



BIOENG

ESTABELECIMENTO DOS MESES MAIS CRÍTICOS PARA A AGRICULTURA IRRIGADA A PARTIR DO ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO

J. F. Silva Junior^{1*}, F. B. T. Hernandez², I. P. F. Silva³, L. S. Reis⁴; A. H. de C. Teixeira⁵

¹UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Campus de Iturama, MG, Brasil

²UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus Ilha Solteira, SP, Brasil

³UEMS - Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Campus de Cassilândia, MS, Brasil

⁴UFAL - Universidade Federal de Alagoas, Campus de Rio Largo, AL, Brasil

⁵EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, SP, Brasil

Article history: Received 03 March 2018; Received in revised form 10 June 2018; Accepted 12 June 2018; Available online 28 June 2018.

RESUMO

O balanço hídrico climatológico monitora o armazenamento de água no solo a partir da contabilização da precipitação, da demanda atmosférica, da evapotranspiração potencial e considerando um armazenamento máximo apropriado para a planta que se deseja cultivar. É uma importante ferramenta de gestão dos recursos hídricos, indispensável para o desenvolvimento de projetos de irrigação, por fornecer informações relativas a frequência e do volume das chuvas bem como as épocas e os períodos de déficit que devem ser repostos pelas chuvas e, ou, irrigação garantindo a potencialidade produtiva de uma espécie. Entre os sistemas de irrigação, os pivôs centrais vêm ganhando destaque com uma expansão média anual de 104 mil hectares. Entretanto, a irrigação realizada por proprietários rurais tem sido feita de modo especulativo, com projetos de irrigação mal dimensionados e sem a anuência de qualquer profissional da área. O objetivo deste trabalho foi estabelecer os meses mais críticos para a agricultura irrigação, na região Noroeste de São Paulo, a partir do estudo do balanço hídrico. A análise indicou os meses de agosto, setembro e outubro como os mais críticos, por apresentar déficits hídricos de 114; 49 e 81 mm, respectivamente, ao mesmo tempo em que se elevam os valores da evapotranspiração.

Palavras-chave: Assessoramento ao irrigante; manejo de água; clima.

STABLISHMENT OF CRITICAL MONTHS TO IRRIGATED AGRICULTURE FROM A WATER BALANCE STUDY

ABSTRACT

The climatic water balance monitors stored soil water from precipitation, atmospheric demand, potential evapotranspiration to supply crop water requirement. It is an important management tool for water resource essential for irrigation projects due to provide information relative to precipitation frequency and volume as well as water deficit timing and season that should be supplied with irrigation or precipitation, allowing the crop achieve potential yields. The irrigation systems have increasingly over years, especially to center pivot irrigation systems that expanded in an annual average of 104.000 ha. Nevertheless, farmers have been using the irrigation systems without an accurate irrigation project and a

* josue.junior@uftm.edu.br

professional that could calculate the water balance necessary to supply the crop demand using the appropriate local environmental conditions. Therefore, the objective of this study was to determine the critical months to supply the required water necessary to the crop achieve great yields in São Paulo Northwest area from a water balance study. The data analysis demonstrated that August, September and October are the critical months due to presented water deficit of 114, 49 and 81 mm, respectively and increased the evapotranspiration average values.

Keywords: Irrigation consulting; water management; weather.

INTRODUÇÃO

A obtenção e análise de dados climatológicos vem ganhando relevância em um cenário nacional de expansão da área irrigada versus usos múltiplos da água. O destaque, entre os tipos de sistemas de irrigação, é observado para os pivôs centrais (GUIMARÃES & LANDAU, 2011; LANDAU et al., 2013; LANDAU et al., 2014; AMENDOLA, 2016 e MARTINS et al., 2016). São cerca de 19,9 mil equipamentos ocupando uma área de 1,3 milhões de hectares, com uma expansão média de 104 mil hectares irrigados por ano, sendo os Estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo detentores de 80% das áreas irrigadas com este tipo de sistema (LANDAU et al., 2014).

