



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

UM SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS: UM ESTUDO DE CASO DOS AÇUDES DE BOQUEIRÃO E ACAUÃ

Vladimir Costa de Alencar¹; José Carlos Mota²; Wilson Fadlo Curi³;
Carlos de Oliveira Galvão⁴

RESUMO

A sustentabilidade tem sido considerada como um requisito indispensável para a preservação da vida em nosso planeta de forma digna para as futuras gerações. Desta forma, a sustentabilidade tornou-se o objetivo principal de diversos órgãos e instituições que lidam com os recursos naturais. Portanto, este projeto de pesquisa teve como objetivo desenvolver um sistema de suporte a decisão para facilitar a tomada de decisão a respeito do gerenciamento de recursos hídricos que podem ser alocados para os diversos usos: consumo humano, industrial e irrigação. O modelo deste projeto envolveu dois reservatórios denominados de Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) e Açude Argemiro Figueiredo (Acauã) e cada um desses reservatórios possui um perímetro irrigado, uso consultivo de água e a necessidade de vazões regularizadas. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que o software desenvolvido atende a qualquer sistema hídrico que possua um ou mais reservatórios e um ou mais perímetros irrigados que podem alocar áreas ótimas para diversos tipos de culturas irrigadas, além de efetuar o gerenciamento de vazões dos reservatórios.

Palavras-chave: sustentabilidade hídrica, otimização, simplex, vazão regularizada.

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF WATER: A CASE STUDY OF BOQUEIRÃO AND ACAUÃ

ABSTRACT

Sustainability has been considered an indispensable requisite for the preservation of life on our planet with dignity for future generations. Thus, sustainability has become the main objective of several organs and institutions which deal with natural resources. So, this research project had as its objective the development of a decision support system facilitate decision-making in relation to the management of water resources, which can be allocated for several uses: human and industrial consumption, and irrigation. The model of this project involved two reservoirs called Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) and Açude Argemiro Figueiredo (Acauã) and each one has an irrigated perimeter, consultative use of water and the need for regular drainage. According to the results obtained, it was concluded that the software developed serves for any water system which has one or more reservoirs and one or more irrigated perimeters which can allocate excellent areas for several types of irrigated cultivars, aside from performing reservoir flow management.

Keywords: sustainable hydropower, optimization, simplex, regularized flow.

Trabalho recebido em 13/10/2008 e aceito para publicação em 14/11/2008.

¹ Professor MSc da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e aluno de doutorado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Endereço para correspondência e-mail: valencar@gmail.com;

² Professor MSc da UEPB e aluno de doutorado em Recursos Naturais da UFCG, e-mail: jcarlosmota10@gmail.com;

³ Professor PhD da UFCG e Pesquisador do CNPQ, e-mail: wfcuri@hotmail.com.br;

⁴ Professor Doutor da UFCG e Pesquisador do CNPq, e-mail: galvão@dec.ufcg.edu.br.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos naturais têm sido usados extensivamente e intensivamente de forma desordenada nos últimos tempos. A sustentabilidade tem sido considerada como o requisito indispensável para a preservação da vida em nosso planeta de forma digna para as futuras gerações. Para o gerenciamento de um recurso ambiental, deve-se levar em consideração o planejamento que pode ser de curto prazo (5 anos), médio prazo (10 anos) e longo prazo (20 anos) (SILVA, 2005). Os cientistas de diversos países estão constantemente realizando estudos sobre o aquecimento global e logo se detecta que a sustentabilidade é o fator preponderante e imprescindível para evitar a escassez dos recursos naturais.

O governo, a indústria, as Organizações Não Governamentais (ONG's) e a sociedade civil de uma maneira em geral vêm se mobilizando para um melhor planejamento e gerenciamento desses recursos, principalmente os recursos hídricos que apresentam muita disponibilidade em determinados pontos do planeta e escassez em outros. De acordo com TUCCI (2004), um reservatório visa à acumulação de água objetivando a formação de reserva nos períodos de excesso de água e uso das reservas

previamente formadas nos subperíodos de escassez.

