REVISTA DA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

## SITIENTIBUS

TECNOLOGIAS SOCIAIS E ECONOMIA SOLIDÁRIA  
EDIÇÃO ESPECIAL SEMANA DE ENGENHARIA

## ARTIGO

## USO DE GEOTECNOLOGIA NO ESTUDO DE VAZÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO POJUCA

*USE OF GEOTECHNOLOGY IN THE STUDY OF FLOWS IN THE POJUCA RIVER HYDROGRAPHIC BASIN*

JOICE DE JESUS SANTOS

Engenheira Ambiental pela UESB. Discente no Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). E-mail: santosjoice1999@gmail.com

HISMILEI CHAVES DOS SANTOS SILVA

Engenheira Ambiental pela UESB. Discente no Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: hismilei@hotmail.com

GILNEY FIGUEIRA ZEBENDE

Doutor em Física pela Universidade Federal Fluminense. Professor vinculado ao Departamento de Física e no Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: gfzeben@uefs.br

## RESUMO

A caracterização de vazões em cursos d'água envolve a análise de vazões máximas, médias e mínimas. O objetivo desse estudo é regionalizar vazões da bacia hidrográfica do rio Pojuca. Para a estimativa das vazões foram consideradas séries históricas de dados disponíveis no portal Hidro Web (ANA). Para obtenção das variáveis foram utilizadas cartas SRTM processadas no software de geoprocessamento ArcGIS 10. Na regionalização, o modelo de distribuição de Gumbel apresentou menor amplitude e o modelo de regressão que melhor se adequou ao conjunto de dados, foi o potencial. Este modelo apresentou melhores valores de  $R^2$  ajustado e erro padrão. Concluindo que, dados moldados de forma coerente faz com que equações de regionalização sejam aprimoradas, contribuindo para estimativas mais confiáveis de vazões nos cursos d'água, se tornando de grande importância para um bom planejamento e gestão dos recursos hídricos até mesmo para grandes obras civis.

**Palavras-chave:** Planejamento, Regularização, Variáveis.

## ABSTRACT

The characterization of flows in watercourses involves the analysis of maximum, average and minimum flows. The objective of this study is to regionalize flows of the Pojuca river basin. To estimate the flows, historical series of data available on the Hidro Web portal (ANA) were considered. To obtain the variables, SRTM charts processed in the ArcGIS 10 geoprocessing software were used. In the regionalization, the Gumbel distribution model presented the smallest amplitude and the regression model that best suited the data set was the potential. This model showed better adjusted  $R^2$  and standard error values. Concluding that, coherently shaped data improves regionalization equations, contributing to more reliable estimates of flows in watercourses, becoming of great importance for good planning and management of water resources, even for large civil works.

**Keywords:** Planning, Regularization, Variables.

## INTRODUÇÃO

A gestão de recursos hídricos baseada no recorte territorial das bacias hidrográficas ganhou força no início dos anos 1990 quando os Princípios de Dublin foram acordados na reunião preparatória à Rio-92. Diz o Princípio n.1 que a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração tenha o foco adequado, sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (WMO, 1992).

A questão central que deve reger a gestão é a integração dos vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na sua proteção ambiental. A bacia hidrográfica permite essa abordagem integrada, é o que menciona Yassuda (1993), em que “a bacia hidrográfica é o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural”. Sobre o território definido como bacia hidrográfica é que se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica.

As novas tecnologias constituem uma importante forma de disseminação do conhecimento e reconhecimento desse espaço geográfico, possibilitando a geração de diferentes documentos cartográficos com distintas finalidades. Nesse cenário, ocupa lugar especial na análise de paisagens e gestão dos recursos naturais, facilitando o estudo de bacias hidrográficas e a análise espacial dos elementos físicos e naturais que a compõem. As geotecnologias, possibilitam análises integradas do ambiente, onde os estudos espaciais permitem a identificação de eventos e fenômenos que de outro modo seriam invisíveis, tornando explícito o que antes era implícito (MATIAS, 2001; FLORENZANO, 2002; FITZ, 2008).