Uma expansão desse sistema de irrigação também é observada para a região Noroeste do Estado de São Paulo que ampliou em 6.531 hectares sua área irrigada por pivôs centrais, incorporando 116 novos equipamentos entre os anos de 2000 a 2015, totalizando 13.331 hectares irrigados (AMENDOLA, 2016). Segundo a mesma autora, as principais culturas irrigadas por esse sistema são o feijão, o milho e a soja, que juntos movimentam cerca de 2% do PIB municipal.

Nesta região, a Área de Hidráulica e Irrigação da Universidade Estadual Paulista - UNESP Câmpus de Ilha Solteira operacionaliza a Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, composta por dez estações automáticas, que alimentam o Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira. Este Canal processa, armazena e disponibiliza gratuitamente as informações climatológicas em tempo real ou em base

histórica pelo sítio clima.feis.unesp.br. Além disso, o Canal CLIMA disponibiliza textos técnicos, software e pesquisas desenvolvidas com a finalidade de modernização da agropecuária regional.

A divulgação desses dados climatológicos é essencial para o planejamento e tomada de decisão em diversas etapas da atividade agrícola como, por exemplo, a quantidade adequada na aplicação de água às culturas (LOPES et al., 2004; FLUMIGNAN et al., 2015 e SILVA JUNIOR, 2017); a análise de viabilidade econômica na implantação de novas culturas (GOMES et al., 2013); a determinação das melhores épocas de semeadura, plantio ou colheita (AVILEZ & HERNANDEZ, 2017; ASCOLI et al., 2017 e BISPO et al., 2017) e a caracterização do clima local (ROLIM et al., 2007).

As variáveis que compõe o balanço hídrico favorecem ao planejamento agropecuário e as práticas de controle de produção, ou seja, disponibilizam informações que permitem aos produtores identificar as fragilidades climáticas, sendo uma ferramenta essencial para o sucesso de um empreendimento agrícola, que inclui a decisão de optar ou não por sistemas de irrigação para suprir a deficiência hídrica no solo (SANTOS et al., 2010).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo determinar quais os meses mais críticos para agricultura irrigada, na área de atuação da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, com base no estudo do balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1955). O recorte considerado abrange 60 municípios da

região Noroeste Paulista (SILVA JUNIOR, 2017), totalizando uma área de 16.120 km², que possuem cerca de 9.541 há

irrigados por 137 pivôs centrais (AMENDOLA 2016).

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi elaborado a partir dos dados obtidos pela Rede de Estações Agrometeorológicas do Noroeste Paulista, constituída por 8 estações agrometeorológicas (Tabela 1). A distribuição espacial dessas estações e o recorte da área de interesse estão contidos

na figura 1. A área em recorte expressa delimita o espaço de interesse da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulistas cujo objetivo foi abranger parte da área irrigada por pivôs centrais na região, cerca de 9.541 hectares (AMENDOLA, 2016).

Tabela 1. Descrição das estações agrometeorológicas avaliadas.

Estação	Latitude	Longitude	Altitude	Início de operação
1. Bonança	-20,67°	-51,03°	357	02/09/2011
2. Ilha Solteira	-20,42°	-51,35°	337	20/08/1991
3. Itapura	-20,64°	-51,48°	335	16/11/2011
4. Marinópolis	-20,45°	-50,81°	370	06/08/1998
5. Paranapuã	-20,02°	-50,57°	436	16/12/2010
6. Pioneiros	-20,73°	-50,96°	350	07/07/2011
7. Populina	-19,88°	-50,47°	394	11/06/2011
8. Santa Adélia	-20,53°	-51,25°	426	14/07/2011

Fonte: Adaptado de UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (2016a)

