

## APORTES DE VAZÕES MÉDIAS MENSAS NA BACIA DO RIO SINRINHAÉM/PE

José Jefferson Barros Pires<sup>1</sup>  
André Pedro da Silva<sup>2</sup>  
João Virgílio Filipe Lima<sup>3</sup>  
Hugo Morais de Alcântara<sup>4</sup>  
Paulo da Costa Medeiros<sup>5</sup>

### INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento das populações no planeta e o conseqüente aumento das demandas sem controle dos recursos naturais, promoveram impactos negativos ao meio ambiente. Atenta-se para “intensificação das atividades produtivas que promoveram um maior uso das águas e, em algumas situações, transformaram rivalidades em conflitos entre os seus usuários” (ANA, 2014).

A restrição e a má distribuição dos recursos hídricos, seja espacial ou temporal, têm como conseqüências a diversos eventos extremos, como secas e inundações, bem como a escassez hídrica em várias regiões do mundo, elevando o nível de conflitos internacionais, pela posse da água (PEIXINHO, 2010).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Nº 9.433/97), utiliza-se de instrumentos de gestão objetivando, dentre outros destaques: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos. Um desses instrumentos, a outorga dos direitos de uso, confere o aspecto controlador das demandas dos usuários nas diferentes modalidades de uso.

Critérios de vazão de referência, limitando valor mínimo/limite para a outorga durante todo o ano, são amplamente utilizados no País (VERGARA et al., 2013; CRUZ e TUCCI, 2008). Ocorre maiores garantias de atendimento das demandas, porém limitam crescimento de uso da água no sistema (CURI et al, 2011; ALMEIDA e CURI, 2016).

No ciclo hidrológico observa-se a indissociação das águas superficiais e subterrâneas e, assim sendo, verifica-se a importância da gestão hídrica de forma integrada (CNRH, 2001; CNRH, 2018). As especificidades de cada fase podem ser destacadas de maneira a apoiar os instrumentos, como no caso da outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Uma das ferramentas fundamentais no contexto da gestão dos recursos hídricos é a análise de hidrogramas, seja sob o ponto de vista qualitativo (MEI e ANAGNOSTOU, 2015; MORUZZI et al., 2017) ou quantitativo (KRONHOLM e CAPEL, 2016; WOODWARD e STENGER, 2018). A separação do escoamentos, ajuda identificar os períodos/aportes dominantes no escoamento superficial direto e subterrâneo (TUCCI, 2007), bem como o limiar entre essas duas vertentes: na ascensão, forte influência da precipitação, especialmente

<sup>1</sup> Mestrando do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, josejefferson\_2@hotmail.com;

<sup>2</sup> Mestrando do Curso de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, andrepsilva.eng@gmail.com;

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, joaovirgilio@compesa.com.br;

<sup>4</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, hugo.ma@ufcg.edu.br;

<sup>5</sup> Professor orientador: Doutor, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, medeirospc@gmail.com.

na estação chuvosa e; na recessão, reflexo do fluxo corrente mantido, pelo menos em parte, na descarga do armazenamento de aquíferos na bacia (THOMAS et al., 2015).

A análise de hidrogramas configura-se importante ferramenta no contexto da gestão de bacia hidrográfica, especialmente quando esta é gerida com dados hidrométricos de qualidade e quantidade com atenção especial ao balanço de entradas e saídas em secções fluviométricas estrategicamente definidas. Deriva-se assim, abordagens mais precisas, para apoiar a gestão do uso racional, conforme necessidade de uma atenção particular, como no caso dos períodos de cheia, no melhor aproveitamento das demandas dos usuários, ou de seca, nas ações de maior controle quanto à captação/consumo.

O presente trabalho focaliza-se na delimitação do escoamento fluvial, nas fases superficial direto e de base, na escala mensal, da estação Engenho Mato Grosso, localizada na bacia hidrográfica do rio Sirinhaém, no município de Rio Formoso/PE. O contexto deste artigo, apresenta uma forma sucinta do parâmetro da proporção da vazão subterrânea ante o aporte fluvial, apoiando os instrumentos de gestão, como no caso da outorga dos direitos de uso da água, em condições flexíveis frente ao ano hidrológico, oferecendo maiores valores nos meses de forte aporte do escoamento superficial direto, e redução nos meses de domínio subterrâneo.

## **METODOLOGIA**

A área de estudo, bacia hidrográfica do rio Sirinhaém (Unidade de Planejamento Hídrico UP4), está localizada no estado do Pernambuco, entre 08° 16' 05" e 08° 44' 50" de latitude sul, e 35° 01' 00" e 35° 47' 58" de longitude oeste. Com área total de 2.090,64 km<sup>2</sup> (2,13% da área do estado), limita-se ao norte com a bacia do rio Ipojuca (UP3) e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 3 - GL3 (UP16), na parte sul encontra-se com a bacia do rio Una (UP 5) e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 4 - GL4 (UP17), já na parte leste, limita-se com o Oceano Atlântico e os grupos de bacias GL3 e GL4, e na região oeste com a bacia do rio Una (APAC, 2019). Possui precipitação anual irregular, com valores climatológicos oscilando entre 550 mm na região oeste e 2.330 mm no setor leste da bacia. (ITEP, 2011).

