september of 2011. Based in the rule of operation of multiple water use applied for module SIMGES, where uses optimization algorithm of flow net that objective at the same time to minimize déficits and to maximize the liquid levels in the reservoirs for demands as irrigation, human consumption and hydroelectric power production, independent outflow to supply the deficit of drinking waters demand, this paper demonstrates that the surface water catchment in hydroelectric plant Capim Branco 1 provides to minors losses of hydroelectric power production.

**Keywords** – AQUATOOLDMA, SIMGES, Hydroelectric power production.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia Civil – mrsalla@feciv.ufu.br

<sup>2,3,4</sup> Universidad Politécnica de Valência/Espanha – Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente - jparedea@hma.upv.es

<sup>5,6,7</sup> Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia Civil - carloseugenio@feciv.ufu.br

\* Autor Correspondente

## INTRODUÇÃO

A oferta de água para usos múltiplos encontra-se ameaçada por problemas relacionados tanto com a quantidade quanto com a qualidade. A escassez prejudica o desenvolvimento das áreas afetadas, limitando as atividades econômicas e retardando o progresso. Não se trata de um cenário exclusivamente brasileiro e tem, com uma das principais causas, o crescimento desordenado das cidades. A escassez de água com boa qualidade, adequada para o abastecimento, é agravada nas bacias hidrográficas com maiores índices de urbanização, causada pelo crescimento rápido da demanda de água e pela poluição de cursos de água.

A necessidade crescente de planejamento e gestão de recursos hídricos em escala de bacia hidrográfica faz com que os modelos de simulação tornem-se cada vez mais aprimorados. Em todo o mundo existem diversas ferramentas computacionais, com complexidades matemáticas distintas, úteis na gestão de usos múltiplos de água, tais como ModSim (Fredericks *et al.*, 1998; Labadie e Baldo, 2000), HEC-ResSim, HEC-RAS e HEC-HMS (Pappenberger *et al.*, 2005; Klipsch e Hurst, 2007; Fan *et al.*, 2009), MIKE SHE (McMichael *et al.*, 2006), MODFLOW (Rodriguez *et al.*, 2008; Xu *et al.*, 2012), TOPMODEL (Lin *et al.*, 2010; Chen e Wu, 2012), entre outros.

O estado de Minas Gerais possui muitos cursos de água naturais e reservatórios de acumulação para fins hidrelétricos, associado às inúmeras demandas de água para fins potáveis, agrícolas, industriais e mineração que justifica a utilização de um Sistema de Suporte de Decisão confiável para a gestão de bacia hidrográfica. De acordo com a Fundação Estadual do Meio Ambiente, o Estado de Minas Gerais possui o maior potencial de aproveitamento de recursos hídricos do país e é responsável pela geração de 18,5% de toda a energia elétrica produzida no Brasil. Mais especificamente, a região do Triângulo Mineiro é limitada ao sul e norte por dois grandes rios, rio Grande e rio Paranaíba, respectivamente, mais o rio Araguari, todos com reservatórios artificiais em cascata para fins hidrelétricos.

O sistema de abastecimento público no município de Uberlândia (MG) encontra-se atualmente em situação preocupante referente à oferta hídrica disponível. O município é abastecido pelo rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim (ver Figura 1), cujas vazões disponíveis aproximam-se da saturação em função do acentuado crescimento populacional deste município. Diante desta situação, este artigo avalia a variabilidade temporal de vazão turbinada e produção hidrelétrica nas quatro centrais em cascata existentes na bacia hidrográfica do rio Araguari, frente às captações superficiais nas centrais hidrelétricas Miranda e Capim Branco 1 para suprir as necessidades de água para abastecimento público em Uberlândia. Foi utilizado o Sistema de Suporte à Decisão AQUATOOLDMA através do módulo SIMGES, em virtude de sua estrutura de pré-processamento (dados de entrada) ser compatível com os dados reais disponíveis na bacia hidrográfica.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Araguari está localizada na região oeste do Estado de Minas Gerais entre as coordenadas 18°20' e 20°10' de latitude Sul e 46°00' e 48°50' de longitude Oeste. A nascente encontra-se no Parque Nacional da Serra da Canastra, no município de São Roque de Minas, percorrendo 475 km até a sua foz no Rio Paranaíba, sendo este um dos afluentes do Rio Grande, que integra a Bacia Transnacional do Rio Paraná. Possui uma área de aproximadamente 22 mil km<sup>2</sup> com cotas altimétricas entre 465 m e 1350 m e precipitações superiores a 1600 mm/ano. A população total é de aproximadamente 1,2 milhões de habitantes distribuída em 18 municípios, no qual mais de 50% da população reside no município de Uberlândia. A área superficial de uso

