

CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DOS RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS DO RIO GRANDE DO NORTE

Eckhard Mozart Bezerra da Costa^{1*} & *Adelena Gonçalves Maia*²

Resumo

A maior parte do estado do Rio Grande do Norte está inserida em região semiárida e devido ao clima bastante seco caracterizado pela irregularidade pluviométrica e por altas temperaturas, as elevadas taxas de evaporação interferem significativamente nas eficiências dos seus reservatórios superficiais. Outro fator que influencia o volume de água evaporado dos reservatórios é a morfologia. Segundo Hakanson (1981), os reservatórios podem ser classificados morfologicamente em muito convexo, convexo, ligeiramente convexo, linear e côncavo. Dessa forma, visando posteriores estudos relacionando as classes morfológicas dos reservatórios à evaporação, este trabalho realizou a classificação de 50 reservatórios localizados na região semiárida do Rio Grande do Norte. Os resultados apontaram que 64,3% dos reservatórios se enquadram em uma classe mais eficiente na reservação de água, ou seja, com menor perda de evaporação do que os outros 35,7% dos reservatórios. Essa informação poderá contribuir para o planejamento dos recursos hídricos e operação dos reservatórios no estado.

Palavras-chave: reservatórios superficiais, morfologia

MORPHOLOGICAL CLASSIFICATION OF SURFACE RESERVOIRS OF RIO GRANDE DO NORTE STATE

Abstract

Most of the state of Rio Grande do Norte is inserted in semiarid region and due to the very dry climate characterized by rainfall irregularity and high temperatures, the high evaporation rates interfere significantly in the efficiencies of its surface reservoirs. Another factor that influences the volume of water evaporated from the reservoirs is the morphology. According to Hakanson (1981), the reservoirs can be classified morphologically into very convex, convex, slightly convex, linear and concave. Thus, with a view to later studies relating the morphological classes of the reservoirs to the evaporation, this work carried out the classification of 50 reservoirs located in the semi-arid

¹ UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, mozartbezerra@hotmail.com

² UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, adelenam@gmail.com

region of Rio Grande do Norte. The results indicate that 64.3% of the reservoirs fall into a more efficient class in the water reservoir, that is, with less loss of evaporation than the other 35.7% of the reservoirs. This information may contribute to the planning of water resources and operation of reservoirs in the state.

Keywords: surface reservoirs, morphology

1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios superficiais são essenciais para o abastecimento de água e produção de alimentos em várias partes do mundo, com destaque para as regiões semiáridas. No entanto, nessas regiões, devido ao clima bastante seco caracterizado pela irregularidade pluviométrica e por altas temperaturas, as elevadas taxas de evaporação interferem significativamente nas eficiências dos reservatórios superficiais, chegando a representar mais de 90% do volume precipitado anual médio em alguns reservatórios (Fontes et al., 2003). Dessa maneira, as altas taxas de evaporação são também relevantes para a viabilidade econômica de quaisquer projetos de reserva de água, pois as perdas por evaporação contribuem potencialmente para o risco geral de investimento. Portanto, diante das adversidades climáticas, das necessidades humanas e dos riscos econômicos, surge a necessidade de integrar criteriosamente o conhecimento da evaporação na elaboração de projetos de reservatórios, priorizando as condições que minimizem este processo.

Em meio a isso, a morfologia dos reservatórios tem sido frequentemente reconhecida como uma das características mais importantes que influencia o volume de água evaporado nos reservatórios (Johansson et al., 2007; Majidi et al., 2015). Para exemplificar, tomemos em conta dois reservatórios com mesmo volume e diferentes morfologias. Como eles possuem diferentes áreas de espelhos d'água, também possuem diferentes volumes evaporados. Segundo Mekonnen et al. (2012), o volume evaporado é mais sensível à variação da área de superfície do reservatório do que à mudança de características climáticas.

A utilização de parâmetros morfométricos básicos, como: volume, área superficial e profundidade média não fornecem sozinhos bons resultados. Uma abordagem para lidar com esse problema tem sido incorporar informações relacionadas às curvas cota x área x volume ou curvas hipsométricas (Johansson et al., 2007). A partir dessas curvas, Hakanson (1981) propôs uma classificação dos reservatórios separando-os, em: muito convexo, convexo, ligeiramente convexo,

linear e côncavo. Essa classificação é útil para analisar o processo de armazenamento do reservatório e estimar o rendimento de água regularizada.

