

DETERMINAÇÃO DA CURVA DE GARANTIA DO RESERVATÓRIO ORÓS E ANÁLISE DO SEU HISTÓRICO DE OPERAÇÃO

E. M. ARAÚJO¹; E. M. ARAÚJO²; K. V. M. COSTA³; E. R. F. LÊDO⁴; D. H. NOGUEIRA⁵

RESUMO - Este estudo teve como objetivo utilizar o modelo de VYELAS para determinar a Curva de Garantia do reservatório Orós no estado do Ceará. O reservatório está localizado na região semiárida do Brasil e é o segundo maior do estado. Para a aplicação do modelo VYELAS foram utilizadas várias informações de como reservatório de entrada, coeficiente de variação anual entrada, reservatório em forma de coeficiente de alfa, a evaporação na estação seca, capacidade máxima de armazenamento, volume operacional mínimo, volume inicial no primeiro ano, e rendimento mínimo e máximo. Além disso, foi utilizada uma série de operação de reservatórios para comparar a saída do reservatório com a confiabilidade associada a esta saída. Os resultados mostraram que o reservatório de Orós foi operado sempre acima da garantia de 90% (Q_{90}) e isto é explicado pelo fato do reservatório Orós ser considerado estratégico.

PALAVRAS-CHAVE: Disponibilidade hídrica, reservatório do semiárido, alocação de água.

DETERMINATION OF RELIABILITY CURVE OF OROS RESERVOIR AND ANALYSIS OF YOUR OPERATION HISTORY

ABSTRACT - This study had as objective to use the VYELAS model to determine the Reliability Curve of Orós reservoir in Ceará state, Brazil. The reservoir is located in semiarid region of Brazil and is the second largest of state. For the application of VYELAS model were used various information of reservoir as inflow, coefficient of variation annual inflow, reservoir-shape alfa coefficient, evaporation in the dry season, maximum storage capacity, minimum operational volume, initial volume in the first year, and minimum and maximum yield. Moreover was used a series of reservoir operation to compare the outflow of reservoir with the reliability associated to this outflow. The results showed that the Orós reservoir was operated always above of reliability of 90% (Q_{90}) and this is because of the reservoir Orós is considered strategic.

KEYWORDS: Water availability, semiarid reservoir, water allocation.

¹ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Estudante de Mestrado, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. Fone (88) 99468141. e-mail: eliakim.araujo@bol.com.br

² Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Estudante de Mestrado, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

³ Engenheiro Agrícola, Estudante de Mestrado, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

⁴ Aluno de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE – Campus Iguatu.

⁵ Professor Doutor, IFCE – Campus Iguatu.

INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas por recursos hídricos limitados e específicas condições climáticas e fisiográficas. Isto inclui a variabilidade temporal e espacial de chuvas, a elevada intensidade de precipitação, escoamento intermitente dos rios, cobertura vegetal esparsa e grande número de reservatórios (D'AGOSTINO et al., 2010).

É comum associar a capacidade de armazenamento dos reservatórios com disponibilidade hídrica. Mas, o conceito de disponibilidade hídrica está diretamente ligado a uma vazão associada um limite de segurança ou garantia. COSTA et al. (2009), simulando as vazões regularizadas de três reservatórios de diferentes escalas de tamanho do Ceará, destaca que com a implantação de um reservatório se modificam as vazões nos rios, alterando a garantia do suprimento de água a jusante do mesmo. As vazões a montante e a jusante do reservatório passam, portanto, a apresentar comportamentos diferentes quanto à garantia das disponibilidades.

Nessa linha ARAÚJO et al. (2006) enfatizam que a disponibilidade hídrica e o risco associado de fracasso no abastecimento de água são de grande preocupação no gerenciamento dos recursos hídricos, especialmente nas regiões semiáridas sujeitas a conflitos entre usos e usuários. Por esse motivo é que tem se dado grande ênfase a forma como devem ser geridos os reservatórios do semiárido, principalmente os considerados estratégicos.

O Estado do Ceará vem, com a criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) em 1993, buscando gerenciar os recursos hídricos do estado de forma integrada, descentralizada e participativa. Para SILVA et al. (2006) com a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, houve significativos avanços no processo de definição da operação dos açudes, isto é, da quantidade de água que esses açudes liberam através de suas comportas. As definições da operação começaram a ser descentralizadas e com a participação da sociedade local.

O objetivo deste estudo foi determinar a Curva de Garantia do açude Orós e, a partir desta, analisar o histórico de operação do açude nos anos de 1998 a 2005 destacando, então, se o açude foi operado acima ou abaixo da Garantia indicada, apontando as possíveis justificativas para a forma de operação a cada ano.

MATERIAL E MÉTODOS

O reservatório objeto do estudo foi o açude Orós, localizado na bacia do Alto Jaguaribe, situada na porção sudoeste do Estado do Ceará, ocupando 16% do território do estado, sendo

o açude Orós o exutório da bacia (Figura 1). As principais características do Orós e de sua bacia hidrográficas são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 1 – Características do reservatório Orós.