A regionalização de vazões apresenta-se como alternativa tecnológica para estimar vazões em locais sem dados de medições, em que se pressupõe que a similaridade espacial das regiões permite que vazão de regiões sem informações possa ser considerados através da relação direta entre a variável explicada (vazão) e a variável explicativa (área de drenagem, precipitação média anual, etc.) (MARCUIZZO, 2014).

Além disso, os estudos de regionalização podem indicar a necessidade de melhoria da rede hidro meteorológica, seja pela necessidade de instalação de novas, ou relocação de estações existentes, além de fornecer um diagnóstico da qualidade dos dados, funcionando como ferramenta de auxílio à análise de consistência dos dados, porque em uma região de comportamento hidrológico considerado semelhante, cujas estações de monitoramento possuam séries de dados de diferentes tamanhos, séries longas e curtas, a existência de séries mais longas garantirá maior confiabilidade à variável regionalizada para as regiões com séries mais curtas, como uma forma de extensão baseada na informação espacial (CPRM, 2021).

A escolha da bacia do Rio Pojuca se dá por sua grande importância econômica, social e ambiental. As águas do rio Pojuca são utilizadas predominantemente para o consumo doméstico (lavagens de utensílios), abastecimento público, lazer, pesca, esportes náuticos (zona estuarina), dessedentação de animais, irrigação e abastecimento industrial. As principais atividades relacionadas ao uso e ocupação da Bacia do Rio Pojuca são a pecuária (avicultura, seguida da bovinocultura), presença de indústrias de laticínios, de estruturas de madeira, de produtos químicos orgânicos, além da produção de ferro, aço e ferro ligas em formas primárias e semiacabados. As principais fontes de poluição nos mananciais da bacia do rio Pojuca incluem o desmatamento, a utilização de agrotóxicos, o lançamento de esgotos domésticos e a disposição inadequada de resíduos sólidos (PAIXÃO, 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi regionalizar vazões para a bacia hidrográfica do rio Pojuca, visto que é uma bacia de extrema importância para a sua região e lhe faltam estudos direcionados a gestão dos recursos hídricos.