No caso de culturas vegetais (agricultura) o cultivo, o tipo de solo e a disponibilidade de água devem ser levados em consideração no planejamento e gerenciamento das futuras culturas a serem plantadas, fazendo-se necessário um estudo de qual cultivo tem maior rendimento e lucratividade em função do solo e da disponibilidade de água em uma determinada região, preocupando-se também com a rotação das culturas para evitar a perda da qualidade do solo. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema computacional de suporte a decisão que utiliza o processo de otimização com a finalidade de maximizar o lucro líquido oriundo de agricultura irrigada nos dois perímetros, garantir água para o abastecimento urbano e industrial, atender um mínimo de vazão regularizada a jusante dos dois reservatórios e garantir a sustentabilidade hídrica do sistema.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização das áreas de estudo

a) Reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão)

O reservatório denominado de açude público Epitácio Pessoa, ou como é mais conhecido por açude de Boqueirão,

encontra-se geograficamente localizado entre as coordenadas 07°28'4'' e 07°33'32'' de latitude sul, 36°08'23'' e 36°16'51'' de longitude oeste, a 420m de altitude (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963), no município de Boqueirão, estado da Paraíba, próximo ao limite entre as regiões do alto e do médio curso do Rio Paraíba, trata-se de um reservatório situado em plena região semi-árida, na região dos Cariris Velhos, na Paraíba. A bacia hidráulica se estende pelos municípios de Boqueirão (alto/médio Paraíba), Barra de São Miguel (alto Paraíba) e Cabaceiras (sub-bacia do Rio Taperoá) (Figura 1).

Trata-se de um reservatório de grande importância sócio-econômica na região polarizada pela cidade de Campina Grande, cuja população é aproximadamente 371.060 habitantes (IBGE, 2008), situada no Estado da Paraíba, além de ser responsável pelo abastecimento desta cidade e de todo o compartimento da Borborema, abrangendo uma população aproximada de 506.734 habitantes (PERH-PB, 2006).

A contribuição do fluxo para Boqueirão (Figura 2) vem principalmente das sub-bacias do Alto Paraíba e do Taperoá. Os cursos de águas naturais que cortam a região em estudo e que beneficiam de alguma forma o solo e a produção agropecuária da região são os

seguintes: Rio Paraíba, Riacho do Marinho Velho, Riacho da Perna, Riacho dos Canudos, Riacho da Ramada, Riacho da Relva e Riacho do Feijão.

A capacidade de acumulação deste açude vem diminuindo ao longo do tempo devido ao assoreamento de sua bacia hidráulica, a bacia de contribuição cobre uma área de 12.410 km², sendo atualmente a sua capacidade de acumulação de aproximadamente 411.686.287 m³ na cota 361 (SEMARH, 2004; DNOCS, 2008). Originalmente, o açude tinha seu uso previsto para: perenização do rio Paraíba, geração de energia elétrica, abastecimento d'água, irrigação, piscicultura e turismo. Os projetos de piscicultura e turismo aconteceram em pequena escala, enquanto os demais não foram implantados, apenas o abastecimento d'água. Atualmente, a principal destinação de suas águas é para o abastecimento humano e possui os seguintes sistemas adutores: Sistema Campina Grande, Sistema Adutor do Cariri e Sistema Canudos (desativado atualmente).

O Sistema Adutor de Campina Grande engloba as seguintes localidades: Campina Grande, Barra de Santana, Queimadas, Caturité, Pocinhos, Galante e São José da Mata.

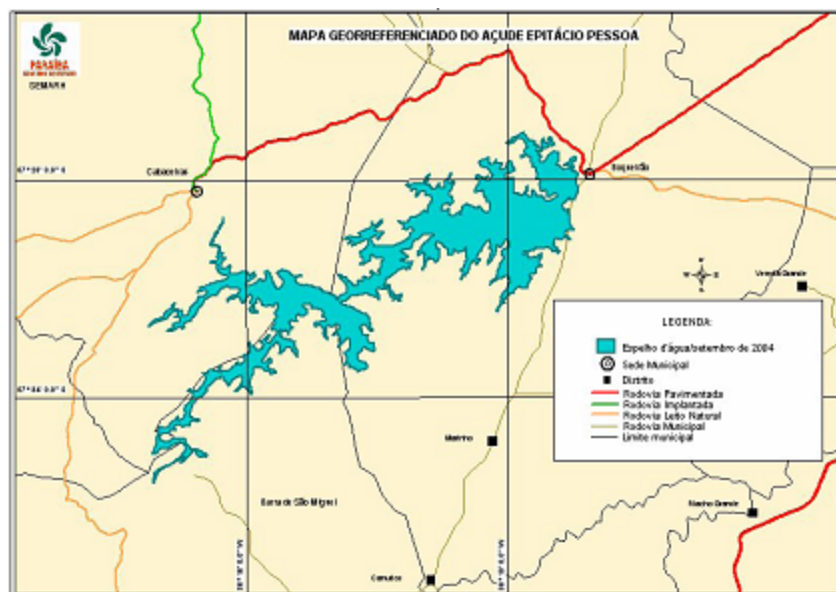


Figura 1. Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), espelho d'água correspondente à cota 377,55 em setembro/2004 (SEMARH, 2004).



