

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE ITAPERUNA/RJ

Alex Tavares Silva¹, Larissa Carneiro Rangel², Elias Fernandes de Sousa³, Jader Lugon Junior⁴, Wagner Rambaldi Telles⁵

Palavras-Chave - Hidrologia, Meteorologia, Deficiência Hídrica, Evapotranspiração, Itaperuna-RJ.

INTRODUÇÃO

O volume de água decorrente do escoamento superficial depende de fatores de natureza geológica, climática e fisiográfica da região (PENMAN, 1963). Segundo Alencar et al. (2006) esses fatores estão relacionados com a área da bacia hidrográfica, a existência de declividades acentuadas, depressões retentoras de água, o tipo e o teor de água do solo, cobertura vegetal, a quantidade e a intensidade da precipitação, dentre outros.

Nesse contexto, Thornthwaite e Mather (1955) propõem o Balanço Hídrico Climatológico (BHC), uma ferramenta que possibilita monitorar o armazenamento de água no solo. O BHC é muito importante, pois a partir dele é possível identificar períodos do ano de pluviometria mais elevada e de pluviometria mais reduzida.

De acordo com Pereira et al. (2002), através do BHC pode-se determinar a quantificação da água disponível de certa região diferenciando variações sazonais climatológicas por meio da precipitação, da evapotranspiração real, da deficiência hídrica, do excedente hídrico, do armazenamento de água no solo por meio da evapotranspiração potencial e de precipitações. Como consequência, o BHC possibilita analisar um dos graves problemas encontrados na sociedade atual: as inundações.

Reis et al. (2012) afirmam que as inundações e enchentes são fenômenos naturais que ocorrem com frequência nos cursos d'água, geralmente deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração e que estes eventos naturais têm sido intensificados, principalmente nas áreas urbanas, por alterações antrópicas.

Em particular, a cidade de Itaperuna, localizada no interior do Estado do Rio de Janeiro, é banhada pelo rio Muriaé, o qual nasce em Miraí, na Zona da Mata Mineira e deságua no rio Paraíba do Sul, nas proximidades de Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro. Por se encontrar entre vales, a referida cidade é conhecida por ter um dos climas mais quentes do Brasil, chegando a alcançar temperatura média de aproximados 34,5 graus, no mês de janeiro de 2018, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Conforme último censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Itaperuna possuía uma população de 95.841 pessoas e densidade demográfica de 86,71 habitantes por km². Em 2020, a população estimada é de aproximadamente 103.800 pessoas.

Sendo assim, objetivou-se através deste trabalho, determinar o BHC do município de Itaperuna-RJ com o propósito de analisar os impactos do escoamento superficial oriundos do excesso de precipitação e saturação do armazenamento de água no solo.

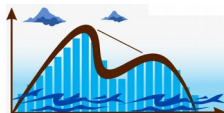
1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Br-356 Km 3, Cidade Nova, Itaperuna – RJ, altasilva@gmail.com

2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Rua Dr. Siqueira, 273 - Parque Dom Bosco, Campos dos Goytacazes – RJ, larissa.rangel@iff.edu.br

3) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Laboratório de Engenharia Agrícola, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes – RJ, sousa.elias.fernandes@gmail.com

4) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Rod.Amaral Peixoto, km 136, Imboassica, Macaé – RJ, jljunior@iff.edu.br

5) Universidade Federal Fluminense, Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior, Estr. João Jasbick, s/n, Aeroporto, Santo Antônio de Pádua – RJ, wtelles@id.uff.br



METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido utilizando a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955) para determinar o BHC, o qual foi calculado com dados da Temperatura Média Mensal e da Precipitação aferidas no período de 1981 a 2010, obtidas no site do INMET. Na Figura 1 é mostrada a localização do município de Itaperuna – RJ.

Figura 1 – Localização do município de Itaperuna – RJ.



Fonte: Adaptado de EMATER (2020).

