

CRESCIMENTO E RENDIMENTO AGRÍCOLA DA CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

MARCELO AUGUSTO DA SILVA SOARES¹; SAMUEL SILVA²; JORGE LUIZ XAVIER LINS CUNHA³; ANA BEATRIZ DE ALMEIDA MOURA⁴; ANA CAROLINE DE ALMEIDA MOURA⁵ E ALLAN HEMERSON DE MOURA⁶

¹ *Doutorando em Produção Vegetal, Departamento de Tecnologia da Produção, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, Alagoas, Brasil, marcelocico_@hotmail.com.*

² *Professor do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Piranhas, Av. Sergipe, 1477, 57460-000, Piranhas, Alagoas, Brasil, samuel.silva@ifal.edu.br*

³ *Professor do Centro de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, Alagoas, Brasil, jorge.cunha.xavier@gmail.com*

⁴ *Graduando em Zootecnia pelo Centro de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, Alagoas, Brasil, anabeatrizmoura@gmail.com*

⁵ *Graduando em Agronomia pelo Centro de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, Alagoas, Brasil, anacarolineamoura@outlook.com*

⁶ *Mestrando em Produção Vegetal, Departamento de Tecnologia da Produção, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, Alagoas, Brasil, allanmoura.h@gmail.com.*

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos déficits e excessos hídricos no crescimento e rendimento agrícola do milho em diferentes épocas de cultivo na região de Rio Largo, AL. Para isso, foi conduzido um experimento no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições (E₁= 28/05/14, E₂=11/06/14, E₃=25/06/14 e E₄= 23/07/14). A primeira época de plantio foi a que apresentou maior altura do dossel (2,25 m), índice de área foliar (4,0 m² m⁻²) e rendimento agrícola (8,03 t ha⁻¹). A E₄ apresentou a menor altura do dossel (0,9 m) e a menor produtividade agrícola foi observada na E₃ (5,9 t ha⁻¹). Isso aconteceu porque com base no balanço hídrico da cultura, quando o plantio é realizado até o primeiro decêndio de junho há uma melhor distribuição da chuva o que maximiza o potencial da cultura.

Palavras-chave: produtividade de grãos, precipitação pluvial, balanço hídrico

SOARES, M. A. S.; SILVA, S.; CUNHA, J. L. X. L.; MOURA, A. B. A.; MOURA, A. C. A.; MOURA, A. H.

GROWTH AND YIELD OF MAIZE CROP UNDER DIFFERENT WATER AVAILABILITIES

2 ABSTRACT

This work aimed to evaluate the effects of hydric deficits and excesses on growth and yield of corn at different times of cultivation in the region of Rio Largo, Al. For this, an experiment was conducted at the Campus of Engineering and Agricultural Sciences of the Federal University of Alagoas. The statistical design was randomized blocks, with four treatments and five replications ($E_1 = 28/05/14$, $E_2-11 / 06/14$, $E_3-25 / 06/14$, and $E_4- 23/07/14$). The first planting season was the one with the highest canopy height (2.25 m), leaf area index ($4.0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) and agricultural yield (8.03 t ha^{-1}). The E4 had the lowest canopy height (0.9 m) and the lowest agricultural yield was observed in the E3 (5.9 t ha^{-1}). This happened because based on the water balance of the crop, when planting is carried out until the first ten days of June, there is a better distribution of rain, which maximizes the crop's potential.

Keywords: yield of grains, rainfall, water balance

3 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*L.) é um cereal de grande importância socioeconômica mundial pelo fato de ser utilizado tanto na alimentação humana quanto animal (SILVA et al., 2019). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (MILHO, 2019), a produtividade brasileira de milho na safra 18/19 foi de $5,71 \text{ t ha}^{-1}$. Entretanto, no Nordeste a produtividade agrícola foi igual a $2,63 \text{ t ha}^{-1}$, sendo esta 53,94 % inferior à média nacional. Dos estados brasileiros, Alagoas ocupa o 22º lugar em rendimento agrícola com $1,43 \text{ t ha}^{-1}$. Esse baixo rendimento agrícola, comparado aos demais estados, ocorre em virtude da má distribuição da precipitação pluvial durante a época de cultivo devido à presença de pequenos veranicos durante a estação chuvosa (SOUZA et al., 2004).