Característica	Reservatório Orós
Bacia hidrográfica (km ²)	25.000
Bacia hidráulica (ha)	20.000
Capacidade de armazenamento (hm ³)	1.940
Coefficiente de forma α ($\alpha = \Sigma V / \Sigma H^3$)	27.703
Vazão afluyente média anual (hm ³ /ano)	1327,3
Coefficiente de variação dos deflúvios anuais	1,228
Evaporação média anual (mm)	1.988

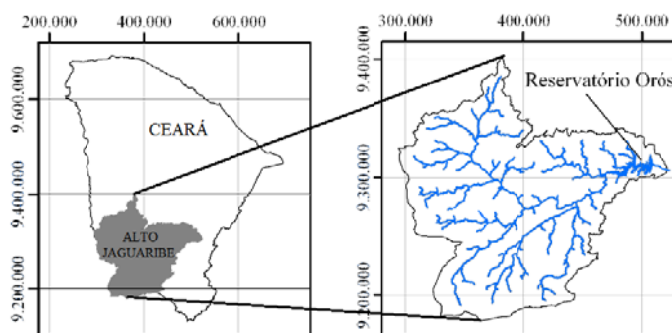


Figura 1 – Mapa de localização do reservatório Orós (coordenadas UTM, Zona 24S – Datum SAD-69).

Para a simulação das vazões regularizadas do Orós com diferentes garantias foi utilizado o modelo VYELAS (Volume-Yield Elasticity) (ARAÚJO et al., 2006). Ele calcula o balanço hídrico em passo anual com base nas seguintes variáveis: vazão afluyente média anual; coeficiente de variação do deflúvio afluyente; coeficiente de forma do reservatório; evaporação no período seco; capacidade de armazenamento; volume mínimo operacional; volume no início da simulação; valores, máximo e mínimo, de vazões regularizadas simuladas; número de vazões regularizadas simuladas; número de simulações do procedimento estocástico (COSTA et al., 2009).

Para cálculo das vazões afluentes anuais médias do reservatório Orós, foram utilizados dados medidos de vazão diária no posto fluviométrico Iguatu (ANA, 2011) sendo que a porção restante da bacia que contribui para o reservatório teve sua vazão afluyente estimada através de uma ponderação por sua área.

Os coeficientes de variação (CV) apresentados na Tabela 1, apesar de elevado é compatível com o comportamento hidrológico de regiões semi-áridas (ARAÚJO e PIEDRA, 2009), onde o regime pluviométrico é caracterizado por elevada variação interanual.

O coeficiente de morfologia (CAMPOS, 1996), que representa a forma do reservatório, indica o grau de exposição do espelho de água proporcional ao volume armazenado (ARAÚJO et al., 2006).

A evaporação no período seco foi estimada de médias mensais das Normais Climatológicas (INMET, 1992) de acordo com estações meteorológicas próximas ao reservatório. A evaporação do período seco ora apresentada contempla o total evaporado nos meses de julho a dezembro, mesmo critério utilizado por ARAÚJO et al. (2006).

A capacidade máxima de armazenamento do reservatório corresponde ao volume armazenado na cota de soleira do vertedouro (Tabela 1), obtida junto a COGERH. Como volume mínimo operacional, admitiu-se o equivalente a 20% da capacidade máxima do reservatório (Tabela 1). Este volume corresponde ao volume morto do reservatório, a partir do qual não se retira vazão alguma. O volume inicial da simulação assumido neste trabalho foi o correspondente a 25% da capacidade máxima do reservatório (Tabela 2). As vazões de operação mínimas e máximas corresponderam a um intervalo entre 50 e 900 hm³/ano e utilizou-se número de 5000 simulações.

Tabela 2 - Demais variáveis de entrada do modelo para o reservatório Orós.

Variável	Reservatório Orós
Volume operacional mínimo (hm ³)	388
Volume inicial (hm ³)	485
Número de vazões regularizadas simuladas	100
Vazão mínima (hm ³ /ano)	194
Vazão máxima (hm ³ /ano)	970
Número de simulações	5000

Após a aplicação do modelo foi gerada a Curva de Garantia em função de Vazão Regularizadas do açude Orós. A este gráfico foi inserido o histórico de liberações anuais do açude Orós no período de 1998 a 2005 obtidos junto a COGERH e apresentados por Silva et al. (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

COSTA et al., (2009) destacam que Curvas de Garantia representam um importante instrumento de gestão, pois identificam em uma figura única o nível de garantia para diferentes vazões regularizadas. Assim, para demonstrar a relação entre garantia de disponibilidade hídrica é apresentada a seguir a Curva de Garantia do açude Orós (Figura 2a), sendo destacada a vazão regularizada com 90% de garantia e o histórico de operação

(liberações anuais) do reservatório (Figura 2b) determinados através do modelo VYELAS. O modelo, assim como descrito por D'AGOSTINO et al. (2010) para os modelos hidrológicos, se mostrou uma ferramenta bastante útil.