Adotou-se a capacidade de armazenamento do solo (CAD) de 100 mm para o balanço hídrico e a tabela de correção (Corr) da evapotranspiração (EP) considerando a Latitude de 22°S.

A evapotranspiração (EP) é dada pela equação: $EP = 16 \left(\frac{10 T_i}{I} \right)^a$, onde T_i é a temperatura no mês, I é o índice térmico anual, dado por: $I = 1,049 (Tanual)^{1,514}$, $Tanual$ é a média das temperaturas, a é uma constante dada por: $a = 6,75 \cdot (10)^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot (10)^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot (10)^{-2} \cdot I + 0,49239$. Já a evapotranspiração corrigida é dada por: $ETP = EP \cdot corr$.

O negativo acumulado (NegAc) nas estações secas e chuvosas deve ser calculado conforme as condições:

- Estações secas: se $P - ETP \geq 0$ então $NegAc = 0$, senão $NegAc = NegAc_{i-1} + (P - ETP)$.
- Estações chuvosas: $NegAc = CAD \cdot \ln \left(\frac{ARM}{CAD} \right)$.

Com o objetivo de calcular o armazenamento da água no solo (ARM) verifica-se o seguinte:

- Se $(P - ETP) < 0$, calcula-se primeiro o $NegAc$ e, posteriormente, o ARM :

$$NegAc = CAD \cdot \ln \left(\frac{ARM}{CAD} \right),$$

$$ARM = CAD \cdot \exp \left(\frac{NegAc}{CAD} \right).$$

- Se $(P - ETP) \geq 0$, calcula-se primeiro o ARM e, posteriormente, o $NegAc$:

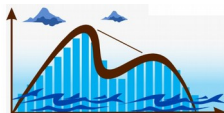
$$ARM = ARM_{i-1} + (P - ETP),$$

$$NegAc = CAD \cdot \ln \left(\frac{ARM}{CAD} \right).$$

E, na sequência, o cálculo da alteração da umidade no solo: $ALT = ARM_i - ARM_{i-1}$.

Na evapotranspiração real (ETR) verifica-se as condições:

- Se $(P - ETP) \geq 0$, então $ETR = ETP$.
- Se $(P - ETP) < 0$, então $ETR = P - ALT$.



A deficiência hídrica (DEF) é dada por: $ETP - ETR$ e, no excedente hídrico (EXC) tem-se:

- Se $(P - ETP) \geq 0$ e $ARM = CAD$, então $EXC = (P - ETP) - ALT$.

Por outro lado, a reposição (R) é calculada verificando as condições a seguir:

- Se $(P - ETP) \geq 0$ então $R = ETR$, senão $R = ETR + ALT$.

Por fim, para a conferência dos resultados obtidos, analisa-se as seguintes condições:

$$\begin{aligned}\sum ALT &= 0 \\ \sum ETP &= \sum ETR + \sum DEF \\ \sum P &= \sum ETR + \sum EXC \\ \sum P &= \sum ETP + \sum (P - ETP)\end{aligned}$$

RESULTADOS

Os resultados obtidos no BHC são exibidos na Tabela 1, onde verifica-se a temperatura média do ar (T), a evapotranspiração potencial (ETP), após correção, a precipitação (P), a quantidade de água que permanece no solo ($P - ETP$), o negativo acumulado (NegAc), o armazenamento de água no solo (ARM), a alteração da umidade do solo (ALT), a evapotranspiração real (ETR), a deficiência hídrica (DEF), o excedente hídrico (EXC) e a reposição (R).