agrícola é de 43% e a de pastagem é de 50% (savana gramínea lenhosa). Respectivamente, as demandas superficiais e subterrâneas de água outorgadas para consumo humano, irrigação, indústria e dessedentação de animais em 2006 foi de 250,6 hm<sup>3</sup>/ano e 3,6 hm<sup>3</sup>/ano, de acordo com informações do Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

Esta bacia hidrográfica possui seis Centrais Hidrelétricas - CH, sendo as quatro principais situadas no rio Araguari com reservatórios em cascata. O primeiro reservatório situado no alto rio Araguari é de regularização, com uma capacidade de armazenamento de 12.792 hm<sup>3</sup> (CH Nova Ponte) e os outros três reservatórios, situados no baixo rio Araguari, são de fio de água com capacidade de armazenamento de 1120 hm<sup>3</sup> na CH Miranda, 241,13 hm<sup>3</sup> na CH Capim Branco 1 e 872,83 hm<sup>3</sup> na CH Capim Branco 2. A Figura 1 ilustra a bacia hidrográfica do rio Araguari e as coordenadas geográficas das centrais hidrelétricas objetos de estudo neste artigo.

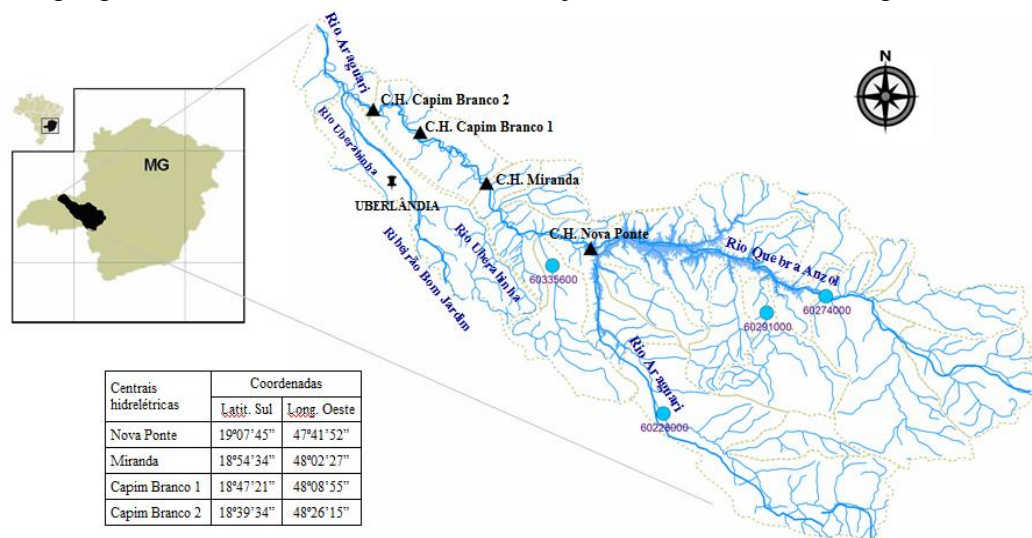


Figura 1 - Bacia hidrográfica do rio Araguari e as coordenadas geográficas das centrais hidrelétricas estudadas

O clima na região é quente com estação seca entre os meses de maio e setembro e estação úmida entre os meses de outubro e abril.