Figura 2. Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão (Maio de 2008)

Já o Sistema Canudos é composto por: Riacho de Santo Antônio e Canudos. Por fim, o Sistema Adutor do Cariri abrange os seguintes municípios: Boa Vista, Soledade, Jazeirinho, Seridó, São Vicente do Seridó, Pedra Lavrada, Cubatí,

Boqueirão, Cabaceiras e Olivedos (ARAGÃO, 2008).

- Demandas de Abastecimento humano e Irrigação

A demanda estimada/medida de água bruta do açude Boqueirão é de $1,18 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

(média anual) (CAGEPA, 2007). O perímetro irrigado de Boqueirão compreende uma área de aproximadamente 900 ha, situado em torno do perímetro do açude, conforme visto na Figura 3 (AIAB, 2008; VIEIRA, 2008).

No perímetro irrigado de Boqueirão (Figura 4), existem cadastrados 186 irrigantes, totalizando uma área de aproximadamente 900 ha (DNOCS, 2008; EMATER, 2008), com um volume demandado para irrigação de aproximadamente $0,28 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. A área abrange os lados direito e esquerdo do açude. As principais culturas utilizadas são: tomate, pimentão, feijão, repolho, banana, cebola, goiaba, mamão, limão e hortaliças (alface, coentro). As práticas utilizadas de irrigação são: o gotejamento (utilizado o pote-de-barro), micro-aspersão e sulcos.

b) Reservatório Argemiro Figueiredo (Acauã)

O açude Argemiro Figueiredo, conhecido popularmente por Acauã, localiza-se nas coordenadas $7^{\circ}27'7''\text{S}$ de latitude e $35^{\circ}34'22''\text{W}$ de longitude, no município de Itatuba e possui capacidade máxima de 253 milhões de metros cúbicos. Tem como finalidade de construção o aproveitamento hidroagrícola e o abastecimento de água potável aos

municípios da região da sua área de abrangência, principalmente a cidade de Campina Grande, que rotineiramente, vinha sofrendo com o racionamento de água para o consumo (ARAGÃO, 2008).

O reservatório de Acauã visa o abastecimento urbano de cidades localizadas na bacia do Médio Curso do rio Paraíba entre elas, Campina Grande, Itabaiana, Salgado de São Felix, Natuba e Itatuba, dando suporte ao reservatório de Boqueirão, com a vazão regularizada por Acauã, através de adutora. Porém, é importante ressaltar a necessidade de cuidados especiais com os controles da qualidade da água bruta de Acauã, do processo de potabilização e da qualidade da água distribuída à população.

- Demandas de Abastecimento humano e Irrigação

O reservatório de Acauã abastece a cidade de Itatuba, desde o mês de julho de 2007, que tem uma população de, aproximadamente, 9.841 habitantes (IBGE, 2008), além de servir de suporte hídrico para a cidade de Campina Grande, com população estimada de 371.060 habitantes (IBGE, 2008). No perímetro irrigado de Acauã, foi considerada uma área de aproximadamente 500 ha, situado em torno do perímetro do açude.