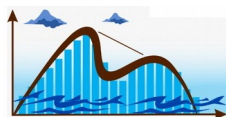
Tabela 1 – Balanço Hídrico Climatológico do Município de Itaperuna – RJ.

| 1 Mês | 2 T (°C) | 3 EP (mm) | 4 Corr (q) | 5 ETP (mm) | 6 P (mm) | 7 P – ETP (mm) | 8 NegAc (mm) | 9 ARM (mm) | 10 ALT (mm) | 11 ETR (mm) | 12 DEF (mm) | 13 EXC (mm) | 14 R (mm) |
|------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|----------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| JAN | 26,8 | 140,4 | 1,15 | 161,4 | 201,3 | 39,9 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 161,4 | 0,0 | 39,9 | 161,4 |
| FEV | 27,0 | 143,5 | 1,03 | 147,8 | 110,8 | -37,0 | -37,0 | 69,1 | -30,9 | 141,7 | 6,1 | 0,0 | 141,7 |
| MAR | 26,3 | 132,7 | 1,10 | 146,0 | 127,4 | -18,6 | -55,6 | 57,3 | -11,7 | 139,1 | 6,8 | 0,0 | 139,1 |
| ABR | 24,9 | 112,7 | 1,01 | 113,8 | 77,9 | -35,9 | -91,5 | 40,1 | -17,3 | 95,2 | 18,6 | 0,0 | 95,2 |
| MAI | 22,3 | 81,1 | 0,99 | 80,3 | 35,6 | -44,7 | -136,2 | 25,6 | -14,4 | 50,0 | 30,2 | 0,0 | 50,0 |
| JUN | 20,9 | 66,8 | 0,91 | 60,8 | 21,0 | -39,8 | -176,0 | 17,2 | -8,4 | 29,4 | 31,4 | 0,0 | 29,4 |
| JUL | 20,8 | 65,9 | 0,92 | 60,6 | 15,1 | -45,5 | -221,5 | 10,9 | -6,3 | 21,4 | 39,2 | 0,0 | 21,4 |
| AGO | 21,7 | 74,7 | 0,93 | 69,5 | 21,1 | -48,4 | -269,9 | 6,7 | -4,2 | 25,3 | 44,2 | 0,0 | 25,3 |
| SET | 22,9 | 87,8 | 0,93 | 81,6 | 63,6 | -18,0 | -287,9 | 5,6 | -1,1 | 64,7 | 16,9 | 0,0 | 64,7 |
| OUT | 24,3 | 104,8 | 1,02 | 106,9 | 98,3 | -8,6 | -296,5 | 5,2 | -0,5 | 98,8 | 8,1 | 0,0 | 98,8 |
| NOV | 25,0 | 114,1 | 1,04 | 118,6 | 190,3 | 71,7 | -26,4 | 76,8 | 71,7 | 118,6 | 0,0 | 0,0 | 190,3 |
| DEZ | 25,9 | 126,8 | 1,12 | 142,0 | 251,0 | 109,0 | 0,0 | 100,0 | 23,2 | 142,0 | 0,0 | 85,9 | 165,1 |
| MEDIA/SOMA | 24,1 | | | 1289,3 | 1213,4 | -75,9 | | | 0 | 1087,7 | 201,7 | 125,7 | |

É possível perceber, de acordo com a Tabela 1, que a maior temperatura média ocorre no mês de fevereiro, alcançando 27 °C, e a menor temperatura ocorre no mês de julho, 20,8 °C. O município atinge taxas evapotranspirativas expressivas. A taxa anual de ETP foi de 1.289,3 mm, com variações de 60,6 mm, em julho, a 161 mm, em janeiro. Já a precipitação pluvial varia de 15,1 mm, em julho, à 251 mm, em dezembro, alcançando um total anual de 1.213,4 mm. Nos meses de janeiro, novembro e dezembro não há deficiência hídrica e nos meses de janeiro e dezembro observa-se excedente hídrico.