A precipitação pluvial é o fator climático que mais interfere no crescimento, desenvolvimento e no rendimento agrícola do milho, em Alagoas chove em média 1.800 mm anuais (CARVALHO et al., 2013). Porém, essa precipitação pluvial é distribuída de forma irregular no decorrer do ano, com 70% das chuvas ocorrendo nos meses de abril a agosto e os 30% restantes nos meses de

setembro a março (SOUZA et al., 2004). É de extrema importância o fornecimento de água à cultura, principalmente, na fase reprodutiva, no período de pendoamento ao espigamento, sendo crucial o atendimento das necessidades hídricas da cultura, 15 dias antes e 15 dias depois do pendoamento (SOARES, 2019). Se a lavoura de milho, na fase de florescimento, passar por dois dias de estresse hídrico, a produtividade de grãos pode ser reduzida em mais de 20%, caso esse estresse hídrico se prolongue de quatro a oito dias, pode ocorrer perdas de mais de 50%, uma vez que é nessa fase de desenvolvimento que ocorre a definição da produtividade de grãos (DURÃES et al., 2004)

Uma alternativa para melhorar a produtividade agrícola sem aumentar os custos de produção é plantar em épocas nas quais a precipitação pluvial seja melhor distribuída e a temperatura média do ar seja adequada para o cultivo (WAGNER et al., 2011), pois estes fatores influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas (MALDANER et al., 2014). O balanço hídrico é uma técnica agrônômica muito importante para definir a melhor época de plantio, visto que a partir dessa definição, é possível determinar os períodos com excesso e déficit de água no solo

(CARVALHO et al., 2011). A sua utilização permite identificar períodos com déficit hídrico e evitar que a ocorrência destes coincida com o período crítico para a formação da produtividade nos cultivos agrícolas. Nesse contexto, um planejamento que vise melhorar o aproveitamento dos recursos ambientais poderá gerar incrementos no rendimento agrícola do milho.

Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito do déficit e excesso hídrico no crescimento e rendimento agrícola do milho cultivado em diferentes épocas de plantio na região de Rio Largo, AL.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL (09°28'02" S e 35°49'43" O, 127

m de altitude), numa área de 2.752,0 m², de Latossolo Amarelo coeso argissólico, com textura média/argilosa e declividade inferior a 2%. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constaram de quatro épocas de semeadura (E₁:28/05/14, E₂:11/06/14, E₃:25/06/14 e E₄:23/07/14). A parcela foi constituída por vinte linhas de plantio, com 7 metros de comprimento cada, espaçadas a 0,8 metros, totalizando 112 m².

O preparo do solo foi realizado com duas gradagens. A adubação de fundação (nível = 115 kg de P₂O₅ e 192 kg de K₂O por hectare) foi feita com base na análise química do solo (Tabela 1), visando uma produtividade agrícola média de 10,0 t ha⁻¹ de grãos, conforme Coelho (2007). A adubação nitrogenada foi realizada aos 15 dias após o plantio (DAP), e foram aplicados 112,5 kg de N na forma de uréia.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo da área experimental, na região de Rio Largo, AL, 2014.

Parâmetro	Profundidade do solo (cm)	
	0-20	20-40
Parâmetros químicos		
pH (água)	5,8	5,7
Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	3,5	2,7
Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,9	1,0
Ca ²⁺ +Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	4,4	3,7
Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,18	0,18
H ⁺ +Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	5,0	5,0
SB (cmolc dm ⁻³)	4,8	4,1
T (cmolc dm ⁻³)	9,8	9,1
t (cmolc dm ⁻³)	4,95	4,26
% V	48,4	45,3
% M	4,3	4,3
Na ⁺ (mg dm ⁻³)	29,0	33,0
P (mg dm ⁻³)	33,7	31,3
K ⁺ (mg dm ⁻³)	93,3	91,7
Parâmetros físicos		
Densidade (mg dm ⁻³)	2,41	2,60
Argila (%)	20,00	44,00
Areia (%)	73,62	50,00
Silte (%)	6,38	6,00

SB: (Soma de bases) = Ca²⁺+ Mg²⁺+ K⁺+ Na⁺; T = Capacidade de Troca Catiônica total, CTC pH 7,0; t = Capacidade de Troca Catiônica efetiva; % V: Saturação de bases; %M: Saturação de alumínio.

