

IV-089 - ELABORAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA UMA PEQUENA BÁCIA HÍDROGRÁFICA NO MUNICÍPIO DE MARITUBA-PA

Rubens Takeji Aoki Araujo Martins ⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

Moisés Marçal Gonçalves ⁽²⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

Giovanni Chaves Penner ⁽³⁾

Engenheiro sanitariaista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará.

Gabriel Lisboa Brito ⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, cep: 66075-110, Belém - PA, Brasil - Tel: (91) 3201-8139 - E-mail: rubensmartins10@gmail.com;

RESUMO

O presente trabalho consistiu na elaboração do balanço hídrico climatológico pela metodologia de Thornthwaite & Mather na bacia do Igarapé Uriboquinha. A pesquisa desenvolveu-se no município de Marituba do estado do Pará nas proximidades do aterro sanitário situado no município. Foram consideradas duas variáveis para a determinação do balanço hídrico, uma de saída de água na bacia, evapotranspiração real (ETR), que foi estimada pelo método de Thornthwaite & Mather, e também foi considerada uma variável de entrada de água no sistema, precipitação mensal, que foi fornecida pela estação meteorológica mais próxima do município de Marituba já que não há dados hidrológicos disponíveis no local. Com os dados de precipitação mensal e os dados estimados de evapotranspiração real determinou-se em quais períodos ocorreram deficiência ou excedência hídrica na região ao longo do tempo. Com isso, conclui-se que na maior parte do período estimado ocorreu excedência hídrica na região, muito em função da abundância de chuva no período chuvoso com índices pluviométricos bastante elevados.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço Hídrico, Thornthwaite & Mather, Igarapé Uriboquinha, Marituba-PA.

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa visou a realização do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) mensal na bacia do Igarapé Uriboquinha, entre os meses de agosto de 2017 e julho de 2018. Para a determinação do balanço hídrico foram considerados duas variáveis, uma de saída de água no sistema (evapotranspiração mensal) e outra entrada (precipitação mensal). O objetivo deste projeto é a geração de dados para a região e a discussão no entorno do Aterro Sanitário implantado no município de Marituba-PA uma vez que o Igarapé Uriboquinha passa por dentro do empreendimento, e assim contribuir para o desenvolvimento de estratégias para a mitigação dos impactos potenciais ou danos gerados pelo empreendimento na região.

Segundo Jesus et al (2017), com a crescente demanda acerca recursos hídricos, é imprescindível o conhecimento do ciclo da água dentro de uma bacia hidrográfica, compreendendo-se sobretudo o desempenho das variáveis precipitação e evapotranspiração. Isto aplicável principalmente para pequenas bacias onde a vazão de drenagem seja pouco representativa quando comparada com outras variáveis. Consoante Camargo (1971), contraponto esses dois elementos do balanço hídrico, consegue-se averiguar se certa região apresenta excesso ou deficiência hídrica dentro de um período estimado a ser avaliado. Conforme Pereira et al. (2002), a partir do balanço hídrico climatológico (BHC) pode-se quantificar a disponibilidade hídrica de uma região, esta disponibilidade pode ser influenciada pelo tipo de cobertura vegetal da mesma.

O balanço hídrico consiste no somatório de todas as variáveis de entradas e saídas de água no sistema. Para a variável de entrada, precipitação mensal, foi observada regularmente da estação pluviométrica mais próxima de Marituba-PA. Para a variável de saída, a evapotranspiração real foi estimada pelo método de Thornthwaite

e Mather. Com a determinação do balanço hídrico pode-se verificar o comportamento do regime hidrológico na região no período estimado.

De acordo com Neto M. S. A. (1989), balanço hídrico é definido como a contabilidade hídrica de entrada e saída de água no solo, a entrada de água é traduzida pela precipitação e a saída pela evapotranspiração potencial. Muitas bacias não possuem informações suficientes para a realização da elaboração de um balanço hídrico, a falta dessas informações dificulta a gestão de recursos hídricos. Este trabalho consistiu na elaboração de balanço hídrico para uma pequena bacia hidrográfica sem informações hidrológicas na região a partir da abordagem proposta por Thornthwaite & Mather.