Foi definida a estação fluviométrica de código (39480000), Engenho Mato Grosso, localizada no município de Rio Formoso, na bacia do rio Sirinhaém, de escoamento perene, com fluxo de base ao longo do ano hidrológico. Os dados da série temporal foram obtidos através do site de Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (HIDROWEB, 2018), contemplando registros diários do Período de 01/01/1989 a 01/06/2017. Considerando sequência contínua de dados, foi definido para a aplicação da metodologia, o Período de: 01/01/1989 a de janeiro de 1997 a 31 de dezembro de 2006.

Vazões médias mensais foram calculadas e, posteriormente, confeccionada a série temporal ao longo do Período da análise (120 meses). Foi utilizada a metodologia proposta por Tucci (2007) para a delimitação do fluxo de base, representando funções lineares que interligam as inflexões do início da ascensão fluvial até o período de inflexão na recessão fluvial (FITTS, 2014). A área abaixo da curva de vazão total representa o volume total escoado e, a área abaixo do traçado delimitado representa o aporte de base (VILLELA e MATTOS, 1975; UEHARA, 2013). A razão entre o volume basal e volume total, corresponderá a proporção do fluxo subterrâneo frente ao fluxo total (AKSOY et al., 2009).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com o cálculo da proporção do fluxo subterrâneo médio mensal face ao aporte total fluvial, verificou-se domínio médio de base de 53,92 % (8,04% como mínimo registrado e

28,86%, como menor média mensal registrada). Os meses de janeiro a maio e, outubro a dezembro, o fluxo subterrâneo foi preponderante, em média com 67,64% do aporte total. Já os meses de junho a setembro, o escoamento superficial direto prevaleceu com aporte médio de 65,30 % do volume total escoado. Em média, nos anos de 1997, 2000 e 2004, a maior parte do aporte de fluxo foi oriundo do escoamento superficial direto, com fluxo de base de 39,14%, 30,33% e 39,01%, respectivamente. Nos demais anos da série, os meses com maiores vazões médias mensais contemplaram períodos curtos. Em geral, os meses de junho a setembro a proporção basal foi menor, em média, com 30,76% do aporte total nesse período.

A quantificação dos escoamentos, numa abordagem em escala diária foi desenvolvida por Rocha et al. (2017), com traçado bastante variável, quantificando 77,24% do fluxo total como aporte basal (01/01/1989 a 01/06/2017), destacando os meses de abril a julho, com maiores vazões totais, sendo 60,59% proporção subterrânea e, para os demais meses, essa proporção representou 76,08%. Considerando esses mesmos períodos com a abordagem mensal, observados neste artigo, o fluxo de base representou proporções de 43,30%, de abril a julho e, nos demais meses, 59,23%.

Comparando-se a abordagem na escala diária (ROCHA et al., 2017) com a da escala mensal desenvolvida neste trabalho, observa-se que esta representou uma redução de 43,2% do aporte médio daquela sendo, também, inferior, em 39,94%, nos meses de abril a julho e, 28,4% nos demais meses.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aportes delimitados oferecem suporte à gestão dos recursos hídricos e podem apoiar na visão global dos meses ou sações dos aportes de água dominantes, oferecendo limites numéricos para as tomadas de decisões no contexto de gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. O uso de escalas menores representam delimitação mais detalhada com quantificação aninhada à variabilidade fluvial, como na comparação da escala mensal e diária abordada neste trabalho, sendo esta última com proporção subterrânea mais elevada.

No caso da outorga, percentuais da vazão subterrânea e consequente da vazão superficial direta, podem ser variáveis ponderadoras ou limitantes para direcionar valores maiores de outorga nos meses de maior escoamento e, menores nos meses de menor deflúvio. Seguindo essas mesmas vertentes, agora, no instrumento da cobrança, o valor do metro cúbico da água consumido pode ser ponderado, minorando-o nos períodos de forte contribuição superficial e, em contrapartida, sublevando-o nos períodos de domínio basal, valorando este componente como aporte hídrico mais nobre.

**Palavras-chave:** Hidrograma; Separação dos escoamentos, Gestão dos Recursos Hídricos.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

## REFERÊNCIAS

AKSOY, Hafzullah; KURT, Ilker; ERIS, Ebru. Filtered smoothed minima baseflow separation method. *Journal of Hydrology*, v. 372, n. 1-4, p. 94-101, 2009. Acesso em: 11/11/2018

ANA. Agência Nacional das Águas. HidroWeb: Séries históricas. Disponível em <[www.hidroweb.ana.gov.br/](http://www.hidroweb.ana.gov.br/)>. Acesso em: 31/11/18.