O plantio foi realizado manualmente, colocando-se 2 (duas) sementes do híbrido AG7088 a cada 25 cm e quando as plantas estavam com 4 folhas totalmente expandidas, foi realizado o desbaste a fim de obter uma densidade de 50.000 plantas por hectare. O controle das plantas daninhas foi feito com os herbicidas Soberan (260 mLha⁻¹) e Atrazina (2,5 L ha⁻¹), ambos aplicados após o plantio com pulverizador costal manual.

Os dados agrometeorológicos utilizados para o cálculo das médias diárias de chuva e temperatura foram cedidos da estação meteorológica automática do Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA), que está localizada próxima ao experimento. A

estação é do modelo Micrologger-21X da Campbell Scientific®.

O balanço hídrico foi feito pelo método de Thorntwaite e Mather (1955), conforme a metodologia recomendada por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002). A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultura (K_c). O K_c utilizado foi o da *Food Agriculture Organization* (FAO), cujos valores da fase inicial, intermediário e final foram 0,40, 1,2 e 0,6, respectivamente. O K_c inicial foi corrigido pelo método gráfico, em função da ET_o e da frequência de irrigação. O K_c intermediário e K_c final foram corrigidos conforme a Equação 1:

$$Kc \text{ final} = Kc \text{ final}_{(Tab)} + [0,04 (U_2 - 2) - 0,004(RH_{\min} - 45)] (H/3)^{0,3} \quad (1)$$

Em que: K_c final (T_{Tab}) é o valor fornecido no boletim da FAO-56; U_2 é o valor médio para velocidade do vento diário medido a 2 m de altura sobre a grama durante a última fase de crescimento; RH_{min} é o valor da umidade relativa mínima diária média durante a última fase de crescimento [%], para $20\% \leq RH_{min} \leq 80\%$; e H é a altura da planta média durante a última fase

de crescimento [m], para $0,1 \text{ m} \leq H \leq 10 \text{ m}$ (ALLEN *et al.*, 1998).

A fenologia foi realizada com base na escala proposta por Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães e Durães (2006), que divide o ciclo da cultura do milho em duas fases principais: fase vegetativa (V) e fase reprodutiva (R), conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Estádios de desenvolvimento da cultura do milho proposto por Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães e Durães (2006)

VEGETATIVO	REPRODUTIVO
V_E – Emergência;	R_1 – Florescimento;
V_1 – 1ª folha desenvolvida;	R_2 – Grão leitoso;
V_2 – 2ª folha desenvolvida;	R_3 – Grão pastoso;
V_3 – 3ª folha desenvolvida;	R_4 – Grão farináceo;
V_N – N-énésima folha desenvolvida;	R_5 – Grão farináceo duro;
V_T – Pendoamento	R_6 – Maturidade fisiológica

O índice de área foliar (IAF) e a altura do dossel vegetativo foram medidos quinzenalmente a partir dos 30 dias após a semeadura através de trenas e paquímetros. O IAF foi calculado pela Equação 2:

$$IAF = \frac{AF \times NP}{\epsilon \times H} \quad (2)$$

Em que: AF é a área foliar (m^2); N_p é o número de plantas por metro linear; ϵ é o espaçamento médio entre linhas (m); e H é o comprimento da linha de contagem das plantas (m).

A área foliar foi determinada pela Equação 3 conforme a metodologia de Hermann e Câmara (1999):

$$AF = C \times L \times 0,75 \times (N+2) \quad (3)$$

Em que: C é o comprimento da “folha +3” (m); L a largura da “folha +3” (m); 0,75 é o fator de correção de forma das folhas; e N o número de folhas fotossinteticamente ativas.