OBJETIVOS

O objetivo principal da pesquisa foi realizar a elaboração do balanço hídrico climatológico mensal a partir da metodologia proposta por Thornthwaite & Mather. Como objetivos específicos temos:

- a) Avaliar o método proposto;
- b) Acompanhar os índices pluviométricos;
- c) Estimar a evapotranspiração potencial e real.

METODOLOGIA UTILIZADA

Utilizou-se para estimativa de evapotranspiração a metodologia desenvolvida por Thornthwaite & Mather (1957). Em 1948, C.W. Thornthwaite desenvolveu um método empírico para a estimativa de evapotranspiração potencial (Sellers, 1965), a partir de dados de temperatura média do ar e do fotoperíodo, consistido em investigações realizadas em áreas secas nos Estados Unidos.

De posse de dados, de acordo com Thornthwaite, para um dado mês em questão J ($J=1, 2, 3... 12$) a evapotranspiração potencial ou de referência (EP_{oJ}), pode ser estimada a partir da Equação 3, onde as variáveis são: E_J que configura a evapotranspiração não ajustada (ao foto período e ao número de dias do mês) e C_J é um fator de ajuste que é determinado a partir do fotoperíodo médio e o número de dias do mês (VAREJÃO-SILVA, 2006).

$$EP_{oJ} = C_J * E_J \text{ (mm * mês}^{-1}\text{)} \quad \text{(Equação 2)}$$

Em 1948, C. W. Thornthwaite desenvolveu um método simples para estimar o balanço hídrico em base mensais, utilizando bases mensais de temperatura média do ar e do total pluviométrico, bem como a capacidade de armazenamento hídrico do solo (VAREJÃO-SILVA, 2006). Thornthwaite, assumiu que:

- ❖ O solo é como um reservatório, cuja capacidade de armazenamento (CA) é de 100mm;
- ❖ Toda a água à disposição do solo atende primeiramente a demanda de evapotranspiração, sendo a restante incorporada ao solo, até completar a capacidade de armazenamento, de modo que as perdas por escoamento e infiltração só ocorrem se a capacidade de armazenamento for ultrapassada;
- ❖ Sempre que a água, posta à disposição do solo for igual ou superior à evapotranspiração de referência, aceita-se haver perda evapotranspiratória máxima (evapotranspiração real é igual a de referência); caso contrário o solo contribui com parte de suas reservas, se estas existirem, de acordo com uma lei exponencial;
- ❖ Que a perda de água pelo solo, para atender à demanda evapotranspiratória é linear, ou seja: tendo muita ou pouca água armazenada, o solo sempre cede toda a água requerida pela evaporação e pela transpiração das plantas presentes, até atingir o ponto de murcha permanente.

Em 1957, C. W. Thornthwaite e J. C. Mather publicaram uma versão mais avançada do balanço hídrico climático na qual a primeira e a última das hipóteses anteriormente assinaladas, foram aperfeiçoadas. Nessa nova versão, a capacidade de armazenamento do solo torna-se variável e estabelecida em função de suas propriedades (capacidade de campo e ponto de murcha permanente) na camada explorada pelas raízes das plantas nele presentes (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Pode-se adotar a capacidade de armazenamento no solo (**CA**), independentemente do tipo de solo, com base apenas na cultura predominante na região, para isto assumisse que **CA** entre 25 e 50 mm para hortaliças, entre 75 e 100 mm para culturas anuais, entre 100 e 125 mm para culturas perenes e entre 150 e 300 mm para espécies florestais (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). Para o presente projeto considerou-se a capacidade de armazenamento de 150 mm.

A estimativa de evapotranspiração é efetuada conforme o preenchimento da Tabela 1, obedecendo os critérios estabelecidos por Thornthwaite e Mather. Deve-se primeiramente preencher as colunas **T** (°C) é a temperatura média mensal do ar referente ao mês **J** (**J**=1, 2, 3... 12) e **i** que representa o índice mensal de calor, **E** é a evapotranspiração não ajustada, **C** é o fator de correção, **EP₀** é a evapotranspiração de referência estimada, **P** é o total pluviométrico referente ao mês designado (Mês **J**=1, 2, 3... 12), **P – EP₀** é a diferença entre a precipitação mensal e a evapotranspiração de referência.

