

AVALIAÇÃO DAS DEMANDAS E OFERTAS HÍDRICAS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO USANDO MODELO DE REDE DE FLUXO

Alan Vaz Lopes¹ & Marcos Airton de Sousa Freitas²

RESUMO: Estima-se, atualmente, que existam no Brasil cerca de três milhões de hectares irrigados e algo em torno de 355.000 hectares de área irrigada na bacia do rio São Francisco. Sendo a irrigação considerada um uso consuntivo, grande parte da água empregada fica indisponível para a produção de energia e demais usos. O abastecimento humano, a dessedentação animal e o consumo industrial são também usos consuntivos de grande importância na bacia. Objetiva-se, com este trabalho, desenvolver uma metodologia para avaliação das demandas consuntivas de água (irrigação, abastecimento humano, dessedentação animal e consumo industrial). Os valores encontrados foram utilizados em um modelo de rede de fluxo (AcquaNet) aplicado à bacia do rio São Francisco.

ABSTRACT: Currently, there exist in Brazil about three millions of irrigated hectares and something around 355.000 hectares of irrigated areas in the São Francisco river basin. As irrigation has been considered a consumptive use, great part of derived water turn unavailable for energy production, navigation etc. The human supplying, the animal and industrial consumption are also consumptive uses of great importance in the basin. The objective of this work is to develop a methodology for evaluation of the water demand for irrigation, human supplying, industrial and animal consumption. The joined values had been used in a netflow model (AcquaNet) applied to the São Francisco river basin.

PALAVRAS-CHAVE: usos consuntivos, demanda hídrica, rede de fluxo.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do setor agrícola, impulsionado em grande parte pela crescente demanda por produção de alimentos, gera demanda de água para suprir as necessidades naturais das culturas.

¹ Eng. Civil, M. Sc. (UnB), ANA – Agência Nacional de Águas/SOC. Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco L, 70610-200, Brasília – DF. Tel 61 445-5351. E-mail: vazlopes@ana.gov.br

² Prof. Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Eng. Civil (UFPI), M. Sc. (UFC), Atualmente na ANA – Agência Nacional de Águas, E-mail: masfreitas@ana.gov.br

Com isso, esse setor se configura como um importante usuário de recursos hídricos, cujo comportamento deve ser quantificado para que sejam efetivas as ações de planejamento e gerenciamento.

As necessidades hídricas das culturas variam em função do estágio de crescimento das plantas, do tipo de solo e das condições climáticas da região e são supridas naturalmente pela água proveniente da precipitação, complementadas pela irrigação, quando necessário. Portanto, a irrigação consiste no conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo e no espaço, modificando as possibilidades agrícolas de cada região, no intuito de corrigir ou adequar a distribuição natural das disponibilidades às necessidades das culturas.

Em geral, por se tratar de um uso considerado consuntivo, a irrigação é conflitante com outros usos da água, como a geração de energia elétrica e o consumo humano. A fim de fundamentar a aplicação de instrumentos de gestão de recursos hídricos, é importante a quantificação das demandas hídricas dos diversos setores usuários e, em particular a irrigação.

O consumo humano e a dessedentação animal, apesar de via de regra serem quantitativamente menores do que a irrigação, são em situações de escassez considerados usos prioritários. Para o desenvolvimento de uma região é também de fundamental importância o setor industrial, o qual precisa, indubitavelmente, ter garantia de abastecimento.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo:

1. Propor metodologia de avaliação dos usos consuntivos (irrigação, abastecimento humano, dessedentação animal e consumo industrial) em uma bacia hidrográfica;
2. Avaliar o desempenho da metodologia proposta por meio de sua aplicação à bacia do rio São Francisco.

METODOLOGIA

De modo geral, a metodologia do trabalho seguiu as fases de estimativa de demandas hídricas setoriais por Município, agregação de demandas hídricas por sub-bacia e aplicação do modelo de rede fluxo para avaliação das garantias de atendimento às demandas. Na estimativa das demandas hídricas, foram utilizados dados secundários organizados por Município, unidade territorial básica à qual foram associados os dados.

Estimativa da Demanda Hídrica para Irrigação

A quantidade de água necessária para irrigação é igual à quantidade de água requerida pela cultura, em determinado período de tempo, de modo a não limitar seu crescimento e sua produção

sob as condições climáticas locais, ou seja, é a quantidade de água necessária para atender à evapotranspiração e à lixiviação dos sais do solo (BERNARDO, 1982). Para a correta estimativa da quantidade de água necessária para irrigação em uma bacia hidrográfica é necessária a determinação da área irrigada, da quantidade de água disponível naturalmente por meio da precipitação, da quantidade de água perdida por meio da evapotranspiração, das perdas envolvidas nos sistemas de irrigação e das práticas agrícolas da região.

A área irrigada de uma bacia hidrográfica varia em função da aptidão agrícola da região, dos incentivos e subsídios ao setor agrícola e do mercado de produção de alimentos, entre outros fatores. Portanto, a sua estimativa ou previsão somente é viável a partir de seu monitoramento contínuo via aferição em campo, como pesquisas censitárias, ou via sensoriamento remoto.

Pesquisas censitárias no Brasil têm sido realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, como o Censo Agropecuário, que inclui entre suas variáveis pesquisadas a área irrigada em cada Município. Embora essas informações sejam quantificadas para cada Município, é possível estimar a parcela referente à bacia hidrográfica a partir de relações de áreas.

Do total do volume de água precipitado sobre uma bacia hidrográfica, parte é retido pela cobertura vegetal, parte escoada superficialmente e parte é infiltrado no solo. Esses volumes podem ser quantificados por diversos métodos que buscam simular o comportamento da água durante o seu ciclo hidrológico.