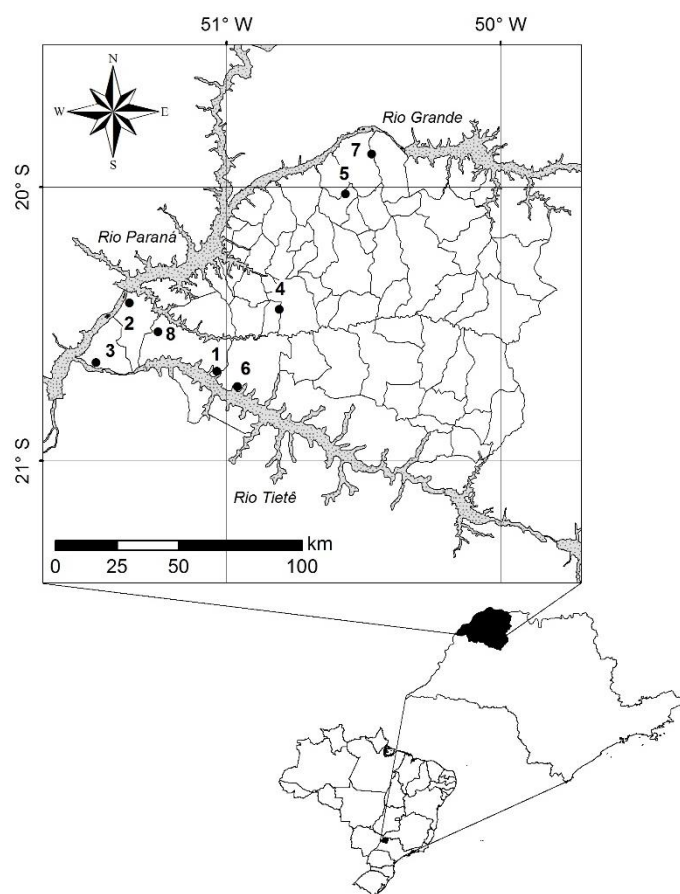


Figura 1. Distribuição espacial da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista e recorte da área considerada para estudo.

A área delimitada, localizada geograficamente entre os meridianos 49° 47' e 51° 34' de longitude Oeste e os paralelos 19° 47' e 21° 8' de latitude Sul, totaliza 16.130 km² dos quais cerca de 9,5 mil hectares são irrigados por pivôs centrais (AMENDOLA, 2016). Essa área abrange 60 municípios, sendo Itapura, Sud Mennucci, Pereira Barreto e Cardoso aqueles com as maiores superfícies irrigadas, somando 58% da área total.

Segundo AMENDOLA 2016, as principais culturas irrigadas por pivôs centrais na Região Noroeste são o feijão, o milho e a soja, que juntos movimentam cerca de 2% do PIB municipal. Considerando a área em estudo, destacam-se os municípios de Itapura, Riolândia, Cardoso e Pereira Barreto que juntos somam 35% da área irrigada (ANA, 2016) e apresentam, em média, produções superiores a 152%, 100% e 65%, respectivamente para as culturas da soja,

do feijão e do milho, quando comparadas às médias da produção obtidas para as mesmas culturas em áreas não irrigadas (IEA, 2015).

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi obtido pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), assumindo uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 60 mm. A definição desse valor considerou uma profundidade média do solo de 60 centímetros, que abrange grande parte das culturas anuais e perenes, e a predominância de argissolos na área delimitada, cuja CAD é, em média, de 1,0 mm cm⁻¹ (REICHARDT, 1987).

Foram considerados os dados médios mensais da precipitação (P) e da evapotranspiração de referência (ET₀) para o período de 01/01/2012 a 31/12/2015 (Tabela 2), sendo a ET₀ calculada de acordo com ALLEN et al. (1998).

Tabela 2. Médias da evapotranspiração de referência (ET₀) e da precipitação obtidas pela Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