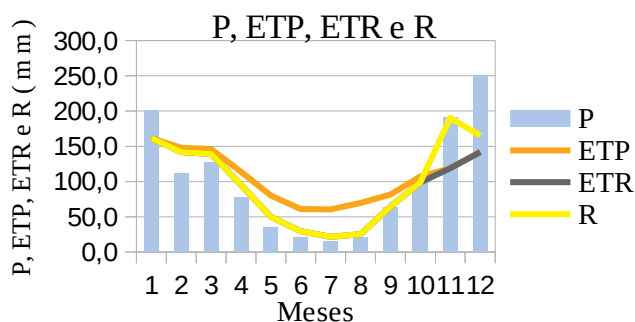
Ainda de acordo com a Tabela 1, nos meses de janeiro e dezembro nota-se que o armazenamento de água no solo está na sua capacidade máxima, o que aumenta o escoamento superficial, contribuindo para inundações no município nesse período. Segundo Tucci (2015), à medida que o solo vai sendo saturado a maiores profundidades, há um decréscimo da infiltração do solo a uma taxa residual, que juntamente com excesso não infiltrado da precipitação gera o escoamento superficial.

Na Figura 2 são apresentados os gráficos para P, ETP, ETR e R, onde é possível observar que a precipitação é maior do que a evapotranspiração nos meses de janeiro, novembro e dezembro. Já na Figura 3, é apresentada a relação entre a deficiência hídrica e o excedente hídrico, onde nos



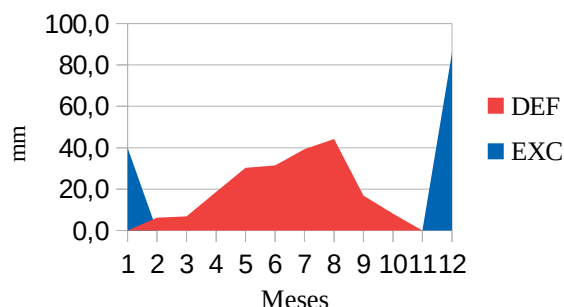
meses de fevereiro a outubro há déficit hídrico, sendo que, julho e agosto representam aproximadamente 41% do total de déficit anual.

Figura 2 – Gráfico de P, ETP, ETR e R.



Fonte: Autor (2020).

Figura 3 – Gráfico DEF x EXC.
Deficiência Hídrica x Excedente Hídrico



Fonte: Autor (2020).

CONCLUSÕES

Com este trabalho pode-se verificar que a precipitação anual na cidade de Itaperuna atinge 1.213,4 mm, sendo que os meses de janeiro (201,3 mm), novembro (190,3 mm) e dezembro (251 mm), equivalem aproximadamente a 53% de toda a referida precipitação. Entre os meses de fevereiro e outubro o município encontra-se com déficit hídrico, compensando esse déficit nos meses de janeiro e dezembro. Como a precipitação e a evapotranspiração possuem valores anuais muito aproximados, 1.213,4 mm e 1.289,3 mm, respectivamente, é possível perceber que há uma intensidade nas precipitações nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, sendo que nos demais meses a precipitação possui baixo volume. Nos meses de janeiro e dezembro, com aumento da precipitação e com a capacidade de armazenamento do solo sendo extrapolada, ocorre o aumento do escoamento superficial, contribuindo para as inundações no município sob análise.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, D. B. S., SILVA, C. L., OLIVEIRA, C. A. S. (2006). “Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal”. Engenharia Agrícola, New Jersey: Drexel Institute of Technology.”, 104p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/itaperuna.html>> Acesso em: 31/10/2020.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br>> Acesso em: 28/10/2020.
- PENMAN, H. L. (1963). “Vegetation and hydrology”, London: Commonwealth Agricultural Bureau. (Technical Communication, 53), 124 p.
- PEREIRA, A. R. et al. (2002). “Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária”, 478 p.
- REIS, P. E., PARIZZI, M. G., MAGALHÃES, D. M., MOURA, A. C. M. (2012). “O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte, MG: Estudo de Caso da Sub-Bacia Córrego do Leitão, Bacia do Ribeirão Arrudas.”, UNESP, Geociências, v. 31, n. 1, p. 31-46.
- THORTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. (1955). “The water balance. Publications in Climatology.”, New Jersey: Drexel Institute of Technology.”, 104p.
- TUCCI, C. E. M. (2015). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 4ª ed., UFRGS, Rio Grande do Sul – RS.

AGRADECIMENTOS

Aos órgãos de fomento CAPES, CNPq e FAPERJ.