Na quantificação da demanda de água para irrigação, merece importância a quantificação da parcela do volume de água precipitado que é utilizado pelas culturas no atendimento de sua demanda evapotranspirométrica, ou seja, a parcela da precipitação total que não escoada superficialmente e nem percola abaixo da zona radicular da cultura. Essa parcela, denominada precipitação efetiva, pode ser estimada por diversos métodos, dentre os quais o percentual fixo, a precipitação dependente e o método desenvolvido pelo United States Department of Agriculture – USDA, descrito pelas equações 2 (FAO, 1998).

$$P_{ef} = \frac{P_t \cdot (125 - 0,2 \cdot P_t)}{125} \quad P_t < 250 \text{ mm} \quad (2a)$$

$$P_{ef} = 125 + 0,1 \cdot P_t \quad P_t > 250 \text{ mm} \quad (2b)$$

Em que,

P_{ef} = Precipitação efetiva (mm/mês);

P_t = Precipitação total (mm/mês).

A evapotranspiração pode ser definida como a quantidade de água evaporada e transpirada em uma superfície coberta por vegetal, durante um determinado período. A quantidade de água evapotranspirada depende do tipo de cultura, das características do solo e do clima, sendo este último fator predominante sobre os demais. Para a sua quantificação é necessária a determinação de alguns parâmetros como a evapotranspiração potencial, a evapotranspiração real da cultura, o coeficiente da cultura e o coeficiente de molhamento.

A evapotranspiração potencial corresponde a um valor referência de evapotranspiração, obtido em condições padronizadas de cultivo. Diversos métodos são disponíveis para a determinação da evapotranspiração de referência a partir de dados climatológicos, podendo ser citados Thorthwaite e Mather, Hargreaves, Blaney-Criddle e Penman-Monteith, esse último o mais indicado segundo ALLEN et. al (1998). A Evapotranspiração real da cultura refere-se a condições ótimas de umidade e nutrientes no solo, de modo a permitir a produção potencial desta cultura nas condições de campo, e pode ser estimada pela equação 3 (ALLEN et. al, 1998).

$$ETrc = ETo \cdot Kc \cdot Ks \quad (3)$$

Em que,

ETrc = Evapotranspiração real da cultura (mm/mês);

ETo = Evapotranspiração potencial (mm/mês);

Kc = Coeficiente da cultura;

Ks = Coeficiente de molhamento;

Os valores de Kc variam de 0,2 a 1,25 de acordo com o tipo de cultura, estágio de desenvolvimento, comprimento do ciclo vegetativo da cultura e as condições climáticas (BERNARDO, 1982). Quando não se conhece o valor de Kc, é normalmente utilizado um valor igual a 1. Os valores de Ks são determinados em função da umidade do solo, variando de 0 a 1. Em áreas irrigadas, onde a umidade do solo é geralmente mantida próxima à capacidade de campo, pode ser utilizado um valor médio de Ks igual a 0,9.

Os dados de precipitação são convencionalmente coletados em postos pluviométricos que medem a quantidade total de água precipitada em um dia, de forma pontual. Da mesma forma, a evapotranspiração é geralmente determinada a partir de parâmetros físicos e climáticos medidos em estações climatológicas, de forma pontual. Para a quantificação do volume de água precipitado ou evapotranspirado em uma determinada área, é necessário que os dados pontuais sejam espacializados de modo a se estimar valores médios válidos para toda a área em análise.

Valores médios de variáveis climatológicas podem ser obtidos por diversos métodos que se baseiam em relações entre as áreas de influência e distâncias entre postos de coleta de dados. Dentre

esses destacam-se os métodos de Thiessen e das Isoietas. Técnicas de geoprocessamento atuais permitem a aplicação desses métodos com relativa facilidade e eficiência.

O método de Thiessen postula que áreas de influência de cada posto de coleta sejam traçadas em forma de polígonos de modo que em cada área as variáveis climatológicas permanecem constantes. Quando a área em análise pertence a dois ou mais polígonos, o valor médio é determinado com base nas relações entre as áreas que pertencem a cada polígono.

Para quantificação da evapotranspiração e precipitação efetiva, foram utilizados dados pontuais de 18 estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Os dados de evapotranspiração potencial mensal e precipitação total mensal dessas estações foram utilizados na estimativa dos valores médios apresentados na tabela 1, adaptada de LIMA et al. (2001).

Por meio de técnicas de geoprocessamento, os divisores de água da bacia foram traçados e os 504 Municípios que possuem áreas drenadas pelo rio São Francisco foram definidos. Esses Municípios constituíram as unidades às quais foram associados os dados climatológicos e censitários.

Na espacialização dos dados climatológicos foi utilizado o método de Thiessen, aplicado por meio de técnicas de geoprocessamento. Assim, foram obtidos valores médios de evapotranspiração potencial mensal e a precipitação total mensal em cada Município da bacia. Aplicando-se as equações 2 e 3, foram determinados os valores médios de evapotranspiração mensal das culturas e precipitação efetiva mensal em cada Município.

As áreas irrigadas em cada Município foram determinadas a partir dos dados do Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1996). Nos Municípios localizados sobre o divisor de águas da bacia, a área irrigada localizada dentro da bacia foi estimada a partir de relações entre áreas, de acordo com a equação 1. O resultado da soma das áreas irrigadas obtida é apresentada na tabela 1, em comparação a outros estudos.

Tabela 1 – Área irrigada na bacia do rio São Francisco.