Estações	ET ₀ (mm dia ⁻¹)												Total (mm)
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1. Bonança	4,6	4,5	4,0	3,3	2,6	2,2	2,5	3,6	4,1	4,7	4,6	4,5	1.369
2. Ilha Solteira	5,1	5,0	4,2	3,7	3,1	2,7	3,1	4,4	5,2	5,1	5,2	5,2	1.575
3. Itapura	5,2	4,8	4,3	3,4	2,8	2,5	2,8	4,1	4,6	5,0	5,0	4,9	1.496
4. Marinópolis	4,9	4,9	4,2	3,5	2,8	2,5	3,0	4,3	5,0	5,1	4,9	4,9	1.515
5. Paranapuã	4,1	4,6	3,9	3,4	2,8	2,5	2,9	3,9	4,6	4,9	4,7	4,8	1.427
6. Pioneiros	4,8	4,5	3,7	3,3	2,3	2,2	2,2	3,4	3,7	4,3	3,9	3,8	1.274
7. Populina	4,5	4,6	4,0	3,3	2,7	2,4	2,7	3,8	4,3	4,9	4,4	4,1	1.384
8. Sta. Adélia	4,7	4,6	3,9	3,4	3,1	2,9	3,4	4,9	4,8	5,4	4,7	4,7	1.531
Estações	Precipitação (mm)												Total (mm)
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1. Bonança	163	187	142	65	65	55	33	3	104	53	180	164	1.214
2. Ilha Solteira	197	173	192	111	42	69	31	6	74	95	200	156	1.346
3. Itapura	131	223	195	65	45	60	36	3	93	61	162	132	1.206
4. Marinópolis	189	175	200	58	56	62	33	6	77	63	174	161	1.254
5. Paranapuã	229	183	279	67	55	60	41	6	76	94	150	220	1.460
6. Pioneiros	168	200	147	78	64	61	37	4	121	53	187	167	1.287
7. Populina	212	124	198	96	65	52	34	2	80	100	152	131	1.246
8. Sta. Adélia	182	124	192	96	60	63	40	5	112	71	140	156	1.241

Fonte: adaptado de UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (2016a)

Para o período indicado não houve a ocorrência de falhas e, portanto, não houve a necessidade de ajustes empíricos ou

utilização de outras fontes de informação, como sensoriamento remoto.

Ressalte-se que em países desenvolvidos, como os Estados Unidos e Europa, poucos estudos são desenvolvidos para validação de dados agroclimatológicos obtidos via sensoriamento remoto em virtude da densa rede de estações meteorológicas existente (CAMPAROTTO et al., 2013).

Desta forma, o emprego do balanço hídrico utilizando a metodologia proposta por THORNTHWAITE & MATHER (1955) mostra-se adequada ao presente estudo.

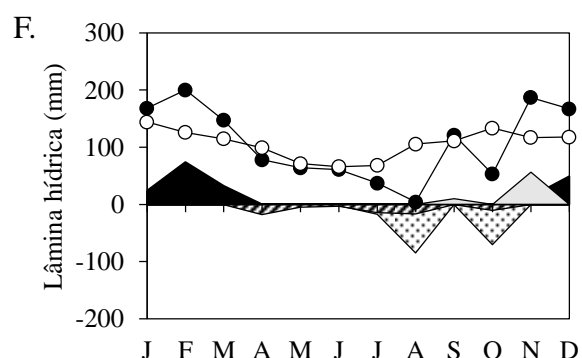
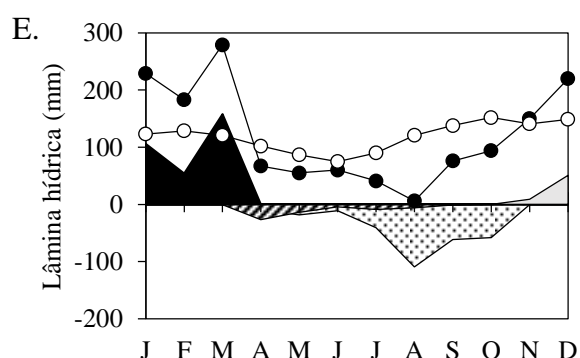
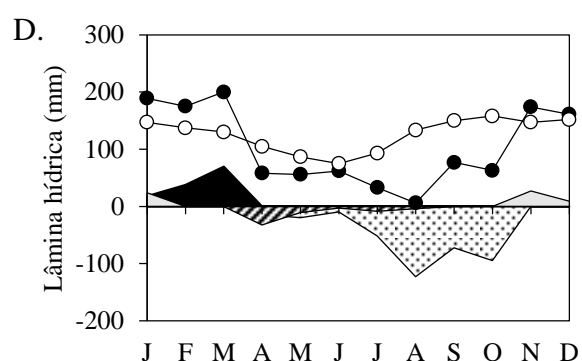
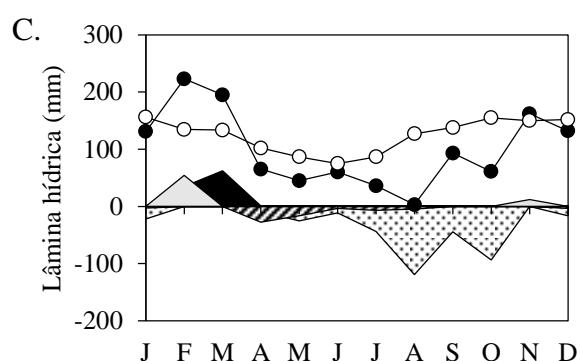
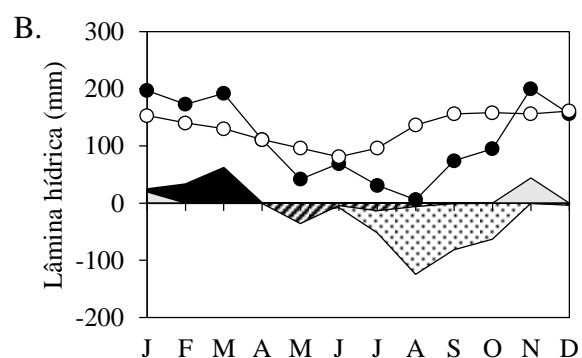
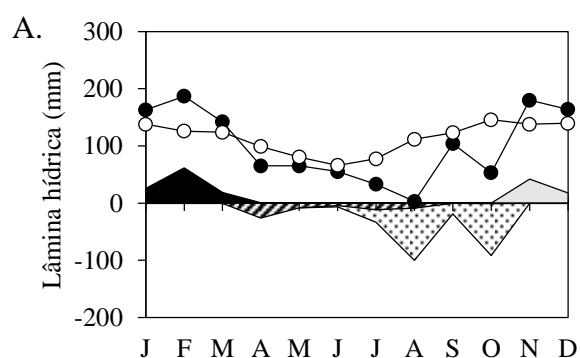
Os dados estão disponibilizados gratuitamente, para consulta, pelo sítio <http://clima.feis.unesp.br>.