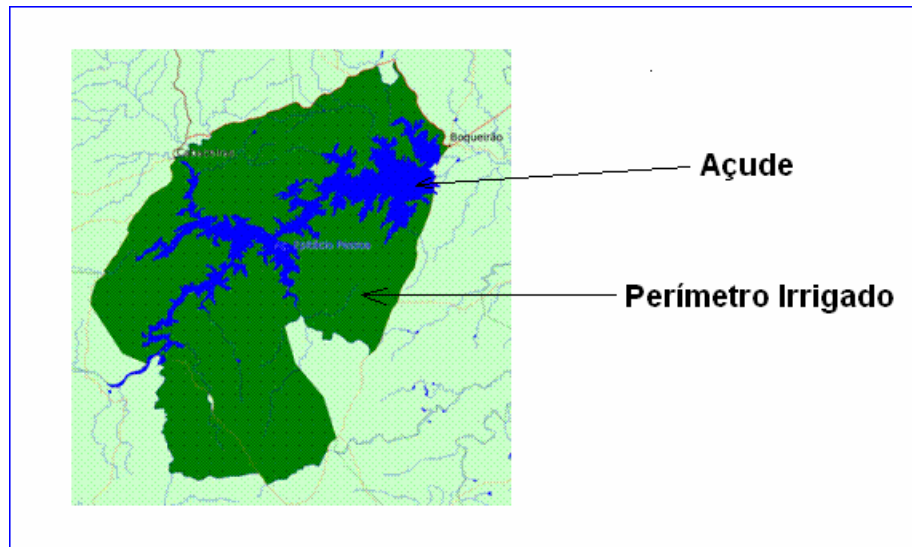


Figura 3. Perímetro irrigado e açude Boqueirão.



Figura 4. Perímetro Irrigado de Boqueirão (cultura: repolho, maio de 2008)

2.2. Construção do Sistema de Suporte a Decisão

O sistema de suporte a decisão aqui desenvolvido utiliza técnicas de análise de sistemas e pesquisa operacional para produzir cenários que apoiem a tomada de decisão (GALVÃO, 1999). Um sistema de suporte a decisão (DSS) conforme PORTO

& AZEVEDO (2002) e SOUZA FILHO (2001) é um sistema computacional que tem como objetivo auxiliar o homem na utilização de informações e modelos para a tomada de decisão (um DSS possui os seguintes módulos: base de dados, base de modelos, base de conhecimento e o modelo de diálogo), conforme Figura 5.

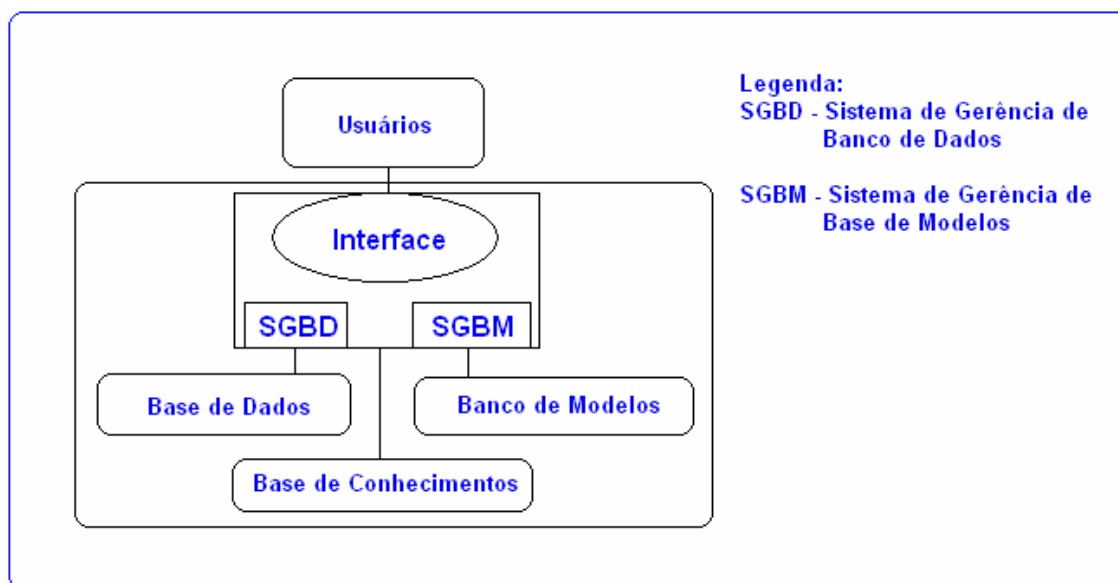


Figura 5. Sistema de suporte a decisão.

Logo, o modelo matemático utilizado para este projeto é um modelo de programação linear que envolve matrizes de equações lineares e para resolver estes sistemas foi utilizado o método simplex que é um procedimento algébrico suficientemente genérico para a obtenção do valor ótimo (PORTO & AZEVEDO, 2002).

Para este estudo de caso, o sistema desenvolvido utiliza um modelo que envolve dois reservatórios (Boqueirão e Acauã) e cada um desses reservatórios possui um perímetro irrigado, de acordo com a Figura 6.