Estudo	Área irrigada (ha)
Metodologia proposta	358.854
Plano Nacional de Recursos Hídricos	342.900
Resolução ANA nº 145/2002	333.310
CODEVASF (1999)	333.000

A demanda hídrica para irrigação pode ser estimada pela diferença entre a necessidade das culturas, representada pela altura de evapotranspiração real da cultura, e o suprimento natural de água, representado pela altura de precipitação efetiva. O produto dessa demanda hídrica por uma determinada área irrigada fornece a vazão correspondente à demanda hídrica para irrigação. Em unidades usuais, essa vazão pode ser obtida pela equação 4.

$$Q = \sum_{i=1}^n AI_i \cdot \left(\frac{ETrc - P_{ef}}{Ef \cdot 86,4 \cdot d} \right) \cdot \alpha \quad (4)$$

Em que,

Q = Vazão média mensal necessária para irrigação na bacia hidrográfica (m³/s);

AI_i = Área irrigada do Município i (km²);

d = Número de dias no mês;

n = Número de Municípios na bacia hidrográfica;

Ef = Eficiência do método de irrigação utilizado;

α = Fator de práticas agrícolas, geralmente igual a 0,75.

O fator α busca incorporar o fato de que existem variações anuais das práticas agrícolas decorrentes da alternância entre épocas de plantio e colheita e da quantidade de safras. Assim, a quantidade real de água seria reduzida em decorrência de paralisações na irrigação.

Os métodos de irrigação podem apresentar diferentes níveis de eficiência, a depender da uniformidade de distribuição das lâminas que cada método de irrigação pode gerar, da condição de localização de aplicação das lâminas de irrigação, diferenciada nos diferentes sistemas, das características dos emissores, da interferência das condições climáticas em cada método de irrigação, perdas por interceptação, etc. Dessa forma, a demanda total de água para irrigação é maior do que a realmente aplicada nas culturas.

Estimativa da Demanda Industrial

A demanda hídrica industrial figura entre os usos consuntivos de mais difícil estimativa devido, principalmente, à diversidade de tipologias industriais e padrões de consumo existentes. Em geral, o consumo de água industrial é associado ao nível de atividade industrial, quantificada em produtos produzidos, à quantidade de empregados, ao produto interno bruto industrial e ao consumo de energia elétrica, dentre outros fatores.

Neste trabalho, a demanda hídrica industrial de cada Município é estimada a partir de informações sobre a produção industrial nacional, o consumo de água de cada tipologia industrial, o número de unidades industriais locais existente em cada Estado e o produto interno industrial municipal.

Na estimativa da demanda hídrica industrial nacional foram levantadas 84 tipologias industriais diferentes e suas respectivas produções de bens. A demanda hídrica foi estimada a partir dos consumos padronizados apresentados por ANA (2002) e da produção de bens verificada em

cada topologia (IBGE, 1999). As demandas hídricas de cada Estado que drena áreas da bacia do rio São Francisco foram estimadas com base no número de unidades locais industriais apresentadas por IBGE (1999). As demandas hídricas estaduais foram repartidas por cada Município conforme as parcelas do produto interno bruto industrial verificados em 1985 (IPEA, 1985). Portanto, a demanda hídrica industrial de cada município foi estimada pela equação 5.

$$QI_m = \frac{PIB_m \cdot ULN \cdot \sum_{i=1}^n CU_i \cdot P_i}{PIB_e \cdot UL_e} \quad (5)$$

Em que,

QI_m = Vazão média anual necessária para indústria (m³/s);

PIB_m = Produto Interno Bruto industrial do Município m ;

PIB_e = Produto Interno Bruto industrial do Estado e ;

ULN = Número de unidades locais industriais existentes no território nacional;

UL^e = Número de unidades locais industriais existentes no território estadual;

CU_i = Consumo de água unitário da tipologia industrial i (m³/unid.);

P_i = Produção industrial anual (unid.);

Estimativa da Demanda Animal

Na estimativa da demanda hídrica animal de cada Município foram utilizados os dados levantados e organizados pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2002). Nesse estudo, as demandas hídricas foram estimadas a partir do efetivo de rebanhos existentes em cada Município (IBGE, 2000) e dos consumos padronizados por cabeça extraídos da literatura especializada.

Estimativa da Demanda Humana

Na estimativa da demanda hídrica humana de cada Município, também, foram utilizados os dados levantados e organizados pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2002). Nesse estudo, as demandas hídricas foram estimadas a partir da população rural e urbana residente em cada Município (IBGE, 2000) e dos consumos *per capita* padronizados em cada estado, extraídos da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000).

Agregação das Demandas nas Sub-bacias.

As demandas hídricas estimadas foram agregadas nas sub-bacias a montante dos principais reservatórios bacia do rio São Francisco. Para tanto, foram quantificadas por meio de técnicas de geoprocessamento, as parcelas das áreas de cada Município dispostas sobre cada sub-bacia, aplicando-se a equação 6.

$$QD_b = \sum_{m=1}^M \frac{AB_{mb}}{AT_m} \cdot QD_m \quad (5)$$

Em que,

QD_b = Vazão média de demanda localizada dentro da sub-bacia b (m^3/s);

QD_m = Vazão média de demanda do Município m (m^3/s);

AB_{mb} = Área do Município m dentro da sub-bacia b (km^2);

AT_m = Área total do Município m (km^2).

APLICAÇÃO À BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

O rio São Francisco nasce na Serra da Canastra, na região central do Estado de Minas Gerais, a cerca de 1480 m de altitude. Após percorrer cerca de 2.700 km e atravessar 7 Estados, deságua no Oceano Atlântico com vazão média de longo termo de 2.800 m^3/s . A bacia do rio Francisco possui cerca de 640.000 km^2 e estende-se pelos Estados de Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. As vazões específicas são altas na região de Minas Gerais e decrescem abruptamente de montante para jusante. Dentre os usos principais destaca-se a irrigação, a geração de energia e o abastecimento público.