Sequencialmente foram obtidas as estimativas da evapotranspiração potencial (ETP), determinada pelo somatório da ET_0 , armazenamento de água no solo (ARM), excedente hídrico (EXC), deficiência hídrica (DEF), retirada hídrica (RET) e reposição hídrica (REP) na escala mensal (PEREIRA et al. 2002), em conjunto com representação gráfica completa. Os cálculos do BHC e os gráficos foram gerados com o auxílio da ferramenta BHnorm (ROLIM, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os BHCs, para as estações que compõe a Rede Agrometeorológica do

Noroeste Paulista, estão contidos nas Figuras 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F, 2G e 2H.



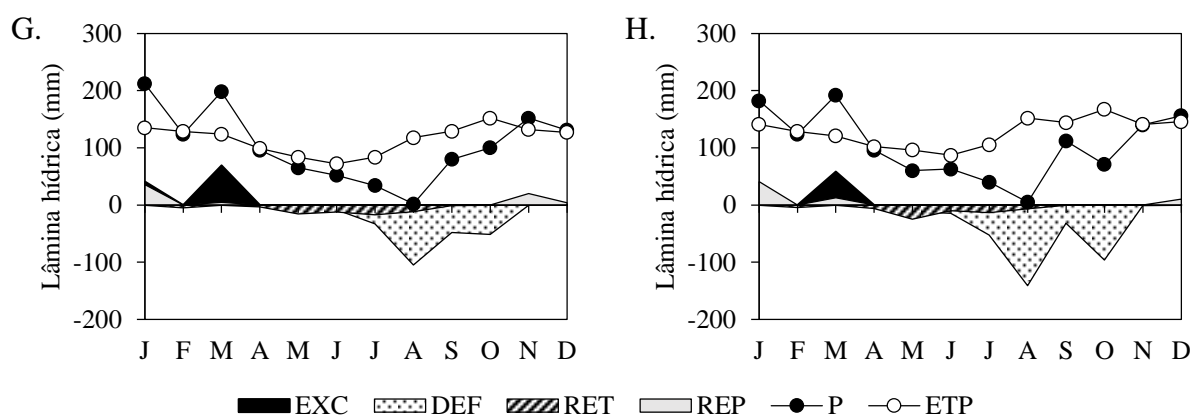


Figura 2. Representação gráfica completa do balanço hídrico climatológico para as estações agrometeorológicas Bonança (A), Ilha Solteira (B), Itapura (C), Marinópolis (D), Paranapuã (E), Pioneiros (F), Populina (G) e Santa Adélia (H), na região Noroeste Paulista.