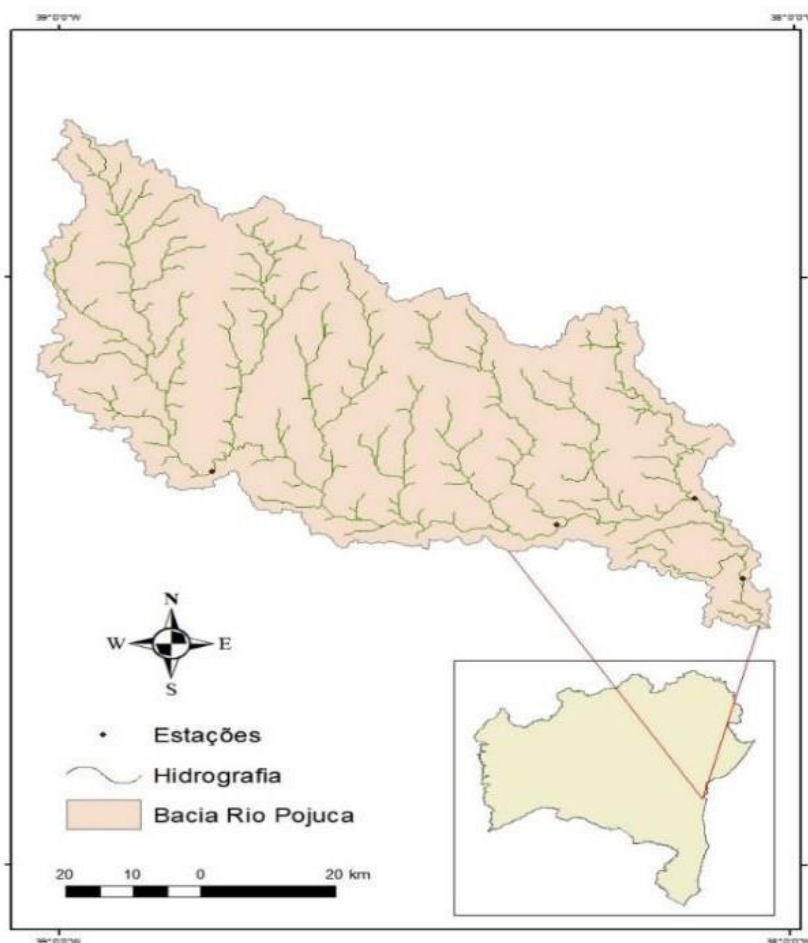
## METODOLOGIA

O Rio Pojuca é um rio brasileiro que banha o estado da Bahia no Brasil, nasce no município de Santa Bárbara, passa nos municípios de Coração de Maria, Terra Nova, Pojuca e deságua no Oceano Atlântico na Praia do Forte. Encontra-se inserido na bacia do Recôncavo Norte. Muitas bacias costeiras da Bahia estão inseridas em áreas de importância alta, muito alta ou extremamente alta no tocante às informações acerca de sua diversidade e pressão antrópica, como definidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006). É importante destacar que a bacia do rio Pojuca possui parte de sua área localizada dentro da Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte da Bahia, representando seu limite Sudoeste.

Para a estimativa das vazões, são necessários dados hidrológicos, e dados que incluem características físicas e climáticas de uma determinada região que interferem na distribuição espacial e temporal das vazões em bacias hidrográficas. Segundo Alves et al. (2014) índices e parâmetros físicos são dados de extrema importância para a caracterização hidrológica das bacias hidrográficas, para identificar fragilidades naturais, como cheias e enchentes, auxiliar no manejo e planejamento do uso/ocupação dos solos destas unidades, e também nos processos de gerenciamento de recursos hídricos.

Os dados SRTM utilizados para este estudo foram obtidos por meio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2021) controlados por satélite e disponibilizando notórias informações do relevo nacional. Usou como motivo primordial modelos digitais de elevação (MDE), com aproximadamente 90 metros de resolução espacial. Os dados originais foram obtidos em formato raster. Posteriormente usando o software ArcGIS 10.8, onde os demais dados

Figura 1 – Mapa de Localização da bacia hidrográfica do rio Pojuca



Fonte: Os autores, 2023.

foram processados realizando a delimitação automática da bacia e extraindo suas características. As características morfométricas da bacia consideradas foram área de drenagem (A) e perímetro (P). Essas características são denominadas variáveis explicativas, as quais influenciam e explicam o comportamento e a distribuição das vazões.

Concomitantemente, o levantamento de dados das séries históricas foi realizado através de consulta ao portal Hidro Web oriundo da Agência Nacional de Águas (ANA). Ao filtrar e serem organizados em planilhas eletrônicas por meio do software Excel, considerou-se apenas estações com dados de vazões, totalizando 4 unidades de monitoramento.

Após concluídas as etapas de obtenção das características morfométricas, foram ajustadas equações de regionalização visando regionalizar as vazões  $Q_{90}$ ;  $Q_{med}$  e  $Q_{max}$ ,

sendo estas respectivamente, vazões máximas com 90% de permanência, vazão média e vazão máxima das estações analisadas. Ainda, foram adicionalmente analisados os períodos de retorno dessas vazões de 10, 50, 100, 500 e 1000 anos.

Para regionalizar as vazões, foi adotado o método tradicional, onde aplica-se análise de regressão múltipla. Para isso, foi utilizado o software Sistema Computacional para Regionalização de Vazões (SisCORV) com intermédio do Sistema Computacional para Análise Hidrológica (SisCAH).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 2 apresenta as estações fluviométricas utilizadas para a regionalização de vazões e suas respectivas características morfométricas referentes a bacia.

Tabela 1 - Estações Fluviométricas

| CÓDIGO   | NOME                  |
|----------|-----------------------|
| 50720000 | Fazenda São Francisco |
| 50755000 | Ponte da BA-6         |
| 50785000 | Pedra do Salgado      |
| 50795000 | Tiririca              |

Fonte: Os autores, 2023.