### Sistema de Suporte à Decisão AQUATOOLDMA – Módulo SIMGES

AQUATOOLDMA é uma interface para a edição de modelos de simulação aplicados na gestão de bacias hidrográficas por meio do módulo quantitativo SIMGES (Solera *et al.*, 2007) e modelos de simulação da qualidade de água associada à gestão quantitativa mediante o programa GESCAL (Arquiola *et al.*, 2009). Este Sistema de Suporte à Decisão possui as seguintes vantagens: utiliza um arquivo com formato de base de dados para armazenar o conteúdo da simulação; para uma quantidade  $n$  de cenários a serem simulados não se necessita possuir  $n$  arquivos de dados, onde a base de dados diferencia os dados de cada elemento por um código de elemento único e um código de cenário; possui uma ferramenta que gera as relações entre elementos do GIS (*Geographic Information System*) de uma bacia hidrográfica e elementos do modelo de simulação.

O módulo de gerenciamento do quantitativo de água SIMGES contém elementos superficiais e subterrâneos para gerir os usos múltiplos, cujas definições dos elementos são tarefas do usuário, no qual o modelo é adaptável a qualquer tipo de esquema. Utilizam-se, como elementos superficiais e subterrâneos, os reservatórios superficiais, os canais e trechos de rio, entradas intermediárias em trecho de rio, captações (irrigação, demanda urbana e industrial), recargas ou retornos (retorno ao curso de água de uma prévia captação), demandas sem consumo (produção hidrelétrica), recarga

artificial (recarga de aquíferos em período chuvoso, definida por suas características físicas), extrações extras (coleta água de um aquífero por bombeamento para uma demanda qualquer) e aquíferos (definidos pelos parâmetros físicos e operacionais).

De uma forma geral, o módulo SIMGES pode ser utilizado para: simular quantitativamente qualquer bacia hidrográfica diante de infraestruturas hipotéticas, demandas solicitadas e regras de gestão definidas por Comitê de Bacia Hidrográfica; definir as regras de gestão de bacia mais adequadas para garantir a mínima vazão ecológica e a qualidade de água em respeito à classificação do curso de água (no Brasil, a Resolução CONAMA 357:2005); definir as vantagens e desvantagens das variações da vazão frente a um ou mais usos prioritários; simular a capacidade de bombeamento para dada demanda frente aos requisitos mínimos de armazenamento.

As principais características operacionais do módulo SIMGES são: as vazões superficiais de entrada (afluentes, lançamentos pontuais de efluentes, etc) e saída (consumo humano, dessedentação de animais, irrigação, etc) são calculadas simplesmente pelo balanço de massa e em escala mensal; com relação aos aquíferos, a vazão pode ser simulada por modelos simples ou multicelulares e também por modelos lineares distribuídos; considera as perdas por evaporação e infiltração em reservatórios de acumulação e leitos de rio, além das interações existentes entre águas superficiais e subterrâneas; a gestão da bacia hidrográfica com relação aos usos múltiplos é realizada objetivando manter níveis líquidos fixos nos reservatórios, definidos pelo usuário, a fim de garantir a demanda solicitada; permite que o usuário defina as vazões ecológicas mínimas e usos prioritários; as simulações são executadas através de um algoritmo de otimização de rede de fluxo, que controla a vazão superficial dentro da bacia hidrográfica objetivando ao mesmo tempo minimizar os déficits e maximizar os níveis líquidos nos reservatórios para demandas como irrigação, consumo humano e produção hidroelétrica.

O esquema do modelo SIMGES utilizado neste artigo é ilustrado na Figura 2 de forma resumida, no qual as informações pontuais referentes aos afluentes menores, às demandas agrárias e às entradas superficiais difusas ao longo do curso de água foram omitidas apenas para melhorar a resolução visual da figura.