ANA. Agência Nacional de Águas. Cobrança Pelo Uso de Recursos Hídricos. Brasília/DF, 2014. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricosVol7.pdf>>. Acesso em: 30/11/2018.

BRASIL. LEI Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: Outubro, 2019.

CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução nº 202, de 28 de Junho de 2018. Estabelece diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos que contemplem a articulação entre a União, os Estados e o Distrito Federal com vistas ao fortalecimento dessa gestão. Disponível em: [http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56128847/do1-2018-12-20-resolucao-n-202-de-28-de-junho-de-2018-56128598](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56128847/do1-2018-12-20-resolucao-n-202-de-28-de-junho-de-2018-56128598)>. Acesso em: outubro, 2019.

CRUZ, Jussara Cabral; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 1, p. 111-124, 2008.

CURI, W. F.; CELESTE, A. B.; CURI, R. C.; BARBOSA, A. C. L. Um modelo de outorga para bacias controladas por reservatórios: Desenvolvimento do modelo que contempla demandas múltiplas e variáveis mensalmente. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, p. 73-82, 2011.

DE ALMEIDA, Márcia Araújo; CURI, Wilson Fadlo. Gestão do uso de água na bacia do Rio Paraíba, PB, Brasil com base em modelos de outorga e cobrança. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 11, n. 4, p. 989-1005, 2016. Acesso em: 31/11/18.

FITTS, C. Águas Subterrâneas. Ed1. Ed. Gen LTC, 608p. Novembro, 2014. TUNDISI, J. G.; GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano. Águas subterrâneas e poços tubulares profundos–2ª ed. Oficina de Textos, 2013.

GODEFROID, Rodrigo Santiago. Análise Microbiológica da Água do Rio Bacacheri, Curitiba–PR. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 5, 2018.

ITEP. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Unidade Gestora de Projetos Barragens da Mata Sul – UGP Barragens. Estudo de Impacto Ambiental da Barragem Barra de Guabiraba-EIA. Recife, 2011.

KRONHOLM, Scott C.; CAPEL, Paul D. Estimation of time- variable fast flow path chemical concentrations for application in tracer- based hydrograph separation analyses. *Water Resources Research*, v. 52, n. 9, p. 6881-6896, 2016.

MEI, Yiwen; ANAGNOSTOU, Emmanouil N. A hydrograph separation method based on information from rainfall and runoff records. *Journal of Hydrology*, v. 523, p. 636-649, 2015. Acesso em: Outubro, 2019.

MORUZZI, Rodrigo Braga; BARBASSA, Ademir Paceli; SHINZATO, Alexandre. O efeito do hidrograma e da concentração afluentes na remoção de material particulado em canal gramado. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 22, n. 3, p. 597-610, 2017.

PEIXINHO, Frederico Cláudio. Gestão sustentável dos recursos hídricos. Águas subterrâneas, 2010.

ROCHA, L. C. A. ; MEDEIROS, P. C. ; RIBEIRO, G. N. ; ALCANTARA, H. M. . Domínio dos Escoamentos: Estação Fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE. In: Workshop Internacional sobre água no Semiriádo Brasileiro, 2017, Campina Grande. Anais III Workshop Internacional sobre água no Semiriádo Brasileiro. Campina Grande: Realize. v. 1.

THOMAS, Brian F.; VOGEL, Richard M.; FAMIGLIETTI, James S. Objective hydrograph baseflow recession analysis. Journal of hydrology, v. 525, p. 102-112, 2015.

TOMASONI, Marco Antônio; DE SIQUEIRA PINTO, Josefa Eliane; DA SILVA, Heraldo Peixoto. A questão dos recursos hídricos e as perspectivas para o Brasil. GeoTextos, v. 5, n. 2, 2009.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 944p.

TUNDISI, T. M. Água como Substrato. Limnologia. Oficina de Texto, São Paulo/SP. 2008. 632p.

VERGARA, Fernán Enrique; REIS, F. C.; MAGALHÃES, Luiz Norberto Lacerda. Proposta de vazão de referência Q 90 para o Rio Formoso na Bacia do Araguaia. Engenharia Ambiental, v. 10, n. 1, p. 84-102, 2013.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. Hidrologia aplicada. In: Hidrologia aplicada. McGraw-Hill, 1975.

WOODWARD, Simon JR; STENGER, Roland. Bayesian chemistry-assisted hydrograph separation (BACH) and nutrient load partitioning from monthly stream phosphorus and nitrogen concentrations. Stochastic environmental research and risk assessment, v. 32, n. 12, p. 3475-3501, 2018.