O somatório mensal da ET_0 , representada pela evapotranspiração assumindo um coeficiente de cultura médio de 1,0 - condição ideal para a maioria das culturas presentes na região Noroeste Paulista - e uma profundidade efetiva do sistema radicular de 60 cm, foi superior a precipitação mensal em todas as localidades estudadas, o que, em geral, levou à déficits hídricos concentrados entre os meses de abril a outubro e excedentes hídricos entre os meses de janeiro a março (Figura 2).

Resultados semelhantes podem ser observados em SANTOS et al. (2010),

para região de Marinópolis; DAMIÃO et al. (2010) e PEREIRA et al. (2011), para região de Ilha Solteira e em BISPO et al. (2017), para região de Sud Menucci.

A precipitação média para a região foi de 1.282 mm, ao passo que a ET_0 foi de 1.446 mm, a diferença entre essas grandezas expressa um déficit hídrico de 13% no volume de chuvas para suprir a demanda evapotranspirativa. Observa-se, ainda, que a variabilidade da precipitação ao longo do ano foi superior àquela observada para ET_0 (Figura 3).

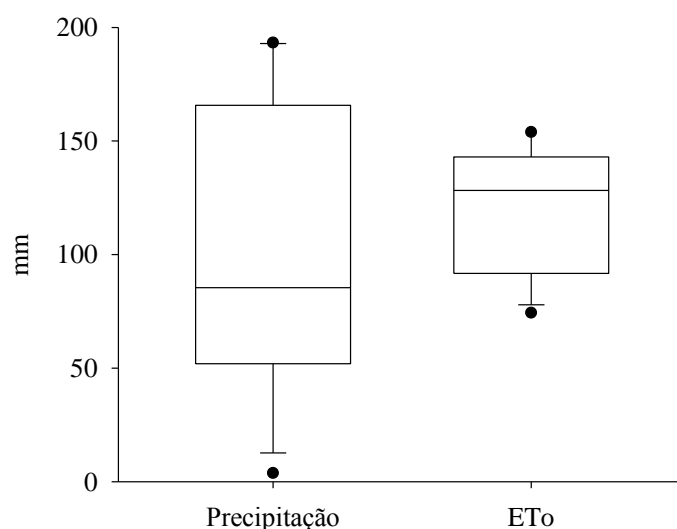


Figura 3. Análise descritiva das médias mensais para precipitação e evapotranspiração de referência (ET_0) registradas na Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

Essa variação ocorre devido ao padrão de distribuição de chuvas na região ser influenciado, cada vez mais, por chuvas

do tipo convectivas - caracterizadas por uma distribuição localizada, alta variabilidade espacial, intensidade de

chuva de moderada a forte, de curta a média duração e predominância de ocorrências no final da tarde ou início da noite (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2016b; GARCEZ & ALVAREZ, 1988). Ao contrário da ET_0 que tem uma distribuição dependentes das condições gerais do tempo (SILVA JUNIOR, 2017).

Compilando-se os dados médios das oito estações é possível notar que o comportamento climático da região segue um padrão bem definido (Figura 4), apresentando período chuvoso de novembro a março e uma acentuada redução na precipitação que se inicia no mês de abril e perdura até o mês de agosto (período seco), quando praticamente cessam as chuvas (média inferior a 10 mm). Neste período a deficiência hídrica atinge o valor médio mais negativo (-114 mm).

Em setembro, o déficit hídrico é de 43 mm e a precipitação eleva-se a 92 mm. Na ocasião, as chuvas registradas no período não são suficientes para repor, na totalidade, o armazenamento de água no solo. Esta condição também é observada

para o mês de outubro, em que se registra um déficit hídrico de 79 mm e precipitações médias na ordem de 74 mm.