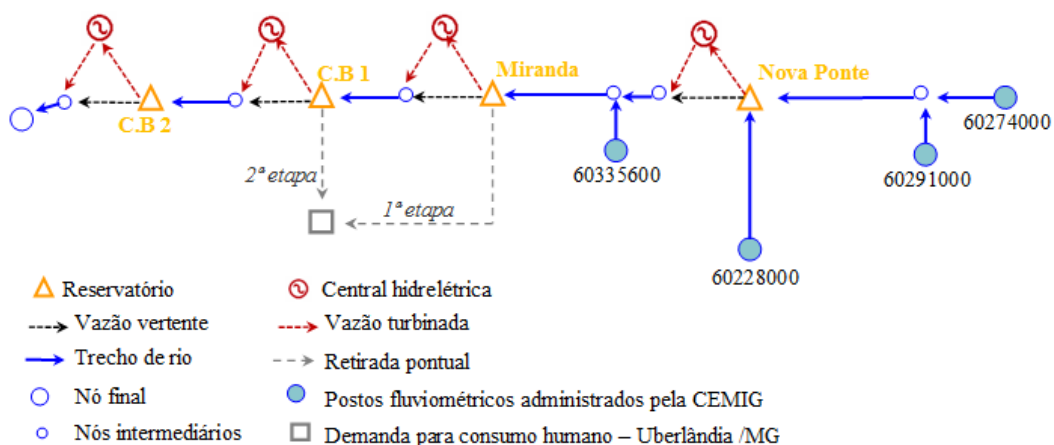


Figura 2 – Esquema do modelo SIMGES utilizado

As vazões pontuais  $Q_i$  para cada afluente e para as contribuições difusas foram estimadas a partir da descarga específica ( $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ ) e aplicação de simples balanço de massa, conforme equação (1), levando-se em consideração postos de monitoramento fluviométricos existentes no curso de água (ver Figura 1), além da quantidade de afluentes existentes no intervalo.

$$Q_i = [(Q_{rio \ a \ jusante} - Q_{rio \ a \ montante}) / \sum A_n] \cdot A_i \quad (1)$$

Na qual:  $Q_{rio\ a\ jusante}$  é a vazão existente no posto de monitoramento a jusante,  $Q_{rio\ a\ montante}$  é a vazão existente no posto de monitoramento a montante,  $A_n$  é a área total entre dois postos de monitoramento sequenciais e  $A_i$  é a área de contribuição do afluente  $i$ . As áreas de contribuições foram obtidas através de uma ferramenta GIS que possibilita a obtenção simultânea da área através do traçado perimetral. Consideraram-se oitos postos de monitoramento fluviométricos, todos administrados pela Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, no qual quatro postos estão localizados diretamente nos afluentes (código 60274000 - rio Quebra Anzol, código 60291000 - rio Capivara, código 60228000 - alto rio Araguari e código 60335600 - rio Claro) e outros quatro postos existentes nas centrais hidrelétricas. Nas centrais hidrelétricas, a vazão a montante de cada barragem e em cada intervalo de tempo, foi obtida através da soma da vazão turbinada com a vazão vertente e com a variação do volume armazenado no intervalo de tempo. Todas as informações e dados necessários foram fornecidos pelo corpo técnico da CEMIG. As simulações foram realizadas em escala mensal no período de outubro de 2006 até setembro de 2011.

A vazão outorgada pela Autarquia Municipal de Água e Esgoto junto ao Instituto de Gestão de Águas Minerais - IGAM para consumo humano em 2006 totalizou 14,77 hm<sup>3</sup>/mês, que corresponde a 2,0 m<sup>3</sup>/s de outorga superficial no ribeirão Bom Jardim e 3,7 m<sup>3</sup>/s no rio Uberabinha. Em função do acentuado crescimento populacional no município de Uberlândia, o potencial hídrico de tais cursos de água em breve serão insuficientes para suprir as demandas. Daí, a captação superficial em reservatório de acumulação para fins hidrelétricos próximo surge como alternativa. Neste caso, utilizando a proximidade do reservatório com as estações de tratamento de água existentes no município como principal critério de seleção, este artigo avaliou a variabilidade da produção hidrelétrica e da vazão turbinada nas quatro centrais hidrelétricas em cascata a partir de captação superficial realizada no reservatório Miranda ou no reservatório Capim Branco 1. As simulações foram realizadas em duas etapas: na primeira etapa, as retiradas pontuais para suprir déficits de abastecimento para consumo humano no município de Uberlândia foram feitas no reservatório de Miranda (ver Figura 2); e na segunda etapa as retiradas foram feitas no reservatório Capim Branco 1 (ver Figura 2). Neste artigo variou-se a vazão pontual retirada entre 40% a 200% da demanda total outorgada em 2006, em intervalos de 40% (5,91 hm<sup>3</sup>/mês até 29,55 hm<sup>3</sup>/mês). Todavia, na determinação da máxima vazão pontual outorgável para captação superficial no reservatório Miranda ou Capim Branco 1 deve-se respeitar limites máximos definidos pelo IGAM. De acordo com o órgão público estadual, independente do trecho de rio, a soma de todas as captções superficiais outorgáveis deve ser de, no máximo, 30% da vazão crítica  $Q_{7,10}$  a fim de garantir uma vazão ecológica mínima e a capacidade de autodepuração do curso de água.