Considerando as altas perdas por evaporação na região semiárida (Rio Grande do Norte), o presente trabalho teve como objetivo classificar os reservatórios superficiais do Rio Grande do Norte conforme a indicação de Hakanson (1981). Dessa forma, essa classificação contribuirá como ferramenta de planejamento e operação de reservatórios em função da sua susceptibilidade ao processo de evaporação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Reservatórios

Foram utilizados neste estudo 42 reservatórios localizados na região semiárida do Rio Grande do Norte e monitorados pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado (SEMARH) com volumes variando de 5,16 hm³ a 2400 hm³.

2.2. Classificação morfológica dos reservatórios

Os reservatórios foram classificados segundo a indicação de Hakanson (1981) que os divide em: muito convexo, convexo, ligeiramente convexo, linear e côncavo.

Este trabalho empregou a mesma metodologia utilizada por Campos *et al.* (2016) para classificar reservatórios do estado do Ceará. Sendo assim, foi utilizado o Diagrama de Hakanson adaptado por Campos *et al.* (2016) (Figura 1) que relaciona dados de profundidade e volume, onde cada classe morfológica é representada pela região entre duas curvas do diagrama.

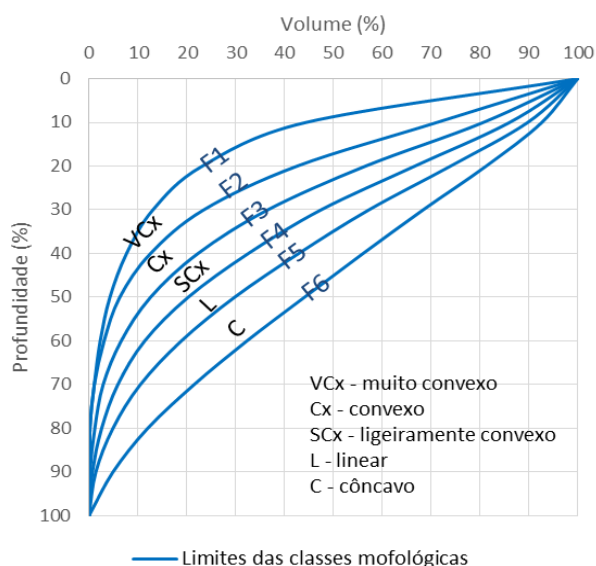


Figura 1-Diagrama de Hakanson (1981) adaptado por Campos *et al.* (2016) para classificação dos reservatórios superficiais em: muito convexo-VCx, convexo-Cx, ligeiramente convexo-SCx, linear-L e côncavo-C.

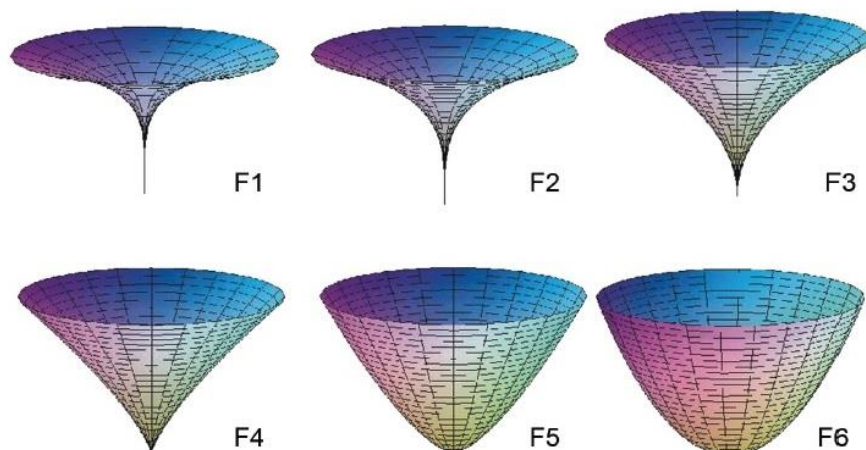


Figura 2-Representação gráfica da morfologia dos reservatórios usando as curvas F1, F2, F3, F4, F5 e F6 mostradas na Figura 1 (a) e assumindo uma área de superfície circular (Campos *et al.*, 2016).