O reservatório de Boqueirão tem a incumbência de abastecer a região industrial local e o abastecimento doméstico. Para o experimento deste

projeto foi fornecida uma capacidade de vazão de $0,38 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para irrigar o perímetro de Boqueirão que possui uma área máxima de 900 ha e foram selecionadas as seguintes culturas: tomate, pimentão, feijão, repolho e banana com as seguintes restrições para as culturas do tomate, do pimentão, do feijão, do repolho e da banana, os quais devem ter uma área máxima plantada de 360 ha, 270 ha, 288 ha, 126 ha e 450 ha respectivamente. O requerimento de água máximo foi estipulado em $2,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ e para cada uma das culturas têm-se os seguintes dados: tomate $936 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, pimentão $936 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, feijão $1474,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, repolho $1474,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, e banana $1474,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Dados dos perímetros de Boqueirão.

Culturas	Áreas (ha)	Preço de Venda (R\$/kg)	Produção (kg/ha)	Custo de Produção (R\$/ha)	Requerimento de água (m ³ /ha.mês)	Área Máxima (ha)	Prec. Venda * Produção - Custo
Tomate	Área1	1,50	50.000,00	9.695,00	936,00	360,00	65.305,00
Pimentão	Área2	1,67	20.000,00	5.726,00	936,00	270,00	27.614,00
Feijão	Área3	1,00	1.800,00	1.432,00	1.474,40	288,00	368,00
Repolho	Área4	2,00	25.000,00	4.453,00	1.474,40	126,00	45.547,00
Banana	Área5	0,57	43.666,00	6.511,60	1.474,40	450,00	17.238,62
TOTAL						900,00	

A análise deste perímetro teve a seguinte função objetivo (Fo), que descreve o lucro líquido, conforme Equação 1:

$$Fo = \sum_{i=0}^3 (prv_i * prod_i - cp_i) * A_i \quad (1)$$

em que Prvi é o preço de venda da cultura i; Prodi é a produção da cultura i; Cpi é o custo de produção da cultura i; Ai é a área plantada da cultura i.

O reservatório de Acauã fornece uma vazão mínima de 0,5 m³ s⁻¹ para o abastecimento humano e industrial e uma vazão de 0,22 m³ s⁻¹ para irrigar o perímetro que está associado a este reservatório. Tal reservatório possui uma área máxima de 500 ha e foram selecionadas as seguintes culturas: tomate, pimentão, feijão, repolho e banana com as seguintes restrições para as culturas do tomate, do pimentão, do feijão, do repolho e da banana, os quais devem ter uma área máxima plantada de 160 ha, 150 ha, 160 ha, 70 ha e 250 ha respectivamente. O requerimento de água máximo foi

estipulado em 2,4x10⁶ m³ mês⁻¹ e para cada uma das culturas têm-se os seguintes dados: tomate 936 m³ ha⁻¹ mês⁻¹, pimentão 936 m³ ha⁻¹ mês⁻¹, feijão 1474,4 m³ ha⁻¹ mês⁻¹, repolho 1474,4 m³ ha⁻¹ mês⁻¹, e banana 1474,4 m³ ha⁻¹ mês⁻¹, conforme a Tabela 2. A análise deste perímetro teve a mesma função objetivo descrita anteriormente na Equação (1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software de suporte a decisão desenvolvido para este trabalho foi escrito na linguagem de programação C++ utilizando o ambiente de desenvolvimento denominado “C++ Builder da Borland versão 6”. Paralelamente ao desenvolvimento do sistema, utilizou-se do Excel da Microsoft para testar os dados dos reservatórios e dos perímetros, como forma de corroborar os resultados do sistema. As Fig. 7 e 8 correspondem, respectivamente, à tela inicial do sistema desenvolvido e a tela dos dados do Açude de Boqueirão.

Tabela 2. Dados dos perímetros de Acauã.