As colunas **NEG ACM** e **ARM** devem ser preenchidas simultaneamente. O **NEG ACM** (Negativo acumulado) configura a soma de todas as parcelas mensais de água para a evapotranspiração que foram solicitadas ao solo. A variável **ARM** (Armazenamento de água) configura a quantidade de água ainda presente no solo. Para o início do preenchimento dessas variáveis deve-se identificar o último mês do período maior pluviosidade.

As demais variáveis representam: **ALT** é a alteração da quantidade de água existente no solo para cada mês, **ER** é a evapotranspiração real estimada, **EXC** e **DEF** representam o excedente e a deficiência hídrica, respectivamente.

A bacia hidrográfica estudada fica localizada no Município de Marituba no Estado do Pará. O Município de Marituba está inserido na região metropolitana de Belém, recentemente um empreendimento de grande porte se instalou no município e a necessidade de discussão acerca dos recursos hídricos no município passou a ter mais importância. O empreendimento em questão trata-se de um aterro sanitário que com os elevados índices pluviométricos na região acaba tendo uma elevada produção de chorume. O empreendimento está situado dentro da bacia hidrográfica do Igarapé Uriboquinha, o curso d'água passa por dentro do aterro, a quantificação das variáveis hidrológicas é de extrema importância para as tomadas de decisão no empreendimento, e o balanço hídrico fundamental para estimar o comportamento do regime hidrológico e assim gerar informações para as tomadas de decisões. A Figura 1 apresenta a região onde a bacia está inserida.

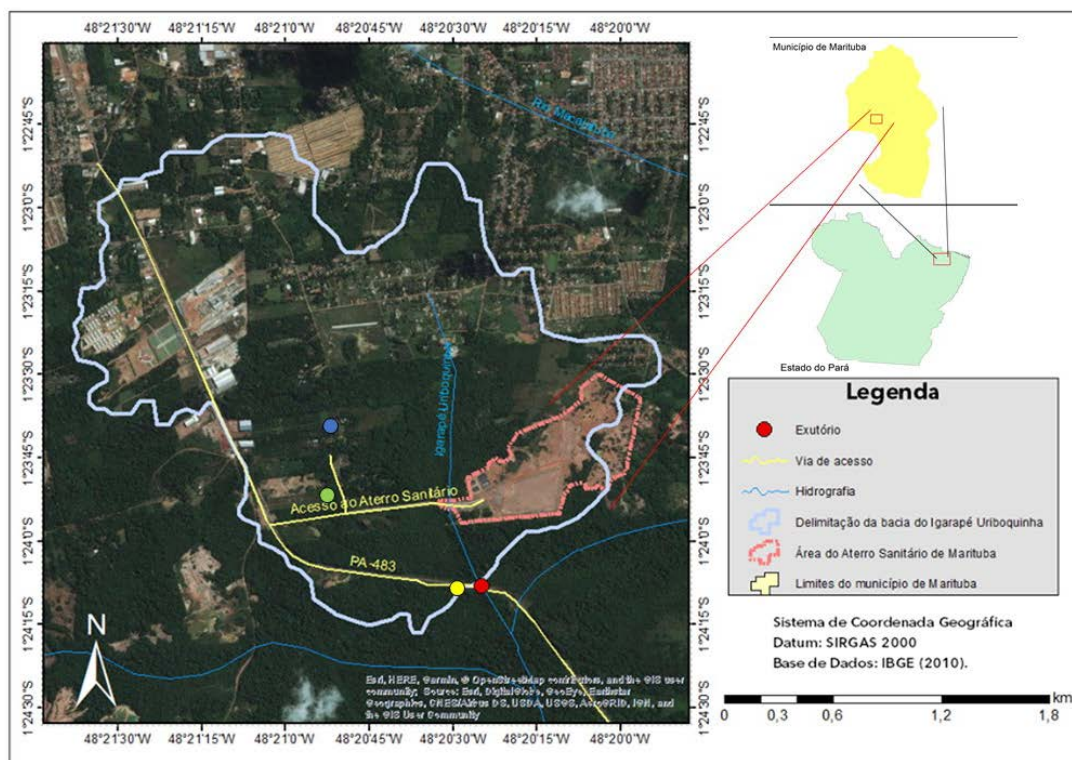


Figura 1: Área de drenagem Igarapé Uriboquinha.