Avaliação da Demanda Hídrica para Irrigação

A demanda para irrigação foi estimada a partir da aplicação da equação 4, utilizando-se os dados climatológicos médios e os dados censitários de cada Município. A vazão total demandada foi obtida pela soma das vazões em cada Município, nos trechos alto, médio e baixo São Francisco. A distribuição temporal e espacial da demanda é apresentada na figura 1, considerando-se o fator α igual a 0,75 e a eficiência média de 65% em toda a bacia.

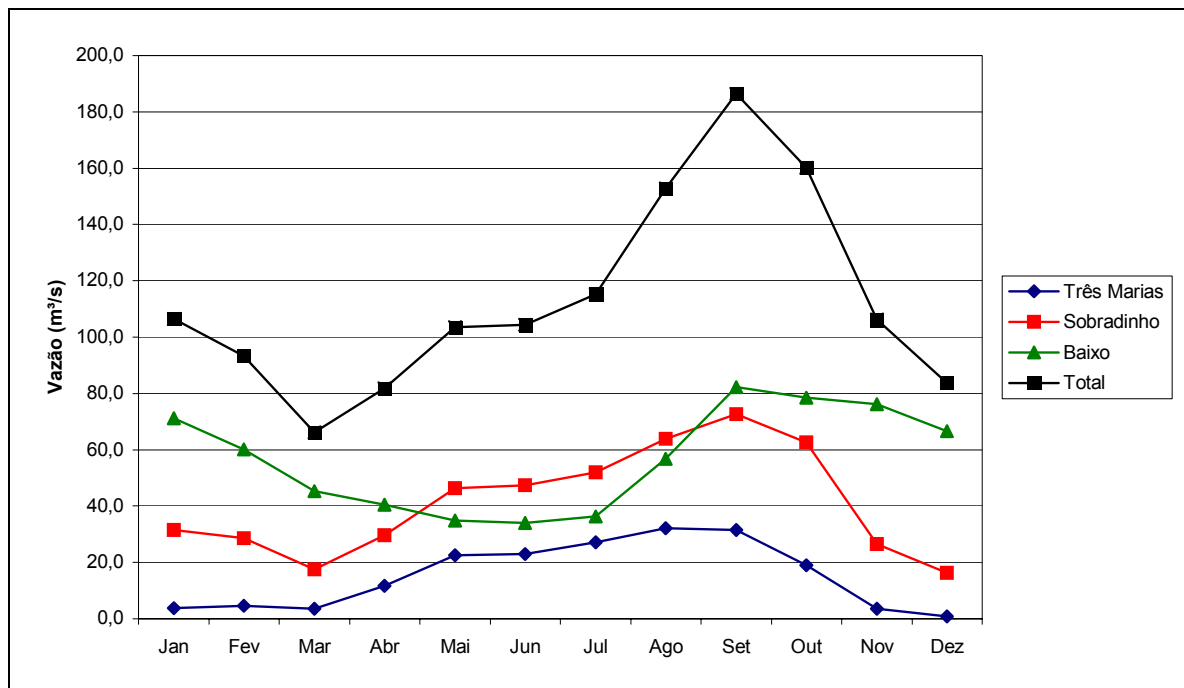


Figura 1 – Distribuição temporal da demanda para irrigação.

Como mostra a figura 1 a distribuição temporal e espacial da demanda na bacia seguem comportamentos bem definidos. Verifica-se que, na maior parte do tempo, a demanda no trecho baixo é a de maior magnitude, embora nos meses de maio a agosto o trecho médio apresente demandas superiores. Por outro lado, enquanto as maiores demandas no alto São Francisco ocorrem de julho a setembro, no trecho baixo, ocorrem de setembro a novembro. Em toda a bacia, a demanda máxima atinge 186,4 m³/s em setembro e a mínima atinge 66,2 m³/s em março. Os consumos variam de 0,18 L/s/ha no mês de março a 0,52 L/s/ha no mês de setembro.

A figura 2 busca avaliar a sensibilidade da demanda aos fatores α e E_f . Percebe-se que, para uma determinada eficiência média na bacia, as práticas agrícolas possuem grande influência sobre a demanda. Por outro lado, para um determinado fator α , melhorias na eficiência dos métodos de irrigação podem reduzir as demandas hídricas de forma significativa. Todavia, quanto menor o fator α , menor é a variação da demanda em decorrência de alterações na eficiência dos métodos.