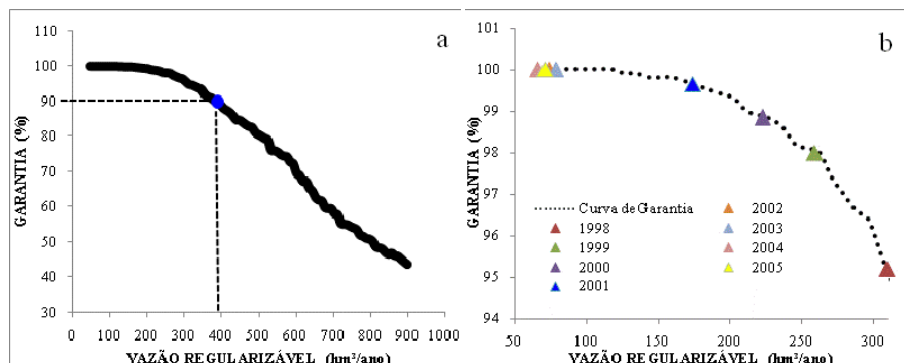


Figura 2 - Curva de Garantia das Vazões Regularizadas do reservatório Orós demonstrando a Q_{90} (a) e o histórico de operações do reservatório (b).

Através das simulações obteve-se que a vazão regularizável associada a uma garantia de 90%, para o açude Orós, é de 390 hm³/ano (Figura 2a). Este valor demonstra a importância estratégica do Orós para o Ceará, já que toda essa disponibilidade hídrica pode ser aproveitada em múltiplos usos.

ARAÚJO et al. (2006) estudando diferentes reservatórios do semiárido nordestino, mostraram que, além de determinar a garantia de um dado reservatório, é necessário também avaliar a redução dessa garantia temporalmente por fatores como o assoreamento do reservatório. Eles avaliaram que o açude Várzea Boi que em 1954 tinha uma $Q_{90}=10,32$ hm³/ano teve uma redução para $Q_{90}=7,07$ hm³/ano em 2000 e que essa redução de 3,25 hm³/ano poderia ser utilizada para irrigar cerca de 540 ha de milho para as condições locais.

Analisando o histórico de liberações do Orós nos anos de 1998 a 2005 é possível observar que o reservatório foi operado, durante toda a série, acima da garantia de 90%. Isto indica, possivelmente, a preocupação por parte dos gestores com prolongados anos de pouca recarga, também a falta de informações acerca da garantia de fornecimento e reafirma a posição do Orós como sendo reservatório estratégico.

Os anos de maiores vazões liberadas pelo Orós (1998 a 2000) são explicados pelo fato de o açude Orós ter sido utilizado para complementar o abastecimento, através do Canal do Trabalhador, da Região Metropolitana de Fortaleza, como descrito por SILVA et al. (2006). Outro fato que é importante nesse período é o início da operação do Castanhão (2002) que passou a perenizar o baixo curso da sub-bacia do médio Jaguaribe e o baixo Jaguaribe, reduzindo sensivelmente a demanda do vale em relação ao açude.

SILVA et al. (2006) revelaram que tem ocorrido uma evolução no processo de alocação e operação do Orós, já que mesmo com uma progressiva redução da vazão liberada pelo açude, houve uma tendência de aumento de áreas irrigadas e do consumo nas áreas urbanas, devido ao crescimento populacional. Segundo eles, este resultado é atribuído à elevação do nível de conscientização da sociedade para o uso racional da água e aos efeitos das ferramentas de gestão, sobretudo outorga e mais recentemente, a cobrança.

CONCLUSÕES

As simulações de operação do Orós realizadas neste trabalho utilizando o modelo VYELAS, além de fornecerem a Curva de Garantia para este reservatório, indicaram que ele tem sido operado com vazões que fornecem garantias sempre maiores que 90%.

REFERÊNCIAS

- ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB, 2011.** Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 4 jun. 2011.
- ARAÚJO, J.C.D. et al. Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v.51, n.1, p.157-170, 2006.
- ARAÚJO, J.C.D.; PIEDRA, J.I.G. Comparative hydrology: analysis of a semiarid and a humid tropical watershed. **Hydrological Processes**, v.23, n.8, p.1169-1178, 2009.
- CAMPOS, J.N.B. **Dimensionamento de reservatórios: o método do diagrama triangular de regularização.** Fortaleza: UFC, 1996.
- COSTA, C.A.G. et al. Análise de sensibilidade da vazão regularizável em reservatórios de diferentes escalas. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Campo Grande: ABRH, 2009, p.12.
- D'AGOSTINO, D.R. et al. Assessing the results of scenarios of climate and land use changes on the hydrology of an Italian catchment: modelling study. **Hydrological Processes**, v.24, n.19, p.2693-2704, 2010.
- INMET. **Normais Climatológicas (1961 - 1990).** Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 1992.
- SILVA, U.P.Á.D. et al. A Experiência da Alocação Negociada de Água nos Vales do Jaguaribe e Banabuiú. **VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.** Gravatá: ABRH, 2006, p.20.