Desenvolveu-se o balanço hídrico conforme o preenchimento da **Tabela 1**. Os dados de temperatura média mensal e precipitação mensal total foram fornecidos pela estação meteorológica Instituto Nacional de Meteorologia, INMET.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

O período chuvoso no intervalo de tempo avaliado (Período de vigência do projeto) foi bastante rigoroso, o que foi algo que gerou bastante discussão na temática envolvida pelo Aterro Sanitário de Marituba-PA, o balanço hídrico desenvolvido é uma ferramenta que permite avaliar os índices hídricos na bacia, tais como, excedência ou deficiência hídrica. Devido a região metropolitana de Belém-PA ter abundância hídrica, inclusive em sua pluviosidade, em geral, têm-se índices baixos de deficiência hídrica. A tabela abaixo demonstra o balanço hídrico realizado para o período estimado. A **Tabela 1** apresenta o balanço hídrico climatológico utilizando a metodologia de Thornthwaite e Mather.

Observando-se o balanço hídrico na **Tabela 1** nota-se que o mês de maior deficiência hídrica na Bacia do Igarapé Uriboquinha é o mês de setembro de 2017, este é o último mês do período menor pluviosidade (Período menos chuvosos). Entende-se como o período menos chuvoso, a maior sequência de meses onde a diferença entre a precipitação (P) e evapotranspiração potencial (ET_O) for negativa. Compreende-se entre os meses de janeiro a maio de 2018 o período mais chuvoso com elevados índices pluviométricos, entre esses meses observou-se também um elevado excedente hídrico.

Local: Bacia do Igarapé Uriboquinha/Pau Grande												
Lat.: -1,43°												
Long.: -48,43°												
CA:	150	mm	Período: AGO/2017 a JUL/2018									
Mês	T °C	i	C	EP _O mm	P mm	P - EP _O mm	NEG ACM	ARM mm	ALT mm	ETR mm	EXC mm	DEF mm
AGO/17	27,5	13,2	31,1	152,5	102,6	-49,9	-73,1	92,2	-36,4	139,0	0,0	13,5
SET/17	27,9	13,5	30,0	147,1	51,9	-95,2	-168,3	48,8	-43,3	95,2	0,0	51,9
OUT/17	27,5	13,2	30,9	154,7	222,5	67,8	-37,7	116,7	67,8	154,7	0,0	0,0
NOV/17	27,8	13,4	29,9	137,3	103,3	-34,0	-71,7	93,0	-23,7	127,0	0,0	10,3
DEZ/17	27,2	13,0	30,8	149,5	243,4	93,9	0,0	150,0	57,0	149,5	36,9	0,0
JAN/18	26,4	12,4	30,8	134,4	362,8	228,4	0,0	150,0	0,0	134,4	228,4	0,0
FEV/18	26,1	12,2	27,9	115,8	671,6	555,8	0,0	150,0	0,0	115,8	555,8	0,0
MAR/18	26,8	12,7	31,0	142,5	506,7	364,2	0,0	150,0	0,0	142,5	364,2	0,0
ABR/18	26,5	12,5	30,1	135,4	406,3	270,9	0,0	150,0	0,0	135,4	270,9	0,0
MAI/18	26,6	12,6	31,2	146,4	438,2	291,8	0,0	150,0	0,0	146,4	291,8	0,0
JUN/18	27,4	13,1	30,2	144,9	132,8	-12,1	-12,1	138,4	-11,6	144,4	0,0	0,5
JUL/18	27,2	13,0	31,2	146,6	135,5	-11,1	-23,2	128,5	-9,8	145,3	0,0	1,2

Tabela 1: Balanço hídrico bacia do Igarapé Uriboquinha - Método de Thornthwaite e Mather.