Culturas	Áreas (ha)	Preço de Venda (R\$/kg)	Produção (kg/ha)	Custo de Produção (R\$/ha)	Requerimento de água (m3/ha.mês)	Área Máxima (ha)	Prec. Venda * Produção - Custo
Tomate	Área1	1,50	50.000,00	9.695,00	936,00	160,00	65.305,00
Pimentão	Área2	1,67	20.000,00	5.726,00	936,00	150,00	27.614,00
Feijão	Área3	1,00	1.800,00	1.432,00	1.474,40	160,00	368,00
Repolho	Área4	2,00	25.000,00	4.453,00	1.474,40	70,00	45.547,00
Banana	Área5	0,57	43.666,00	6.511,60	1.474,40	250,00	17.238,62
TOTAL						500,00	

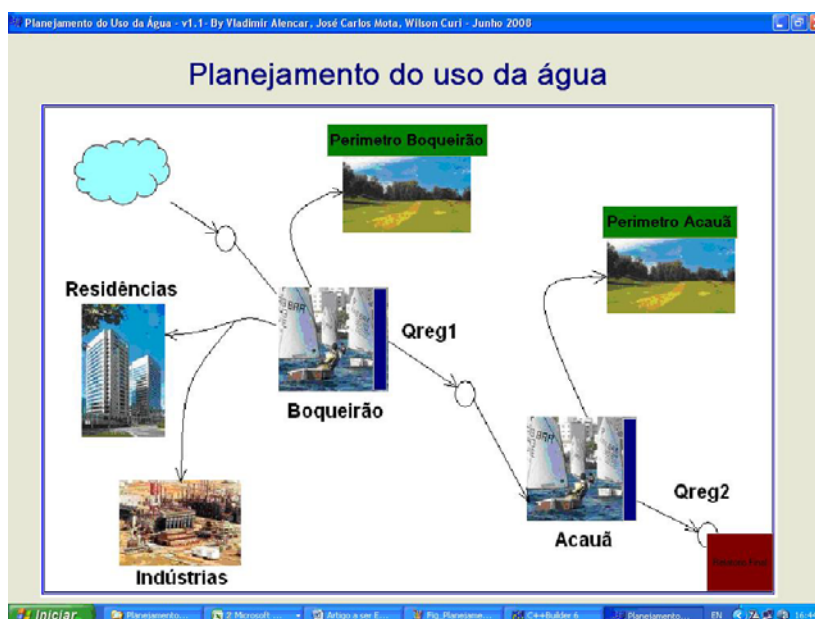


Figura 7. Tela inicial do sistema.

Mês	Vol. Reserv.	Vol. Reg.	Vol. Injeção	Vol. Dem.	Vol. Afluente	Cap. Max. Reserv.
1	32900624,00	705603,00	2,40	3,14	1,14	412,00
2	325223064,00	705603,00	2,40	3,24	4,25	412,00
3	341809888,00	705603,00	2,40	3,03	21,31	412,00
4	377056512,00	705603,00	2,40	3,06	40,00	412,00
5	404033152,00	705603,00	2,40	2,95	31,62	412,00
6	418913376,00	705603,00	2,40	2,88	11,36	412,00
7	412000000,00	705603,00	2,40	2,90	5,70	412,00
8	407836640,00	705603,00	2,40	2,83	0,36	412,00
9	404033264,00	705603,00	2,40	2,09	0,03	412,00
10	399409888,00	705603,00	2,40	3,27	0,29	412,00
11	394856512,00	705603,00	2,40	3,24	0,18	412,00
12	390583136,00	705603,00	2,40	3,24	0,86	412,00

QReg1 =	705,603
VR11 =	325.906.629
VR12 =	325.223.257
VR13 =	341.809.886
VR14 =	377.056.511
VR15 =	404.033.143
VR16 =	410.813.371
VR17 =	412.000.000
VR18 =	407.836.629
VR19 =	404.083.257
VR110 =	399.409.886
VR111 =	394.656.514
VR112 =	390.583.143

Figura 8. Tela que contém os dados do reservatório de Boqueirão fornecidos pelo sistema.

3.1. Resultados fornecidos pelo sistema

Para o perímetro irrigado de Boqueirão obteve-se o seguinte valor para a função objetivo: R\$ 39.186.863,28 (lucro líquido das culturas). As áreas alocadas para as culturas de tomate, pimentão, feijão, repolho e banana, foram respectivamente 360, 270, 0, 126, 144 hectares. Deste modo, pôde-se observar que para as culturas de tomate, pimentão, repolho e banana foram identificados pelo sistema as áreas ótimas de plantio, no entanto para a cultura do feijão o sistema desaconselha o plantio desta cultura, baseado nos dados fornecidos como custo de produção, preço de venda, etc. No reservatório de Boqueirão obteve-se uma vazão de demanda de $1,15 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, uma vazão afluyente variável (média de $3,77 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), capacidade máxima do reservatório de $412 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, vazão de irrigação gerada igual a $0,38 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e uma vazão regularizada gerada QReg1 igual a $0,27 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Para o perímetro irrigado de Acauã a função objetivo teve o seguinte valor: R\$ R\$ 19.847.824,40 (lucro líquido das culturas). As áreas alocadas para as culturas de tomate, pimentão, feijão, repolho e banana foram respectivamente 160, 150, 0, 70, 120 hectares. Deste modo, pôde-se observar que para este perímetro o sistema também alocou áreas ótimas para