Assumindo que os reservatórios possuem uma área de superfície circular, a Figura 2 representa graficamente a forma dos reservatórios utilizando as curvas F1, F2, F3, F4, F5 e F6 mostrados na Figura 1 (a).

Para melhor explicar a metodologia empregada será apresentado o procedimento de cálculo do reservatório Rodeador. Os dados de cota e volume foram convertidos em profundidade e volume, ambos em porcentagem, conforme tabela abaixo.

Tabela 1-Dados da curva hipsométrica do reservatório Rodeador

COTA (m)	VOLUME EM RELAÇÃO À COTA (hm³)	PROFUNDIDADE (%)	VOLUME EM RELAÇÃO À PROFUNDIDADE (%)
152	0,00	0,00	100,00
153	0,00	1,12	97,44
154	0,00	5,62	87,18
155	0,01	10,11	77,06
156	0,03	14,61	67,70
157	0,07	19,10	59,02
158	0,17	23,60	50,90
159	0,36	28,09	43,31
160	0,71	32,58	36,23
161	1,22	37,08	29,66
162	1,92	41,57	23,63

163	2,19	46,07	18,12
164	3,88	50,56	10,22
165	5,06	55,06	8,95
166	6,35	59,55	5,71
167	7,75	64,04	3,33
168	9,27	68,54	1,70
169	10,89	73,03	0,78
170	12,63	77,53	0,33
171	14,49	82,02	0,13
172	16,49	86,52	0,04
173	18,66	91,01	0,01
174	20,85	95,51	0,00
174,25	21,40	100,00	0,00

Inserindo os dados de profundidade e volume no diagrama de Campos é possível notar (Gráfico 1) que parte da curva hipsométrica do reservatório Rodeador está entre as curvas limite da classe morfológica Cx (convexo) e outra parte está entre os limites da classe SCx (ligeiramente convexo).

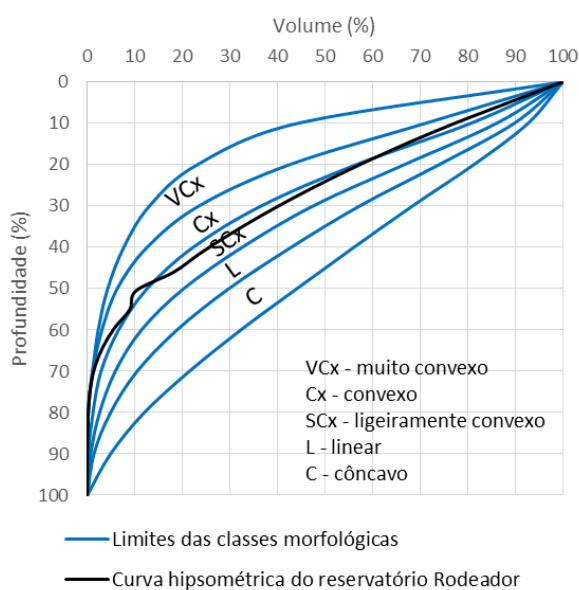


Figura 3-Curva hipsométrica do reservatório Rodeador

Para classificar o reservatório mais precisamente quanto à sua classe morfológica foram calculadas as médias dos coeficientes de determinação (r^2) entre a curva hipsométrica do reservatório (linha preta) e os outros pares de curvas limite de cada classe morfológica adjacente. Os resultados são mostrados na tabela a seguir.

Tabela 2-Valores médios dos coeficientes de determinação (r^2) referentes à classificação morfológica do reservatório Rodeador.

Reservatório	r^2				
	Muito convexo	Convexo	Ligeiramente convexo	Linear	Côncavo
Rodeador	0,904	0,981	0,993	0,975	0,924

Como observado, o maior valor de r^2 indica o reservatório Rodeador como sendo de morfologia ligeiramente convexa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Classificação morfológica dos reservatórios

A Tabela 3 representa o conjunto de reservatórios analisados com suas respectivas classificações.