Para o período mais chuvoso o maior índice pluviométrico registrado foi de 671,6 mm de chuva o que reflete no volume precipitado dentro da bacia de $3,36.10^6$ m³ para o mês de fevereiro de 2018. O mês que apresentou maior índice de evapotranspiração real estimada foi o mês de outubro de 2017 com uma evapotranspiração de 154,7 mm o que representa um volume de perdas na bacia de $7,73.10^5$ m³ e o mês que apresentou menores índices de precipitação foi setembro de 2017 com uma precipitação de 51,9 mm e representa um volume de $4,46.10^5$ m³ de água dentro da bacia do Uriboquinha. A **Figura 2** apresenta o comportamento ao longo dos meses a precipitação total mensal (P), a evapotranspiração de referência (ET_O) e a evapotranspiração real estimada (ETR).

A capacidade máxima de armazenamento de água no solo é de 150 mm, no entanto, essa capacidade varia de acordo com as demandas hídricas exercidas. Observou-se na **Tabela 1** que o armazenamento ao longo do tempo variou, isso ocorre devido as demandas observadas. Nos períodos de maior pluviosidade a capacidade de armazenamento do solo permaneceu máxima e ocorreu o excedente hídrico, ou seja, não foram exigidas das demandas ao solo devido o próprio já estar saturado. Na **Figura 3** apresenta a variação da no armazenamento de água do solo.

Nota-se na **Figura 3** que o mês de setembro apresentou a menor quantidade de água disponível na bacia, ou seja, apresenta o menor valor armazenamento de água no solo, isso ocorre por ser o último mês do período menos chuvoso, portanto apresenta a maior demanda e/ou exigência hídrica.

