

## ESTIMATIVA DA VAZÃO MÁXIMA NA BACIA HIROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI EMMINAS GERAIS

Hudson de Paula Carvalho<sup>1</sup>

Gustavo Ragassi de Assis Couto<sup>2</sup>

Gabriel de Sousa Alves<sup>3</sup>

Pedro Corsino Durant<sup>4</sup>

### Conservação e Educação de Recursos Hídricos

#### RESUMO

Estudos hidrológicos que buscam compreender melhor o desempenho das águas nas bacias hidrográficas éssencial para garantir o uso sustentável e racional desse recurso natural. Determinar vazões máximas a partir da regionalização hidrológica é um mecanismo fundamental para dimensionar obras hidráulicas e planejar uma gestão dos recursos hídricos frente as atividades compreendidas na bacia. Esse estudo, teve como objetivo principal modelar equações para estimativa de vazões máximas na bacia hidrográfica do Rio Araguari – MG e compará-las com aquelas propostas pelo Atlas Digital das Águas de Minas. Para isso, utilizou-se 14 estações fluviométricas disponíveis no Sistema de Informação Hidrológica (Hidroweb) e as séries de vazão máxima anual com tempo de retorno de 10, 20, 50, 100 e 500 anos foram ajustadas pelo modelo probabilístico de Gumbel para valores máximos. Realizou-se a análise de regressão a dois parâmetros apoiado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), teste de normalidade Shapiro-Wilk e o teste F, todos com significância a 1%. Para melhor eficiência do modelo ajustado, aplicou-se o coeficiente de Nash-Sutcliff (CNS), comparando os valores observados por Gumbel com aqueles estimados pela análise de regressão e pelo Atlas digital das Águas de Minas. As equações geradas apresentaram  $R^2$  maiores que 0,95 e valores de CNS superior a 0,96 para todos os tempos de retorno estipulados. Esses resultados aprovam a adequacidade dos modelos matemáticos gerados e comprovam melhores desempenhos para estimativa da vazão máxima do que aqueles citados no Atlas Digital de Minas.

**Palavras-chave:** recursos hídricos; regionalização; equações matemáticas.

#### INTRODUÇÃO

Estudos do comportamento da água na natureza tem sido bastante pertinente em bacias hidrográficas a fim de compreender o desempenho dos recursos hídricos em cada região. Muitos hidrólogos vêm se dedicando em desenvolver métodos de estudos em pequenas e grandes bacias hidrográficas com a intenção de representar de forma coerente e natural a dinâmica da disponibilidade hídrica junto as alterações antrópicas sofridas pelo meio.

---

<sup>1</sup>Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho, da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Umuarama, Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, [hudsonpc@ufu.br](mailto:hudsonpc@ufu.br).

<sup>2</sup>Gustavo Ragassi de Assis Couto, da Universidade Federal de Uberlândia – Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, [gustavocouto17@gmail.com](mailto:gustavocouto17@gmail.com).

<sup>3</sup>Gabriel de Sousa Alves, da Universidade Federal de Uberlândia – Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, [gsalves1@gmail.com](mailto:gsalves1@gmail.com).

<sup>4</sup>Pedro Corsino Durant, da Universidade Federal de Uberlândia – Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, [pedro.cd@ufu.br](mailto:pedro.cd@ufu.br).

Nesses estudos vale destacar a importância de dados hidrológicos, contudo a reduzida disponibilidade de dados hidrométricos faz da regionalização de vazões uma ferramenta de crucial importância para extrapolação de dados existentes para áreas cujo monitoramento tenha sido insuficiente ou muitas vezes ausentes, permitindo que informações e dados sejam utilizados em inúmeras bacias hidrográficas (SILVA et al., 2017).

A regionalização, com base em programas computacionais, tem aprofundado os conhecimentos hidrológicos utilizando de informações fisiográficas e climáticas possibilitando um melhor entendimento do comportamento de uma bacia hidrográfica (ATLAS DIGITAL DAS ÁGUAS DE MINAS, 2007).

É importante lembrar que a busca por estudos de regionalização de vazões não tem caráter de substituição da instalação de estações hidrométricas para obter os dados reais para cada unidade de estudos, lembrando que esta ferramenta apresenta limitações para extrapolação de dados para bacias de menores áreas, uma vez que bacias de portes maiores detêm o monitoramento, também necessário para as bacias de portes menores (MELLO; SILVA, 2013).

O objetivo desse trabalho visa propor equações para a estimativa da vazão máxima na bacia hidrográfica do Rio Araguari, no estado de Minas Gerais. Comparar a modelagem proposta no estudo com a utilizada pelo Atlas Digital das Águas de Minas.