Tabela 2 - Características morfométricas das estações fluviométricas

| Código   | Latitude  | Longitude | Área (Km <sup>2</sup> ) | Perímetro (Km) |
|----------|-----------|-----------|-------------------------|----------------|
| 0720000  | -12.33220 | -38.79140 | 1213.17                 | 233.728        |
| 50755000 | -12.42080 | -38.32170 | 3204.67                 | 361.811        |
| 50785000 | -12.37610 | -38.13310 | 4478.94                 | 428.184        |
| 50795000 | -12.51190 | -38.06670 | 4697.73                 | 464.364        |

Fonte: Os autores, 2023.

A tabela 3 dispõe os resultados obtidos mediante o processamento das séries históricas de dados de vazões considerando os ajustes pelos métodos mais adequados.

A vazão de permanência Q90 retrata, a parcela de 90% de tempo em que uma determinada vazão é igualada ou

superada. A Vazão média (Qméd) retrata a disponibilidade hídrica máxima de uma bacia, já que a mesma é a maior vazão que pode ser regularizada, permitindo a avaliação dos limites superiores do uso da água de um manancial, para as diferentes finalidades.

Tabela 3 - Vazões

| Código Estações | Qmax10 (m³/s) | Qmax50 (m³/s) | Q90 (m³/s) | Qmax100 (m³/s) | Qmax500 (m³/s) | Qmax1000 (m³/s) | Qméd (m³/s) |
|-----------------|---------------|---------------|------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|
| 50720000        | 68.97         | 120.35        | 0.0315     | 139.32         | 183.16         | 202.01          | 0.92        |
| 50755000        | 238.74        | 379.36        | 1.16       | 431.54         | 552.11         | 603.94          | 9.89        |
| 50785000        | 338.52        | 509.47        | 4          | 573            | 719.8          | 782.91          | 22.03       |
| 50795000        | 307.29        | 450.14        | 5.56       | 502.57         | 623.73         | 675.82          | 25.66       |

Fonte: Os autores, 2023.

O modelo de distribuição de probabilidade Gumbel apresentou menor amplitude no intervalo de confiança. A importância da vazão máxima, caracteriza-se pela frequência da sua ocorrência, está particularmente associada aos riscos de inundação em uma bacia e à definição das vazões de projeto de obras hidráulicas de controle de enchentes. Ela é utilizada nos estudos voltados para os projetos dos vertedores de barragens, dos canais de drenagem, dos bueiros e galerias de águas pluviais, dos diques e dos vãos de pontes, entre outros (MONTEIRO et al., 2020).

As vazões mínimas, também chamadas de vazões de estiagem, são aquelas que não atendem às necessidades da demanda hídrica. No aspecto qualitativo da água, a vazão mínima é utilizada para determinar, por exemplo, a permissibilidade da descarga de efluentes (SMAKHTIN, 2001; BARI e SADEK, 2002).

No aspecto quantitativo, as vazões mínimas são utilizadas, em projetos de navegação e de concessão do uso d'água, como é o caso de projetos de irrigação, abastecimento urbano e transposição, e para avaliação dos riscos de seca (MASIH et al., 2010; TSAKIRIS, NALBANTIS, CAVADIAS, 2011).

Já na tabela 4, são apresentadas as equações de regionalização para vazões mínimas, vazões médias de longa duração e vazões máximas para os períodos de retorno citados anteriormente.

O modelo de regressão que melhor se adequou ao conjunto de dados, para as regionalizações dessas vazões, foi o potencial. Este modelo apresentou melhores valores de R<sup>2</sup> ajustado e erro padrão. Em geral os ajustes foram bons, vale salientar que não se deve utilizar a regionalização nas áreas de influência de reservatórios como um todo.