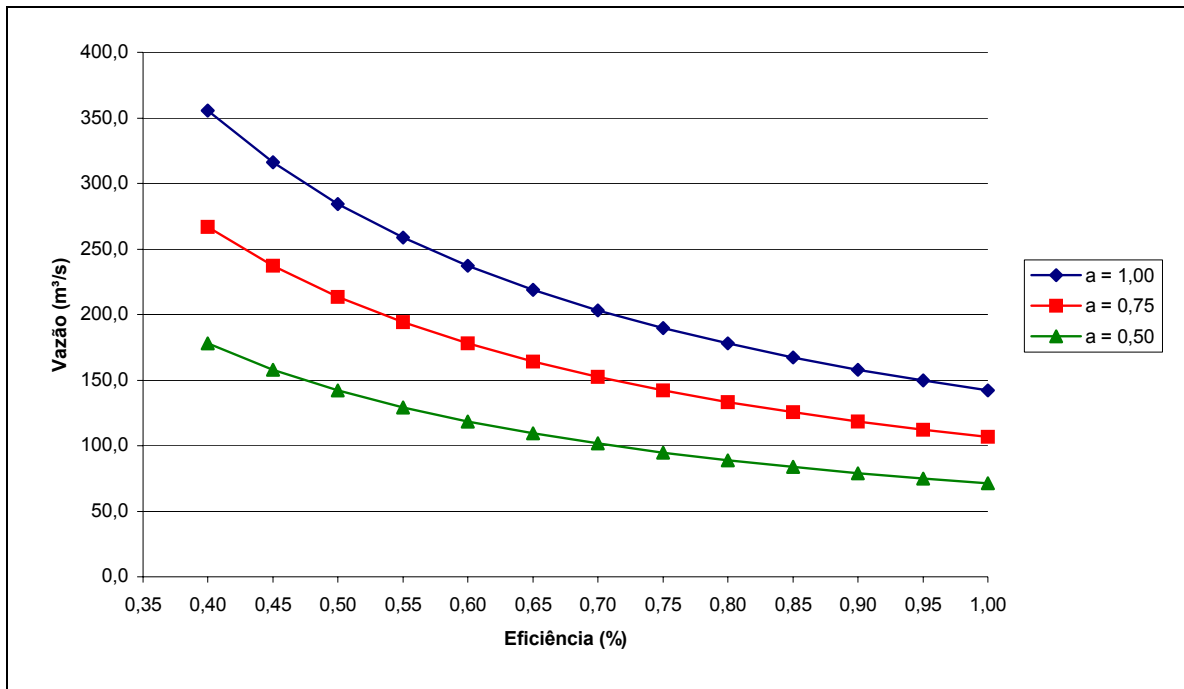


Figura 2 – Sensibilidade da demanda hídrica ao fator α e à eficiência do método de irrigação.

Avaliação das Demanda Hídricas

Na figura 3 são apresentadas as demandas hídricas por setor usuário ao longo do ano e na figura 4 são apresentadas as demandas hídricas, por setor usuário, em cada sub-bacia. Na figura 5 encontram-se a demanda hídrica total (m^3/s) em cada sub-bacia.

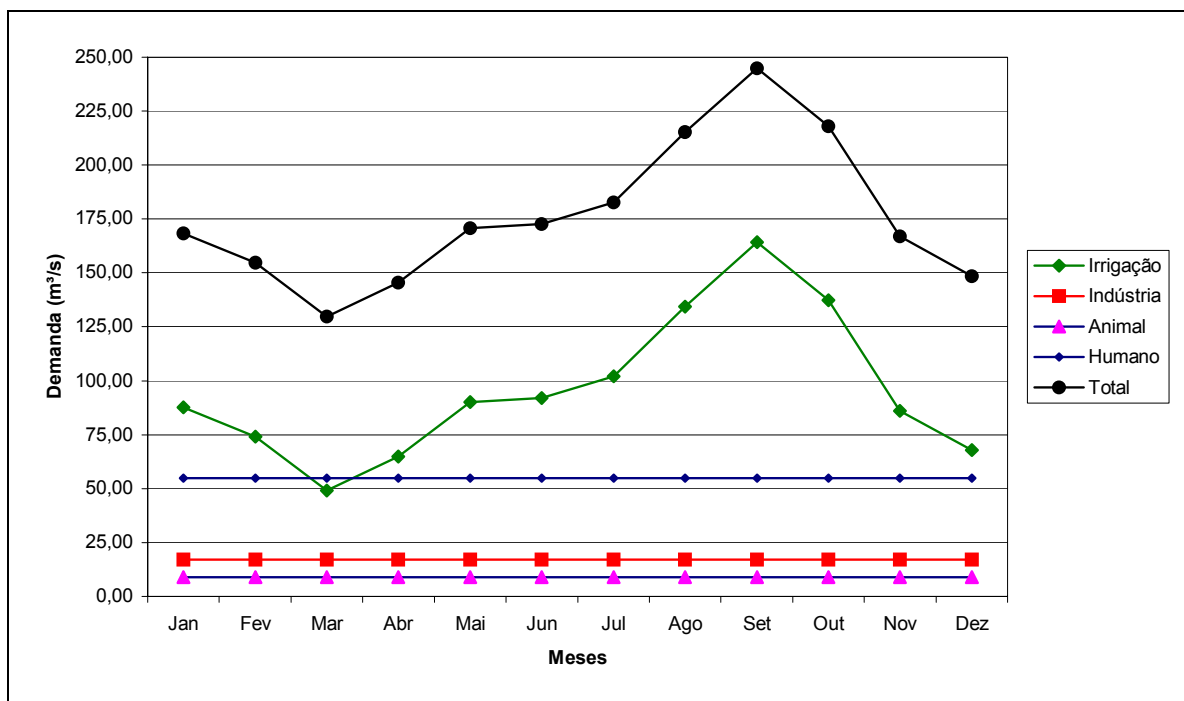


Figura 3 – Demanda hídrica por setor usuário (m^3/s)