Tabela 3-Classificação morfológica dos reservatórios

RESERVATÓRIOS	CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA				
	Muito convexo	Convexo	Ligeiramente Convexo	Linear	Côncavo
Sto. Antônio de Caraúbas		x			
Sta. Cruz do Apodi			x		
Morcego			x		
Encanto		x			
Tourão		x			
Passagem		x			
Bonito II		x			
Umarí		x			
Riacho da Cruz II			x		
Malhada Vermelha			x		
Flechas		x			
Lucrécia		x			
Brejo		x			
Pilões			x		
Marcelino Vieira			x		
Jesus Maria José			x		
Rodeador			x		
Pau dos Ferros		x			
Rio da Pedra		x			
Beldroega		x			
Boqueirão de Angicos		x			
Passagem das Traíras		x			
Pataxó		x			
Itans		x			
Armando Ribeiro			x		
Alecrim			x		

Carnaúba			x		
Mendubim		x			
Esguincho		x			
Caldeirão de Parelhas			x		
Zangarelhas		x			
Cruzeta			x		
Dourado		x			
Marechal Dutra		x			
Boqueirão de Parelhas		x			
Sabugi		x			
Poço Branco		x			
Campo Grande		x			
Inharé			x		
Trairí		x			
Sta. Cruz do Trairí			x		
Japi II		x			

Os resultados mostraram que 27 reservatórios possuem formato convexo e 15 reservatórios possuem formato ligeiramente convexo. Os reservatórios convexos são mais eficientes na reservação de água do que os reservatórios ligeiramente convexos, uma vez que para um mesmo volume de água acumulado, os reservatórios convexos apresentam uma menor área superficial, perdendo assim menos água pelo processo de evaporação.

A separação dos nossos açudes em 2 classes, pode ser um primeiro indicativo da política de operação que deve ser empregada, uma vez que os açudes menos eficientes podem ter uma política de operação menos relacionada à regularização plurianual, mas isto só pode ser definido num estudo mais aprofundado que leve em consideração os seus volumes e as demandas atendidas pelos mesmos.

Estudos adicionais continuam sendo desenvolvidos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no sentido de utilizar a classificação morfológica como ferramenta de gestão de recursos hídricos e operação de reservatórios, já que ao formato da bacia hidráulica influencia significativamente no volume de água evaporado. O estudo deve ser ampliado a outras regiões para aumentar e consolidar o conhecimento sobre o assunto.

4. CONCLUSÕES

Os reservatórios de formato convexo possuem bacia hidráulica mais fechada e por isso são mais eficientes. Eles compreendem mais de 64% dos reservatórios da amostra estudada. Sendo assim, a maioria dos açudes se encontra numa categoria mais eficiente em termos de reservação de água. A subdivisão dos açudes em classes, em função da sua propensão à perda de água por evaporação,

pode subsidiar estudos futuros para a escolha do melhor local para a implantação dos açudes e para definir regras de operação para os mesmos.

5. REFERÊNCIAS

CAMPOS, J.N.B., NETO, I.E.L., STUDART, T.M.D.C., NASCIMENTO, L.S. V. (2016). Trade-off between reservoir yield and evaporation losses as a function of lake morphology in semi-arid Brazil. In *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Vol. 88 no.2 Rio de Janeiro. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201620150124>

FONTES, A.S., OLIVEIRA, J.I.R. DE, MEDEIROS, Y.D.P. (2003). A evaporação em açudes no semiárido nordestino do Brasil e a gestão das águas. In *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Curitiba, 2003, pp. 1-19.

HAKANSON, L. (1981). *A manual of lake morphometry*. Springer Verlag, Berlin.

JOHANSSON, H., BROLIN, A.A., HÅKANSON, L. (2007). New Approaches to the Modelling of Lake Basin Morphometry. *Environmental Modeling & Assessment*, pp. 213–228.

MAJIDI, M., ALIZADEH A., FARID A., VAZIFEDOUST M. (2015). Estimating Evaporation from Lakes and Reservoirs under Limited Data Condition in a Semi-Arid Region. *Water Resources Manage*, pp. 3711–3733.

MEKONNEN, M.M., HOEKSTRA, A.Y. (2012). The blue water footprint of electricity from hydropower. *Hydrology and Earth System Sciences*. pp. 179–187.