Tabela 4 - Equações de regionalização de vazões

| Vazão    | Equação                                                                            | R <sup>2</sup> (%) | Erro padrão (%) |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Q90      | $8.9030955160927E-16 * (area^{2.69093311761239}) * (perimetro^{2.21734340499377})$ | 0.99               | 0.02            |
| Qméd     | $1.1769634975689E-8 * (area^{2.25080405230832}) * (perimetro^{0.402286210502622})$ | 0.99               | 0.015           |
| Qmax10   | $5.67704821654873 * (area^{2.55172787840511}) * (perimetro^{-2.86380119720601})$   | 0.99               | 0.015           |
| Qmax50   | $61.6048052206317 * (area^{2.66542406274153}) * (perimetro^{-3.34666125158246})$   | 0.99               | 0.02            |
| Qmax100  | $110.487405662209 * (area^{2.70517685375522}) * (perimetro^{-3.47862801752734})$   | 0.99               | 0.026           |
| Qmax500  | $297.173164113179 * (area^{2.77356600326781}) * (perimetro^{-3.69881869788111})$   | 0.99               | 0.029           |
| Qmax1000 | $410.535772627573 * (area^{2.79590291096481}) * (perimetro^{-3.76916064264435})$   | 0.99               | 0.030           |

Fonte: Os autores, 2023.

## CONCLUSÃO

A regionalização de vazões vem sendo aplicada para a extrapolação de dados fluviométricos, sendo ferramenta de grande importância para a obtenção de dados de vazão. Deve-se salientar, no entanto, a necessidade do desenvolvimento de ferramentas relacionadas a escolha da melhor metodologia a ser empregada na área de estudo, destacando também a importância da geotecnologia quando aplicada a este tipo de estudo.

Os modelos debatidos apresentaram bons resultados, o modelo de distribuição de Gumbel apresentou menor amplitude e o modelo de regressão que melhor se adequou ao conjunto de dados, foi o potencial. Este modelo apresentou melhores valores de  $R^2$  ajustado e erro padrão. Com isso, dados moldados de forma coerente faz com que equações de regionalização sejam ajustadas e aprimoradas contribuindo para estimativas mais confiáveis de vazões nos cursos d'água e para a gestão de cidades ou até mesmo grandes obras.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. DE; SILVA, M. T. **Análise morfométrica da microbacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico Físico**. Revista de Geografia (UFPE) V. 31, No. 3, 2014.
- BARI, M. F.; SADEK, S. **Regionalization of low-flow frequency estimates for rivers in northwest Bangladesh**. Friend 2002 - Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice (274): 257-263. 2002
- CPRM. **Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Estudos-Hidrologicos-e-Hidrogeologicos/Regionalizacao-de-Vazoes-nas-Bacias-Hidrograficas-Brasileiras-6602.html>. Acesso em: 5 set. 2023.
- FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de Satélites para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.
- MARCUZZO, F. F. N. **Modelagem hidrológica utilizando regressão: conceituação matemática, logaritmização e avaliação**. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 12º, 2014, Natal. Anais [...]. Natal: ABRH, 2014.
- MASIH, I.; UHLENBROOK, S.; MASKEY, S.; AHMAD, M. D. **Regionalization of a conceptual rainfall – runoff model based on similarity of the flow duration curve: A case study from the semi-arid Karkheh basin, Iran**. Journal of Hydrology, v. 391, 2010, 188-201p.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Processo de atualização das áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Portal Brasileiro sobre Biodiversidade. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3812>>. Acesso em: 02 de set. 2023.
- MONTEIRO, R. G.; LEMOS, R.S.; RANGEL, F. L.; SILVA, D.P. **Estudo de Vazões na bacia hidrográfica do rio Corrente, Bahia**. Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2020 Poços de Caldas-MG, Brasil. ISSN on-line 2317-9686, V. 12 N. 1 2020.
- PAIXÃO, Joana Fidelis da; ALMEIDA, Edna dos Santos; ROSA, Edson Valmir Cordova da. **Análise espaço-temporal da qualidade das águas do rio Pojuca**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 13 jun. 2013.
- SMAKHTIN, V.U. **Low flow hydrology: a review**. Journal of Hydrology. v. 240, 147-186. 2001.
- TSAKIRIS, G.; NALBANTIS, I.; CAVADIAS, G. **Regionalization of low flows based on canonical correlation analysis**. Advances in Water Resources, vol. 34, 2011, 865-872 p. 2011.
- WMO. **The Dublin Statement and Report of the Conference. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century** 26-31 January 1992. Dublin, Ireland.
- YASSUDA, E. R. **Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais**. Rev. Adm. Púb., v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.