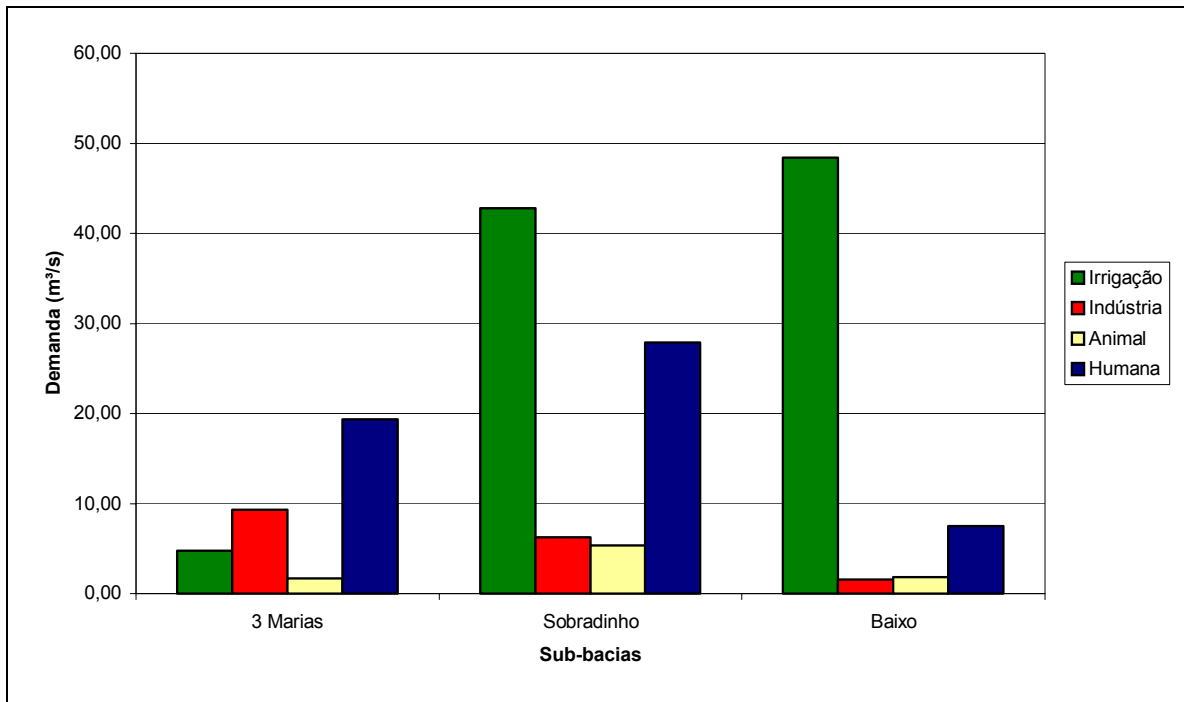


Figura 4 – Demanda hídrica por setor usuário (m³/s) em cada sub-bacia.

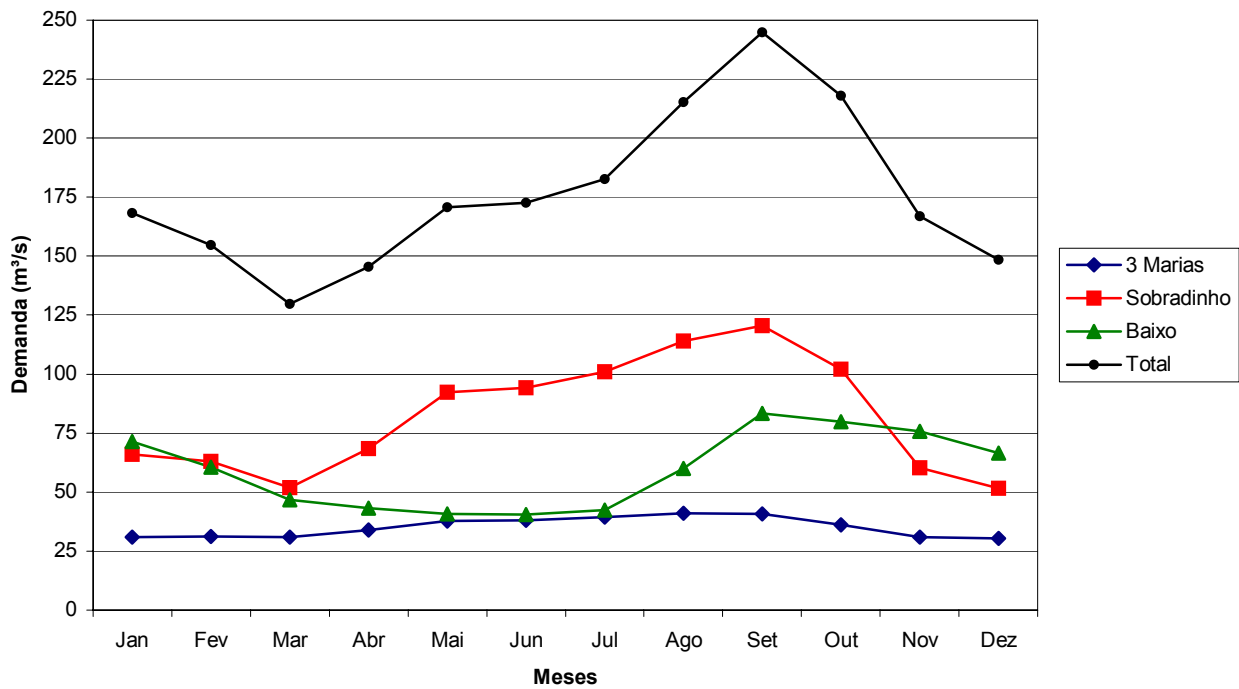


Figura 5 – Demanda hídrica total (m³/s) em cada sub-bacia.

APLICAÇÃO DO MODELO DE REDE DE FLUXO (ACQUANET)

O AcquaNet é um modelo de rede de fluxo para simulação de bacias hidrográficas. Com ele, o usuário pode montar redes com um grande número de reservatórios, demandas e trechos de canais (da ordem de alguns milhares), representando o problema em estudo de forma bastante detalhada.