as mesmas culturas do caso anterior com valores diferentes uma vez que a área total dos perímetros é diferente (Boqueirão 900 ha e Acauã 500 ha) e da mesma forma desaconselha o plantio da cultura do feijão, baseado nos dados fornecidos como custo de produção, preço de venda, etc. O reservatório de Acauã possui uma vazão afluyente de $2,74 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, capacidade máxima do reservatório de $2,53 \cdot 10^8 \text{ m}^3$, uma vazão regularizada mínima de $0,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e uma vazão de irrigação foi gerada igual a $0,22 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, uma vazão regularizada gerada QReg2 igual a $2,01 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Deste modo, para a produção agrícola, TUCCI (2005) comenta que as plantas requerem irrigação de forma a atender a disponibilidade hídrica, regularização de vazão e distribuição para que possa atingir os objetivos e uma colheita adequada de qualidade, o que foi conseguido com o sistema desenvolvido.

4. CONCLUSÕES

O sistema de suporte à decisão desenvolvido atende a perímetros irrigados de diversas dimensões e variedades de culturas, uso consultivo humano e industrial, bem como, o cálculo de vazões regularizadas e permite o gerenciamento da sustentabilidade hídrica de qualquer bacia.

REFERÊNCIAS

- AIAB – ASSOCIAÇÃO DOS IRRIGANTES DO AÇUDE BOQUEIRÃO. **Cadastro dos irrigantes**. 2008. Documento não publicado. 8p.
- ARAGÃO, T. G. **Sinergia e Sustentabilidade na bacia do Rio Paraíba utilizando-se o modelo de rede de fluxo Acquanet**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba. **Demandas dos consumos mensais do açude de Boqueirão. Gerência da Divisão Controle Operacional, Regional Borborema**. Documento não publicado. Campina Grande. Paraíba. 2007.
- DNOCS - Departamento de Obras contra a Seca. **Açude Boqueirão de Cabaceiras**. Relatório Interno. Boqueirão, PB. 2008. 6p.
- DNOCS – Departamento de Obras contra a Seca. **Relatório Açude Boqueirão**. Campina Grande, 1963. 8p.
- DNOCS – DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA AS SECAS. **Estudo de viabilidade ambiental do açude público Epitácio Pessoa**. João Pessoa. DNOCS/SCIENTEC. 2007.
- EMATER – EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Cadastro dos irrigantes**. 2008. Documento não publicado. 4p.
- SOUZA FILHO, F. A.; SÁ, J. A. C. de A., ARAÚJO, J. C. de et al. **Gestão de Águas: princípios e práticas**, Fortaleza-CE, ABRH, 2001, 2ª Edição, 242p.
- GALVÃO, C. O.; VALENÇA, M. J. S.; VIEIRA, V. P. P. B. et al. **Sistemas Inteligentes: aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais**, Editora da UFRGS (ABRH), 1999, 246p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da População segundo os Municípios da Paraíba – ano 2007**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 junho 2008.
- PERH-PB – PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resumo executivo e atlas**. Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba. AESA. Brasília. DF: Consórcio TC/BR - Concremat. 2006. 112p.
- PORTO, R. L. L.; AZEVEDO, L.G.T. Sistemas de Suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. In: Porto, R. L. L. (Coord.). **Técnicas Quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. 2a. ed. Porto Alegre. Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p 43-95. 2002. 419p.
- SEMARH. **Levantamento Batimétrico do Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão/ PB**. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH. 2004.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F., **Gestão de recursos hídricos**: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais, Pruski Editores – Viçosa – MG, 2005, 659p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação, Editora UFRGS (ABRH), 3ª Edição, 2004, 943p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**, Editora UFRGS (ABRH), 2005, 2ª Edição, Porto Alegre-RS, 678p.

VIEIRA, Z. M. C. L. **Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão da demanda de água**. 237f. 2008. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande..1281-1500, 2000.