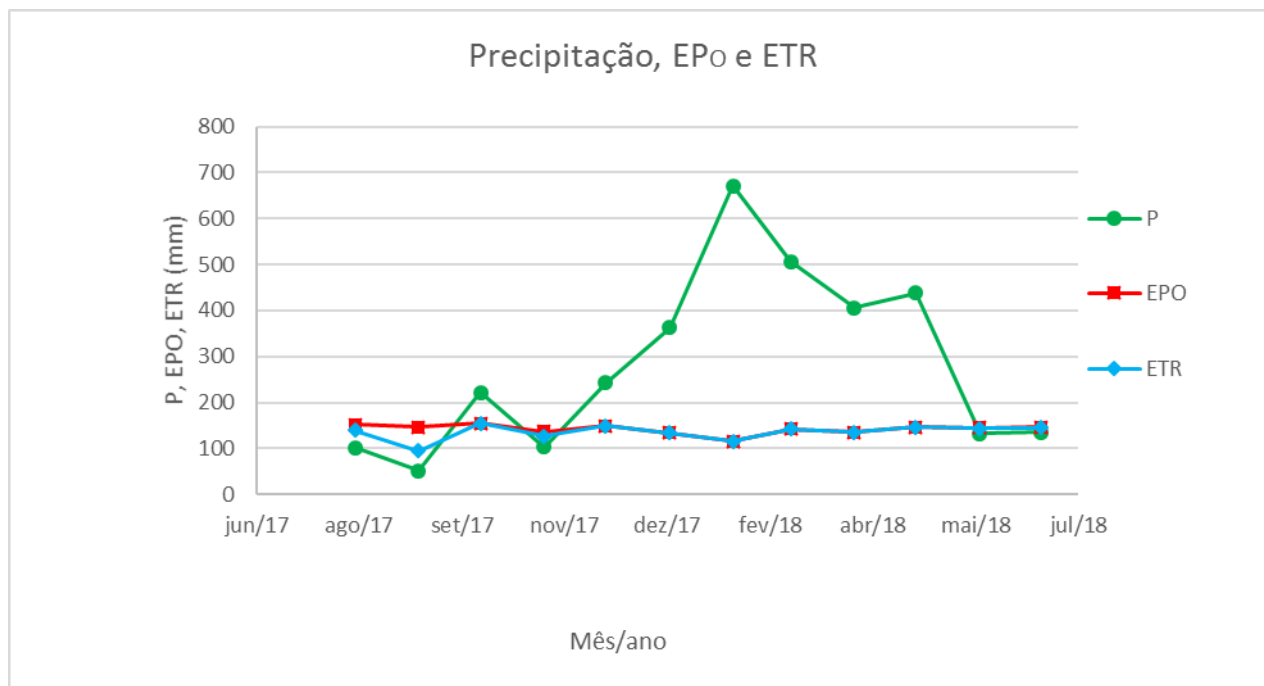


Figura 2: Comportamento de variáveis de balanço hídrico.

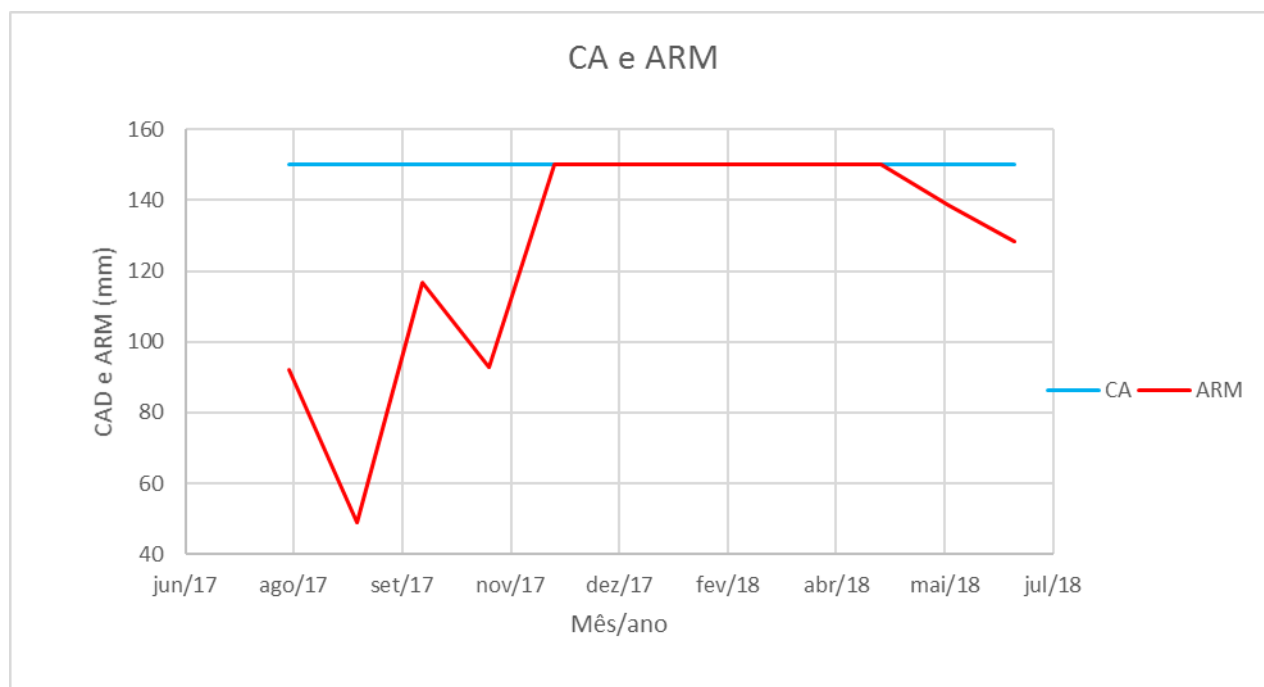


Figura 3: Comportamento de variáveis de balanço hídrico.

Nota-se na **Figura 4** elevados índices de excedente hídrico muito em decorrência dos altos índices pluviométricos que houveram no período estimado. A deficiência hídrica é muito pequena em relação ao excedente hídrico. No **Figura 4** apresentam-se os excedentes e as deficiências hídricas ao decorrer dos meses.