## **METODOLOGIA**

A área de estudo foi a bacia hidrográfica do Rio Araguari em Minas Gerais, localizada entre as coordenadas -18,8411e-46,5508 na porção oeste do estado, na região Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. O rio nasce no Parque Nacional da Serra da Canastra, na altitude de 1.180 metros e percorre 475 km até a foz, no Rio Paranaíba (CBH PARANAÍBA, 2011).

No trabalho utilizou-se dados de 14 estações fluviométricas da bacia hidrográfica do Rio Araguari-MG do sistema de informação, pertencente à Agência Nacional das Águas – ANA (ANA, 2018). A relação das estações utilizadas está compilada na Tabela 1.

Com o software QGIS versão 2.8.9 elaborou-se o mapa de localização das estações fluviométricas na bacia hidrográfica do Rio Araguari - MG (Figura 1).

Tabela 1 – Relação das estações fluviométricas da bacia Hidrográfica do Rio Araguari-MG

Código ANA	Nome	Área de drenagem - A (km <sup>2</sup> )	Latitude	Longitude	Série Temporal
60285000	Estação do Salitre	231,89	-19,08	-46,78	1948-1964
60305000	Porto da Mandioca	7460,00	-19,18	-47,10	1952-1967
60340000	Porto Saracura	17100,00	-19,07	-47,93	1977-1997
60250000	Fazenda São Mateus	1302,79	-19,52	-46,57	1949-2016
60381005	Estação de Sucupira	716,00	-18,93	-48,30	1950-1965
60230000	Cachoeira PaiJoaquim	3752,00	-19,48	-47,53	1940-1956
60265000	Ibiá	1365,32	-19,48	-46,54	1946-2016
60320000	Ponte João Candido	8530,00	-19,15	-47,20	1967-1993*
603810000	FazendaLetreiro	777,00	-18,99	-48,19	1976-2017
602350050	Ponte Santa Juliana	4070,00	-19,30	-47,65	1972-1984
602200000	FazendaDesemboque	1070,00	-20,01	-47,02	1955-2017
603000000	Antinha	1270,00	-19,32	-47,03	1952-1992
602720000	Ponte do Rio São João	950,36	-19,32	-46,64	1999-2015
603500000	FazendaMonjolinho	16952,00	-19,03	-47,97	1949-1975

\* Série Temporal com intervalos 1967-1975/1989-1993.

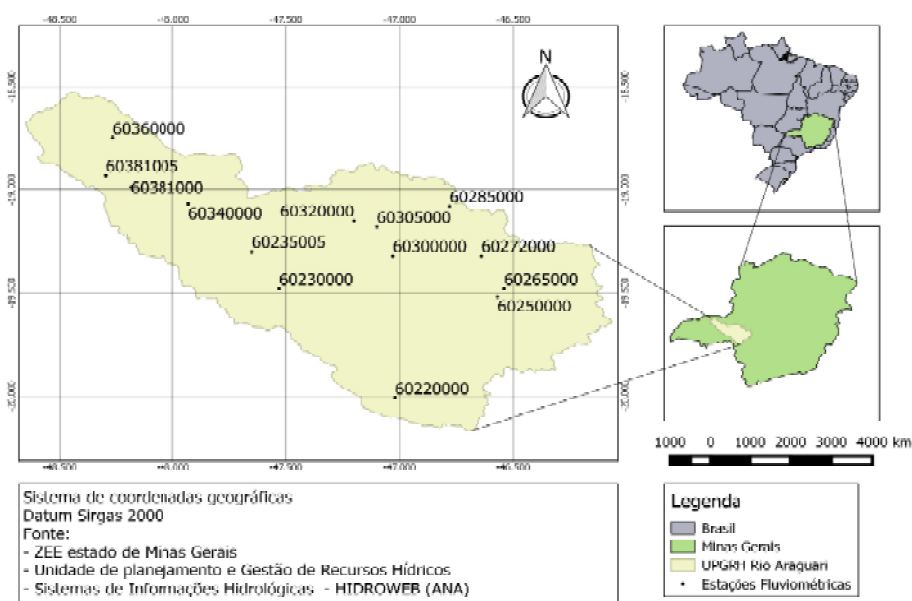


Figura 1 – Mapa de localização das estações fluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari – MG.

Para determinar as vazões máximas em toda da bacia em questão, elaboraram-se equações matemáticas, em função da variável independente área de drenagem (A). A regionalização das vazões máximas, foi por meio do modelo probabilístico de Gumbel para valores máximos (MELLO; SILVA, 2013).

A análise de regressão potencial a dois parâmetros foi realizada com o software Sigma Plot 12.0 nos tempos de retorno 10, 20, 50, 100 e 500 anos. Essa análise baseou-se no

coeficiente de determinação ( $R^2$ ), teste de normalidade Shapiro-Wilk e teste F, todos com nível de significância 1% ( $\alpha = 0,01$ ).