Diversos dados de entrada necessários com relação aos reservatórios e centrais hidrelétricas estão ilustrados na Tabela 1. Outros dados de entrada foram lançados diretamente na ferramenta computacional, tais como: vazão objetivo para cada mês, evapotranspiração para cada mês e dados batimétricos dos reservatórios. De acordo com a Tabela 1, observa-se que o volume reservado em Capim Branco 2 na data de início das simulações era inferior ao volume morto, evidenciando que o mesmo estava ainda em processo de enchimento.

Tabela 1 - Características das centrais hidrelétricas

Características	Nova Ponte	Miranda	CB-1	CB-2
Volume morto (hm <sup>3</sup> )	2412	974,4	228,27	859,63
Volume reservado (hm <sup>3</sup> ) - dia 30/09/2006	11335,6	1066,6	232,7	178,5
Máxima capacidade de armazenamento (hm <sup>3</sup> )	12792	1120	241,13	872,8
Cota base (m)	693,5	620	563	513
Cota mínima de turbinado (m)	775,5	693	623,3	564,7
Coefficiente de energia (GWh/(m <sup>3</sup> .m))	0,002562	0,002533	0,002452	0,002452
Engolimento máximo pela turbina (m <sup>3</sup> /s)	597	640	525	525

## RESULTADOS

A regra de operação de uso múltiplo de água aplicada pelo módulo SIMGES utiliza um algoritmo de otimização de rede de fluxo que objetiva ao mesmo tempo minimizar os déficits e maximizar os níveis líquidos nos reservatórios para demandas como irrigação, consumo humano, produção hidrelétrica, etc. Baseado nesse princípio, a Figura 3 ilustra a variação da vazão turbinada e % de variação da vazão nas quatro centrais hidrelétricas em cascata a partir das retiradas pontuais em Miranda e Capim Branco 1 de 200% da demanda total outorgada em 2006 (29,55 hm<sup>3</sup>/mês). Optou-se por apresentar os resultados apenas para a retirada máxima estudada em função da facilidade na visualização das curvas. Observa-se que, ao longo do período de tempo estudado, as retiradas pontuais causam variações distintas de vazão nas centrais hidrelétricas, com aumento de até 5% da vazão na primeira central hidrelétrica em cascata (Figura 3a) e diminuição de até 3% na última central hidrelétrica (Figura 3d). As análises nas centrais hidrelétricas Nova Ponte (Figura 3a) e Miranda (Figura 3b) mostram que existe aumento de vazão turbinada apenas em situações em que as retiradas pontuais são realizadas na central hidrelétrica logo a jusante. Como exemplo, em Miranda (Figura 3b), existe o aumento de vazão turbinada em até 4% para retirada pontual na central hidrelétrica de Capim Branco 1 e diminuição de até 4% para retirada da própria central hidrelétrica Miranda.