O princípio básico para utilização do AcquaNet é que a maior parte do sistema físico pode ser representado como uma rede de fluxo “capacitada”. O termo “capacitada” refere-se à existência de limites restritos em cada arco e a satisfação do equilíbrio de massa em cada nó. Os componentes do sistema são representados nas redes como nós, tanto de volume (ex: reservatórios) e não volume (ex: confluências fluviais, pontos de derivação, pontos de entrada e pontos de demanda) e arcos ou “elos” (ex: canais, adutoras e trechos naturais de rio).

Na aparência, o AcquaNet é bastante semelhante ao modelo ModSimP32 desenvolvido pelo LabSid da Escola Politécnica da USP. Entretanto, os dois modelos são completamente diferentes quando se considera o funcionamento e o armazenamento/leitura de dados e resultados. O ModSimP32 funciona com arquivos próprios e é completamente responsável pela criação e atualização destes arquivos. Já o AcquaNet armazena todos os dados e resultados em Bancos de Dados no formato do Microsoft Access e aproveita a estrutura e a funcionalidade possibilitada pela utilização de arquivos neste formato.

Para a aplicação do modelo à bacia do rio São Francisco foram utilizados os dados do SIPOT (2001) – Sistema de Informação do Potencial Hidrelétrico Brasileiro. As séries de vazões afluente aos reservatórios estendem-se de 1931 a 2001.

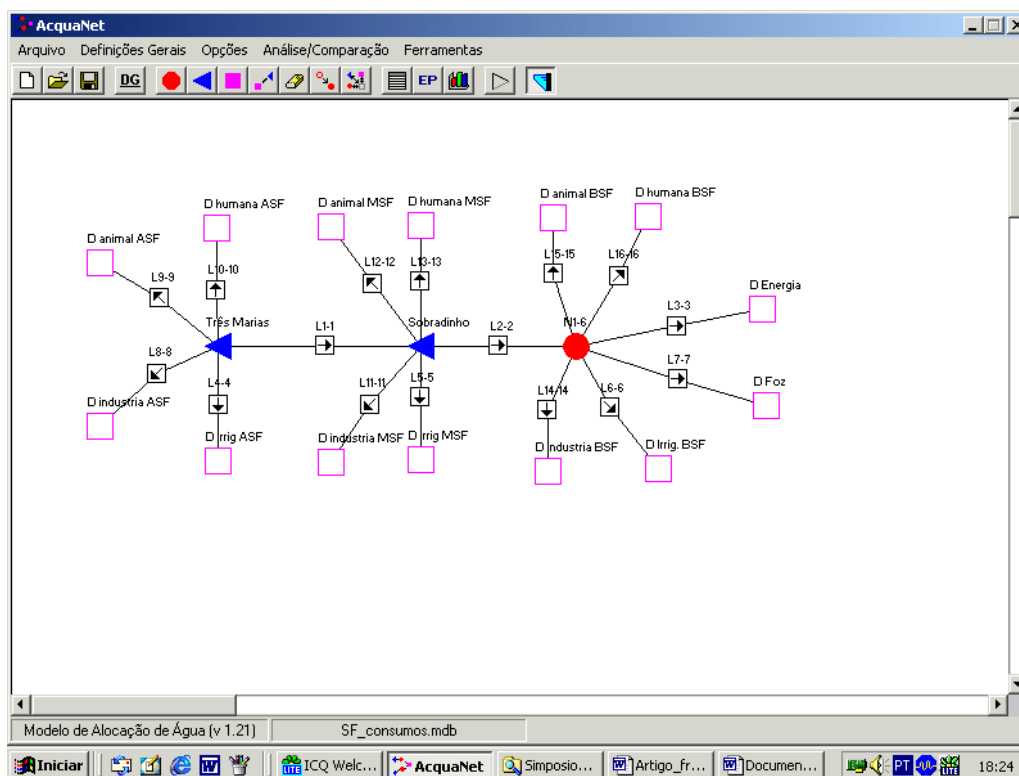


Figura 6 – Modelo esquemático da bacia do rio São Francisco.

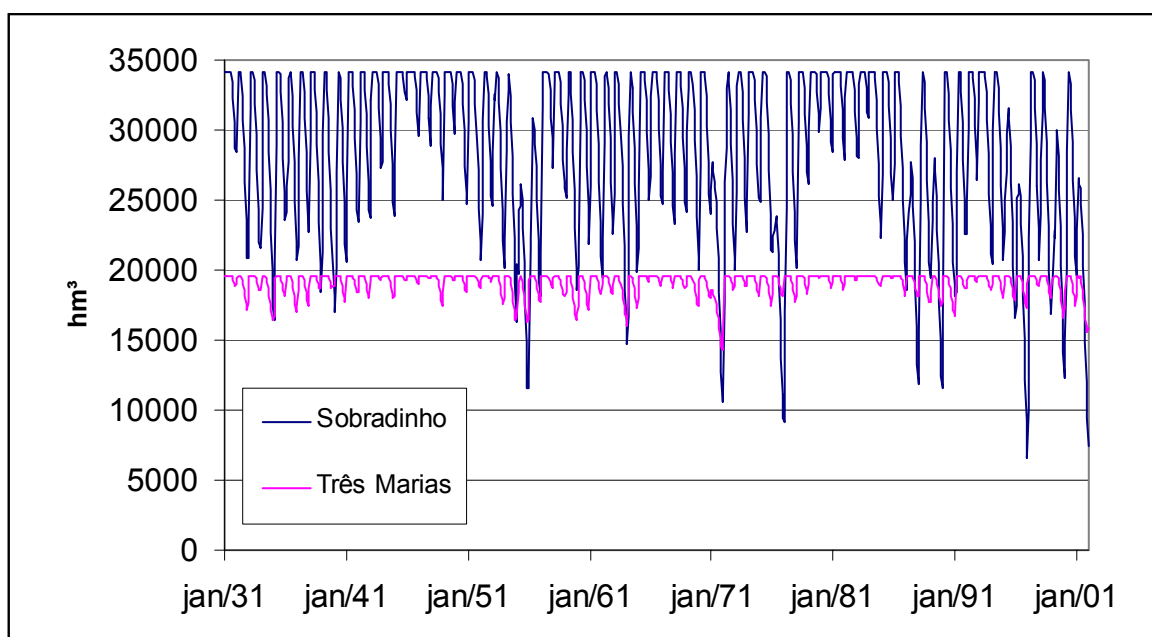


Figura 7 – Variação dos volumes nos reservatórios Três Marias e Sobradinho.