Figura 4: Demandas hídricas

A partir do balanço hídrico foi possível determinar em quais momentos houveram retiradas e reposições de massa de água na bacia. Essas demandas hídricas envolvem diretamente a capacidade de armazenamento de água no solo, assim como, o excedente e a deficiência hídrica. No **Figura 5** apresenta-se todas as demandas hídricas exercidas ao solo durante o período estudado.



Figura 5: Demandas hídricas

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos demonstram que durante o período avaliado na maioria dos meses houve abundância dos recursos hídricos, isso ocorre principalmente devidos aos elevados índices pluviométricos que foram inclusive acima da média para a região. O **Figura 2** evidencia a discrepância dos índices pluviométricos em relação as variáveis de evapotranspiração na grande maioria dos meses, devido à grande pluviosidade boa parte da água que cai na bacia se torna escoamento superficial. Os elevados índices de chuva também representam aumento na produção de chorume no aterro sanitário, ou seja, o volume de efluente no aterro aumenta e representa maior custo de tratamento do mesmo.

O **Figura 3** apresenta que na grande maioria dos meses o solo tem a sua capacidade de armazenamento preenchido, a abundância hídrica pode representar menor exigência de retirada de água no solo. O **Figura 4** demonstra que de fato na grande maioria dos meses têm-se abundância hídrica, uma vez que há na grande maioria do tempo excedência hídrica na bacia. O **Figura 5** apresenta exigências feitas no solo, observa-se que na grande maioria do tempo têm-se de fato excedência hídrica, a retirada de água no solo ocorreu somente nos meses em que o solo não tem sua capacidade toda preenchida e representam um volume pequeno em relação aos índices pluviométricos.

CONCLUSÕES OU RECOMENDAÇÕES

O trabalho desenvolvido é representativo para a gestão e tomada de decisões dos recursos hídricos pelos órgãos de gestão. As informações geradas foram significativas, determinando em quais momentos o solo tem sua capacidade de armazenamento completamente preenchida é possível verificar o quanto de chuva se tornou escoamento superficial, a partir dessas informações pode se discutir transporte de sedimentos na bacia.

Parte de sedimento transportados do aterro por escoamento superficial podem assorear em alguns trechos no Igarapé Uriboquinha, também pode provocar alteração na qualidade da água na bacia. Posteriormente podem ser desenvolvidos estudos complementares para se ter melhores informações acerca da discussão dos recursos hídricos na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo (Boletim Técnico, 116). Campinas: IAC, 1971.
2. CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. **Uma revisão analítica sobre a evapotranspiração potencial**. Bragantina, 2000.
3. CORREA, W. S. C. **Comportamento dos elementos climáticos, temperatura, e precipitação, no município de Vitória (ES) no período de 1978 a 2007**. 2011. 83 f. Monografia (Bacharel em geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, 2011.
4. EMBRAPA. Malaquias da Silva Amorim Neto. **Comunicado técnico: balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather (1955)**. N. 34, junho de 1989.
5. JESUS et al. Impacto do Aumento da Concentração Atmosférica de CO₂ no Balanço Hídrico Climatológico do Cerrado. **RESVISTA BRASILEIRA DE CLIMATOLOGIA**, Pernambuco, 2017.
6. MARCUZZO, F. F. N.; SILVEIRA, A. Balanço hídrico de Cuiabá utilizando métodos de estimativa de evapotranspiração por temperatura. **X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, Fortaleza, 2010.
7. MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M. **Estudo climatológico na bacia do Rio Oruçuí Preto**. Campina Grande: EDUFPG, p. 171-205, 2016.
8. MOURA et al. Evapotranspiração de referência (ET_o) segundo Thornthwaite modificado, calibrado na bacia do riacho gameleira – Estado de Pernambuco. **RESVISTA DE GEOGRAFIA (UFPE)**, Pernambuco, V. 29, n. 2, 2012.
9. PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002.
10. ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil**. 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2002.
11. SOUZA et al. Balanço hídrico climatológico: precipitação e evapotranspiração de referência estimadas com metodologia alternativa. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, v. 20, p. 284-298, 2017.
12. VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. 2. ed. Recife: Versão digital 2, 2006.