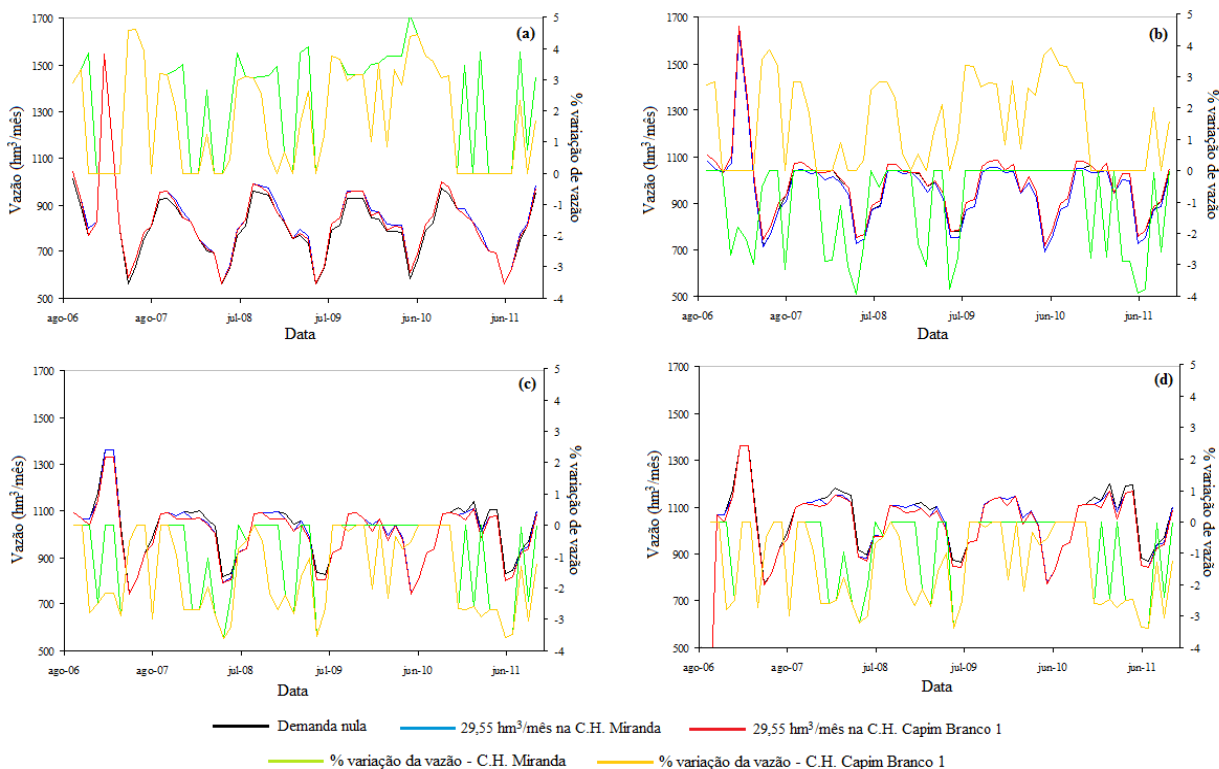


Figura 3 - Variação da vazão turbinada e % de variação de vazão nas centrais hidrelétricas em cascata - retirada pontual em Miranda e Capim Branco 1 de 200% da demanda total outorgada em 2006: (a) Nova Ponte, (b) Miranda, (c) Capim Branco 1 e (d) Capim Branco 2

Para o período de outubro de 2006 até setembro de 2011, para todas as vazões retiradas pontuais simuladas nas centrais hidrelétricas Miranda e Capim Branco 1, a Figura 4 ilustra a variação de produção de energia acumulada para as quatro centrais hidrelétricas em cascata. Para o intervalo de porcentagem da demanda total outorgada em 2006 retirada pontualmente em Miranda observa-se aumento na produção de energia de 30,25 - 149,65 GWh em Nova Ponte, além da diminuição de 26,6 - 116,84 GWh em Miranda, 18,88 - 81,85 GWh em Capim Branco 1 e 16,17 - 70,08 GWh em Capim Branco 2. Para o intervalo de porcentagem da demanda total outorgada em

2006 retirada pontualmente em Capim Branco 1 observa-se aumento na produção de energia de 15,30 - 105,64 GWh em Nova Ponte e de 21,65 - 159,49 GWh em Miranda, além da diminuição de 35,96 - 140,02 GWh em Capim Branco 1 e 29,28 - 112,36 GWh em Capim Branco 2.