Os resultados dos modelos propostos foram comparados estatisticamente com as equações de regionalização citadas no Atlas Digital das Águas de Minas. A comparação ocorreu por intermédio do Coeficiente de Nash-Sutcliffe (CNS). Quando o valor do CNS for igual a 1, entende-se que o modelo matemático testado é perfeito;  $CNS > 0,75$  considera-se bom quando estiver entre 0,36 e 0,75 o modelo é aceitável (GOTSCHALK; MOTOVILOC, 2001). Por fim, verificou-se qual dos modelos representa melhor a realidade na determinação de vazões máximas para a bacia hidrográfica do Rio Araguari-MG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação das vazões máximas ( $Q_{max}$ ), em função da área de drenagem de cada estação fluviométrica (A) apresentam coeficientes de determinação ( $R^2$ ) maiores que 0,95 para todos os tempos de retorno estipulados. Lopes et al. (2016), em seu estudo encontraram o valor de ( $R^2$ ) de 0,93 para a estimativa de vazões máximas na bacia hidrográfica do Rio Ivaí – PR e ainda afirmam que o modelo potencial apresenta melhor ajuste para essa variável hidrológica.

Ressalta-se também, que as equações propostas atenderam às exigências dos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e F, ou seja, os dois ficaram abaixo do nível de significância 1% ( $\alpha = 0,01$ ), portanto, altamente significativo estatisticamente.

Na Tabela 2 estão reunidos os resultados do CNS e comparativo entre os resultados dos modelos matemáticos propostos com a plataforma Atlas Digital das Águas de Minas.

Tabela 2 – Comparação dos resultados do Coeficiente de Nash-Sutcliffe (CNS)

Tempo de retorno (anos)	Equações propostas no estudo	CNS <sup>a</sup>	Ajuste <sup>b</sup>	Equação Atlas Digital	CNS <sup>c</sup>	Ajuste <sup>b</sup>
10	$Q_{max}=0,212 * A^{0,951}$	0,97	Bom	$Q_{max}=0,557 * A^{0,837}$	0,90	Bom
20	$Q_{max}=0,226 * A^{0,958}$	0,97	Bom	$Q_{max}=0,645 * A^{0,837}$	0,91	Bom
50	$Q_{max}=0,245 * A^{0,966}$	0,98	Bom	$Q_{max}=0,758 * A^{0,837}$	0,92	Bom
100	$Q_{max}=0,259 * A^{0,970}$	0,98	Bom	$Q_{max}=0,842 * A^{0,837}$	0,92	Bom
500	$Q_{max}=0,2943 * A^{0,98}$	0,98	Bom	$Q_{max}=1,036 * A^{0,837}$	0,93	Bom

<sup>a</sup>Coeficientes Nash-Sutcliffe das equações proposta no trabalho; <sup>b</sup>Qualidade do ajuste matemático, dado pelo CNS e <sup>c</sup>CNS das equações do Atlas Digital das Águas de Minas.

Ela mostra que as equações propostas, obtiveram-se resultados de CNS superiores ao modelo fornecido pelo Atlas Digital das Águas de Minas. Em todos os tempos de retorno, todos os valores foram superiores a 0,96 na qual, indicam um ajuste do modelo matemático próximo ao perfeito.

## CONCLUSÕES

As equações geradas nesse estudo, apresentaram altos coeficientes de determinação e melhores estimativas no cálculo das vazões máximas por toda a extensão da bacia hidrográfica do Rio Araguari-MG, ao comparado com o Atlas Digital das Águas de Minas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Hidroweb. Sistema de Informações hidrológicas**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 19 jan. de 2018.

ATLAS DIGITAL DAS ÁGUAS DE MINAS. **Uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos**. 2007. Disponível em: <<http://www.atlasdasaguas.ufv.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2018

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2011. Disponível em: <[http://cbhparanaiba.org.br/uploads/documentos/PRH\\_PARANAIBA/DOCUMENTOS\\_APOIO/Parte\\_A\\_Caracterizacao\\_Bacia.pdf](http://cbhparanaiba.org.br/uploads/documentos/PRH_PARANAIBA/DOCUMENTOS_APOIO/Parte_A_Caracterizacao_Bacia.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2018.

GOTTSCHALK, Lars et al. Regional/macro scale hydrological modelling: a Scandinavian experience. **Hydrological Sciences Journal**, [s.l.], v. 46, n. 6, p.963-982, dez. 2001. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/02626660109492889>.

LOPES, Tarcio Rocha et al. REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A BACIA DO RIO IVAÍ - PR. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p.188-201, jan. 2016. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2018>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

MELO, Carlos Rogério de; SILVA, Antônio Marciano da. **Hidrologia: Princípios e Aplicações em Sistemas Agrícolas**. Lavras: Ufla, 2013.

SILVA, L.a. et al. Vazões mínimas e de referência e rendimento específico para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.543-549, 30 dez. 2017. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5467>