Segundo SANTOS & CARLESSO (1998), a diminuição do conteúdo de água no solo afeta acentuadamente alguns processos morfofisiológicos que resultam no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas (McCREE & FERNÁNDEZ, 1989 E TAIZ & ZEIGER, 1991).

Os efeitos do déficit hídrico na produção agrícola estão relacionados, principalmente, com o genótipo utilizado, a duração e severidade do déficit e o estágio de desenvolvimento da cultura. BISPO et al. (2017), estudando o balanço hídrico e a estimativa do consumo relativo de água na cultura da cana-de-açúcar no Noroeste Paulista, observou que a deficiência hídrica da região ocorre durante as fases de perfilhamento e crescimento de colmos quando se considera a colheita no mês de maio. Esses mesmos autores relacionam os meses de julho a outubro como os mais críticos para a cultura.

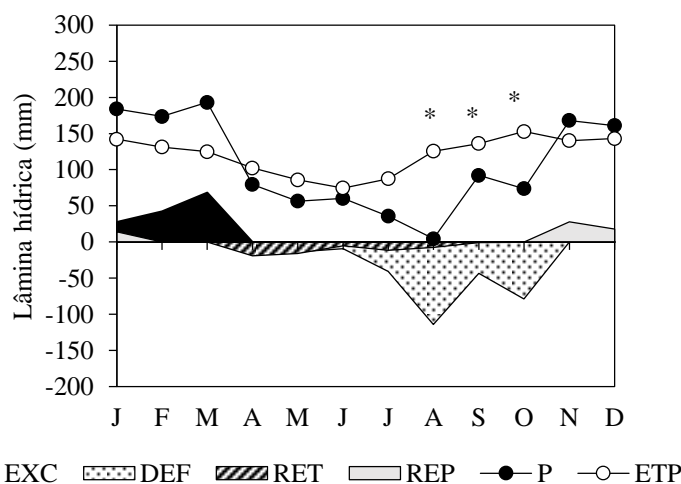


Figura 4. Representação gráfica completa do balanço hídrico climatológico calculado a partir da média das estações que compõe a Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

Outros trabalhos corroboram com a hipótese de que o BHC é uma importante ferramenta de gestão da agricultura irrigada para região Noroeste Paulista (PEREIRA et al., 2011; SANTOS et al., 2010 e DAMIÃO et al., 2010).

A partir dos dados obtidos da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista, foi possível definir os meses de agosto, setembro e outubro, como os mais críticos para irrigação por apresentarem déficits hídricos de 114, 43 e 79 mm,

respectivamente, ao mesmo tempo em que se elevam os valores da ETP de 126 para

153 mm.

CONCLUSÕES

1. Os meses mais críticos para agricultura irrigada na região delimitada são agosto, setembro e outubro;

2. A análise do balanço hídrico mostra-se adequada para determinação dos meses críticos como subsídio as atividades agrícolas irrigadas da região.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) e ao Centro Universitário de Votuporanga (UNIFEV) pelas Bolsas concedidas e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado

de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (Processo 2.009/52.467-4), que possibilitaram a execução e conclusão deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - ano 2014**. 2016. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/metadados/>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

AMENDOLA, E. C. **Evolução da agricultura irrigada por pivô central no Noroeste Paulista**. 2016. 51 f. TCC (Graduação) - Curso Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2016.

ASCOLI, A. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; SENTELHAS, P. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; AMENDOLA, E. C.; ASCOLI, R. T. Necessidade de irrigação na cultura da cana-de-açúcar em função da época de colheita. In: **Inovagri International Meeting, IV**. Fortaleza, CE, 2017. Anais ... Fortaleza, CE: ABID, 2017. 10 p.

AVILEZ, A. M. A.; HERNANDEZ, F. B. T. Semeadura do feijoeiro em função da disponibilidade hídrica no solo no

município de Itapura-SP. In: **Inovagri International Meeting, IV**. Fortaleza, CE, 2017. Anais ... Fortaleza, CE: ABID, 2017. 10 p.