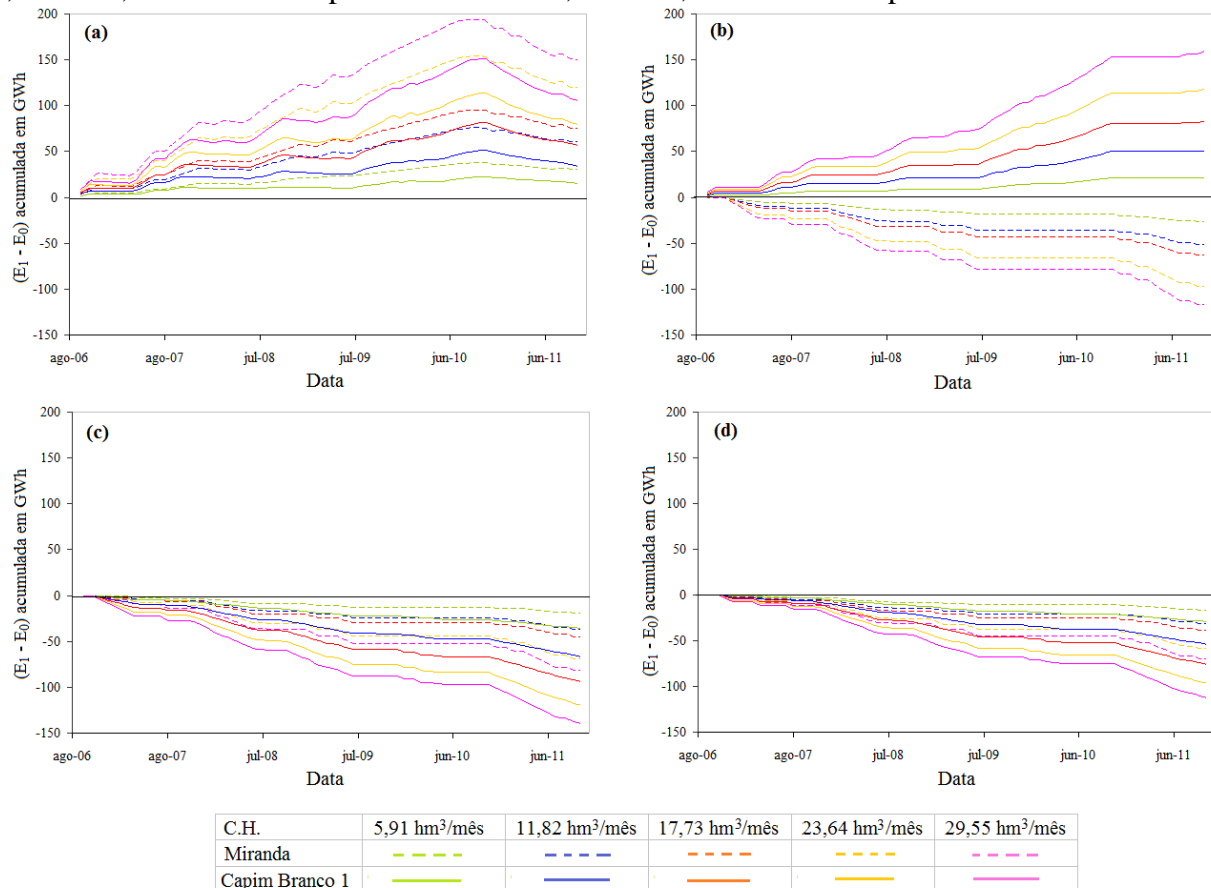


Figura 4 - Produção de energia acumulada nas centrais hidrelétricas em cascata para o intervalo de porcentagem da demanda total outorgada em 2006 retirada pontualmente em Miranda e Capim Branco 1: (a) Nova Ponte, (b) Miranda, (c) Capim Branco 1 e (d) Capim Branco 2. ( $E_1$  é a energia produzida para uma demanda qualquer retirada e  $E_0$  é a energia produzida sem demanda retirada)