Na figura 6 encontra-se o modelo esquemático da bacia do São Francisco empregado no AcquaNet. A figura 7 apresenta a variação dos volumes dos reservatórios Três Marias e Sobradinho para o período simulado (janeiro de 1931 a dezembro de 2001).

Tabela 2: Percentual de falha de atendimento e vazão média fornecida às demandas.

Demanda	Trechos	% Falha	Vazão média fornecida (m³/s)
Animal	Nascente – Três Marias	0,00	1,71
	Três Marias – Sobradinho	0,00	5,32
	Sobradinho – Foz	0,00	1,80
Humana	Nascente - Três Marias	0,00	19,36
	Três Marias - Sobradinho	0,00	27,87
	Sobradinho - Foz	0,00	7,47
Indústria	Nascente - Três Marias	0,00	9,33
	Três Marias - Sobradinho	0,00	6,29
	Sobradinho - Foz	0,00	1,53
Irrigação	Nascente - Três Marias	0,00	4,74
	Três Marias - Sobradinho	0,00	42,65
	Sobradinho - Foz	0,00	48,42
Vazão firme		0,00	1.649,11
Vertimento Sobradinho		99,65	687,74

Na tabela 2 são apresentados o percentual de falha de atendimento e a vazão média fornecida às demandas. Verifica-se que todas as demandas são atendidas em todo o período de simulação. Além das demandas identificadas o reservatório de Sobradinho consegue suprir uma vazão firme de 1649 m³/s.

CONCLUSÕES

A irrigação representa o uso consuntivo de recursos hídricos mais representativo no cenário nacional, caracterizado pelas baixas taxas de retorno de água aos mananciais e grande magnitude das vazões captadas. Em geral, a instalação de projetos de irrigação corrobora para a existência ou intensificação de conflitos com outros usuários pelo uso da água, em particular o setor elétrico e de navegação. Nesse sentido, são importantes a elaboração e a consolidação de metodologias claras e eficazes de estimativa da demanda hídrica para irrigação.

A metodologia aqui descrita permite a quantificação e avaliação da demanda hídrica para irrigação a partir de dados climatológicos e censitários, bem como suas distribuições temporal e espacial. A espacialização de dados e sua associação aos Municípios existentes na bacia permitem a ligação entre a unidade de coleta de dados geralmente utilizada por órgãos governamentais, periodicamente atualizada, e a unidade física onde estão localizadas as demandas e são avaliadas as disponibilidades hídricas. Por outro lado, o efeito de parâmetros que representam as práticas agrícolas regionais (α) e a eficiência dos métodos (E_f) pode ser convenientemente analisado.

O modelo de rede de fluxo AcquaNet mostrou-se adequado na avaliação do desempenho dos reservatórios no atendimento às demandas. No cenário atual verificou-se que as demandas podem ser supridas integralmente, sem esvaziamento dos reservatórios da bacia.

Recomenda-se que sejam feitos estudos para a avaliação da evolução temporal das demandas e o planejamento de alocações futuras de usos da água na bacia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, G. R., PEREIRA, L. S., RAES, D. E SMITH, M. FAO Irrigation and Drainage Paper nº 56 – Crop Evapotranspiration, 1998.

ANA - Agência Nacional de Águas. Plano Nacional de Recursos Hídricos – Documento Base de Referência. Superintendência de Planejamento. Brasília, DF, 2002.

ANA. Manual de Procedimentos para Outorga de Uso da Água na Indústria e Mineração. Regularização dos Usos da Água na Bacia do rio Paraíba do Sul. Relatório Revisado. Superintendência de Outorga. Brasília, DF, 2002.

AZEVEDO, L. G. T., PORTO, R. L. Modelos de Simulação e de Rede de Fluxo, In: Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos, ABRH/EUFRGS, 2000.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa. 2ª ed. Viçosa, MG, 1982.

CODEVASF. Inventário de Projetos - Terceira Edição Revista e Atualizada. Ministério da Integração Nacional. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Brasília, DF, 1999.

FAO. Manual do CropWat 4 Windows Version 4.3, 1998.

IBGE. Censo Agropecuário, 1996.

IBGE. Censo Demográfico, 2000.

IBGE. Cadastro Central de Empresas. Brasília, DF, 1999.

IPEA. (<http://www.ipea.gov.br>), 2003.

LABADIE, J.W., AZEVEDO, L.G.T., PORTO, R.L. – MODSIM Modelo de Rede de Fluxo para Simulação de Bacias Hidrográficas, Manual do Usuário e Estudos de Casos, setembro de 1999.

LIMA, J. E. F. W., FERREIRA, R. S. A. E CRUZ, H. P. Metodologia de Estimativa da Redução da Capacidade de Geração de Energia Devido ao Uso da Água para Irrigação: O Caso da Bacia do Rio São Francisco. IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento das Águas, SRH/MMA/ABRH, Foz do Iguaçu, PR, 2001.

SIPOT - Sistema de Informação do Potencial Hidrelétrico Brasileiro, 2001.