BISPO, R. de C.; HERNANDEZ, F. B. T.; TEIXEIRA, A. H. de C. Balanço hídrico e estimativa do consumo relativo de água da cultura da cana-de-açúcar na região Noroeste Paulista. **Irriga**, v. 1(1): 94-101, 2017.

CAMPAROTTO, L. B.; BLAIN, G. C.; GIAROLLA, A.; ADAMI, M.; CAMARGO, M. B. P. de. Validação de dados termopluiométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17(6): 665-671, 2013.

DAMIÃO, J. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ZOCOLER, J. L. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, Noroeste Paulista. In: **Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XX**. Uberaba, MG, 2010. Anais ... Uberaba, MG: CONIRD, 2010. 7 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Trad. H. R. Gheyi, J. E. C. Metri, F. A. V.

- Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1997. 204p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24).
- FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. S.; GARCIA, R. A. **Necessidade de irrigação complementar da soja na região sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 8p. (Circular técnica, 34).
- GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo - SP: Editora Edgard Blücher, 1988.
- GOMES, E. P.; JORDAN, R. A.; MOTOMIYA, A. V. de A.; PADUA, J. B.; BISCARO, G. A.; GEISENHOF, L. O. Análise econômica e viabilidade energética da cultura do feijoeiro comum sob irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17(8): 835-842, 2013.
- GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 23 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90277/1/bol-40.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). **Estatística da produção paulista**. 2015. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2016.
- LANDAU, E. C., GUIMARÃES, D. P., REIS, R. J. **Mapeamento das Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 35 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 77). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94389/1/bol-77.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.
- LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; LINS, P. A. de A.; SOUZA, D. L. de. **Concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de São Paulo - Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 37 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100).
- MARTINS, J. D.; BOHRZ, I. S.; FREDRICH, M.; VERONEZ, R. P.; KUNZ, G. A.; TURA, E. F. Levantamento da área irrigada por pivô central no estado do Rio Gande do Sul. **Irriga**, v. 21(2): 300-311, 2016.
- McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v.29: 353-360, 1989.
- OLIVEIRA, A. S. de; KUHN, D.; SILVA, G. P. **A irrigação e a relação solo-planta-atmosfera**. LK editora, 2006, 88p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- PEREIRA, J. C. R.; HERNANDEZ, F. B. T.; NEALE, C.; TEIXEIRA, A. H. de C. Planejamento do plantio da cana-de-açúcar no Noroeste paulista baseado no balanço hídrico. In: **Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**, 21, 2011, Petrolina. As oportunidades de empreendedorismo na agricultura irrigada: Anais... Petrolina: ABID, 2011. 7 p.
- REICHARDT, K. **A água nos sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilha em ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6(1): 131-139, 1998.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4: 142-149, 2010.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, Noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4(3): 142-149, 2010.

SANTOS, R. S.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2(3): 287-294, 1998.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. **Balanço hídrico climatológico normal e sequencial de cultura e para manejo da irrigação**. Piracicaba, ESALQ/USP, 2009. (Aula nº 9. Disciplina LCE 306 - Meteorologia Agrícola).

SILVA JUNIOR, J. F. **Evapotranspiração de referência como base para o manejo sustentável da irrigação no Noroeste Paulista**. 2017. 77 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu-SP, 2017.

SILVA, D. F. da; PRELA-PANTANO, A.; SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do médio Paranapanema, SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3: 101-116, 2008.

SOUZA, A. P. de; MOTA, L. L. da; ZAMADEI, T.; MARTIM, C.C.; ALMEIDA, F. T. de; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, p. 34 - 43, 2013. DOI: 10.14583/2318-7670.v01n01a07.

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology**. California: The Benjamim/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Canal Clima UNESP Ilha Solteira. Ilha Solteira - SP**, 2016a. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br>>. Acesso em: 20 de jun. de 2016.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Levantamento pluviométrico na região Noroeste Paulista é irregular. Ilha Solteira - SP**, 2016b. Disponível em: <http://clima.feis.unesp.br/jornal_dia_a_dia_29_marco_2016>. Acesso em: 20 de jun. de 2016.