De uma forma geral, considerando as quatro centrais hidrelétricas, para todas as retiradas pontuais do intervalo de 40% a 200% da demanda total outorgada em 2006, os déficits de produção de energia sempre foram maiores para as retiradas de Miranda. Em outras palavras, as retiradas em Miranda causam déficits na produção de energia de 3,11 GWh, 21,75 GWh, 39,41 GWh, 88,05 GWh e 131,86 GWh maiores do que em Capim Branco 1, respectivamente, para 40%, 80%, 120%, 160% e 200% da demanda total outorgada em 2006.

## CONCLUSÕES

Independente da vazão pontual retirada para suprir o déficit de demanda de água potável existente no município de Uberlândia, este artigo demonstra que a implantação de captação superficial em Capim Branco 1 proporciona menores perdas de produção de energia no período estudado. Associado a esta análise quantitativa na bacia hidrográfica do rio Araguari, deve-se realizar estudos de qualidade da água a fim de verificar a capacidade de autodepuração e a quantificação da vazão ecológica.

## REFERÊNCIAS

### a) Artigo em revista

CHEN, J.; WU Y. (2012). Advancing representation of hydrologic processes in the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) through integration of the TOPographic MODEL (TOPMODEL) features. *Journal of Hydrology*, v. 420-421, february, p. 319-328.

FAN, C.; KO, C.H.; WANG, W.S. (2009). An innovative modeling approach using Qual2K and HEC-RAS integration to assess the impact of tidal effect on river Water quality simulation. *Journal of Environmental Management*, v. 90, issue 5, april, p. 1824-1832.

FREDERICKS, J.W.; LABADIE, J.; ALTENHOFEN, M. (1998). Decision support system for conjunctive stream-aquifer management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 124, n. 2, p. 69-78.

LIN, K.; ZHANG, Q.; CHEN, X. (2010). An evaluation of impacts of DEM resolution and parameter correlation on TOPMODEL modeling uncertainty. *Journal of Hydrology*, v. 394, issues 3-4, november, p. 370-383.

MCMICHAEL, C.E.; HOPE, A.S.; LOAICIGA, H.A. (2006). Distributed hydrological modeling in California semi-arid shrublands: MIKE SHE model calibration and uncertainty estimation. *Journal of Hydrology*, v. 317, issues 3-4, p. 307-324.

PAPPENBERGER, F. *et al.* (2005). Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observations. *Journal of Hydrology*, v. 302, p. 46-69.

RODRIGUEZ, L.B. *et al.* (2008). Fully conservative coupling of HEC-RAS with MODFLOW to simulate stream-aquifer interactions in a drainage basin. *Environmental Journal of Hydrology*, v. 353, issues 1-2, may, p. 129-142.

XU, X. *et al.* (2012). Integration of SWAP and MODFLOW-2000 for modeling groundwater dynamics in shallow water table areas. *Journal of Hydrology*, v. 412-413, january, p. 170-181.

### b) Software

ARQUIOLA, J.P.; SOLERA, A.S.; ÁLVAREZ, J.A. (2009). Modelo GESCAL para la simulación de la calidad del agua en Sistemas de Recursos Hídricos. Manual de usuario. Versión 1.1. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

KLIPSCH, J.D.; HURST, M.B. (2007). HEC-ResSim Reservoir System Simulation User's Manual Version 3.0, USACE, Davis, CA, 512 p.

LABADIE, J.W.; BALDO, M.L. (2000). MODSIM: decision support system for river basin management: Documentation and user manual. Dept. of Civil Engineering, Colorado State University, Ft. Collins, Colorado.

SOLERA, A. PAREDES, J., ANDREU, J. (2007). AQUATOOLDMA - Entorno de desarrollo de sistemas de ayuda a la decisión en materia de planificación de la gestión de cuencas hidrográficas incluyendo utilización conjunta y criterios de calidad de aguas. Manual de usuario. Versión 1.0. Universidad Politécnica de Valencia, València.