As colheitas foram realizadas nos dias 22/10/2014 (E_1), 04/11/2014 (E_2),

25/11/2014 (E_3) e 11/12/2014 (E_4) nas doze fileiras centrais da parcela (área útil). O rendimento de grãos foi obtido a partir da pesagem de todos os grãos colhidos na área útil de cada parcela, conforme a Equação 4:

$$RG = 10.000 (M / C \epsilon) \quad (4)$$

Em que: RG é o rendimento de grãos ($kg \text{ ha}^{-1}$); M é a massa colhida na área amostrada (kg); C é o comprimento total das linhas colhidas (m); ϵ é o espaçamento entre linhas (m); e 10.000 é o fator de conversão para hectare.

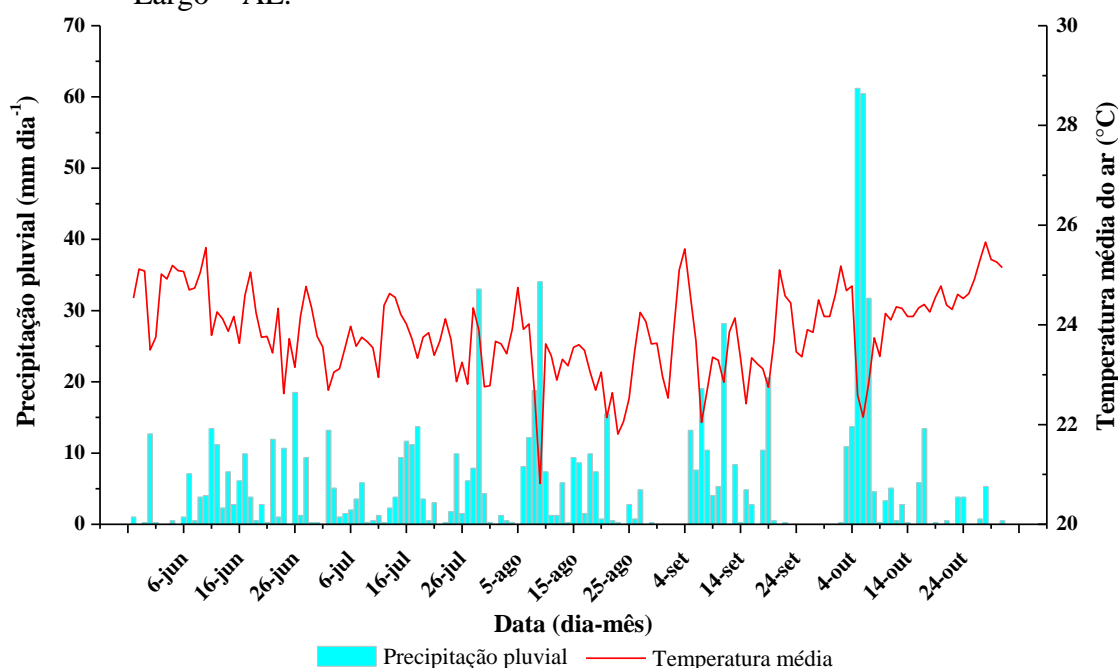
Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão pelo teste F ($p \leq 0,05$), em que para as variáveis quantitativas foi aplicada regressão e para as qualitativas, teste de média. O software utilizado para as análises foi o programa estatístico Sisvar (Sistema de Análise de Variância).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias do ar nas quatro épocas foram 23,7°C; 23,6°C; 23,5°C e 23,7°C, na (E₁), (E₂), (E₃) e (E₄), respectivamente (Figura 1), sendo enquadradas no intervalo de temperatura reconhecida por Grossi et al. (2011) como ideal para cultura do milho que é de 10°C a 30°C. A precipitação pluvial total em E₁,

E₂, E₃ e E₄ foi respectivamente 457, 476, 478 e 584 mm (Figura 1), as quais estiveram na faixa de 400 a 600 mm por ciclo que, conforme Machado (2016), é a demanda hídrica exigida pela cultura do milho. Esses valores ficaram abaixo da normal climatológica, pois para Souza *et al.* (2004), nessa região, as médias correspondentes às épocas deste trabalho, são de 862 (E₁), 545 (E₂), 670 (E₃) e 816 mm (E₄).

Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média do ar (T_m) durante as épocas de plantio do milho (E₁, E₂, E₃ e E₄), no período de 28/05/2014 a 31/10/2014, na região de Rio Largo – AL.

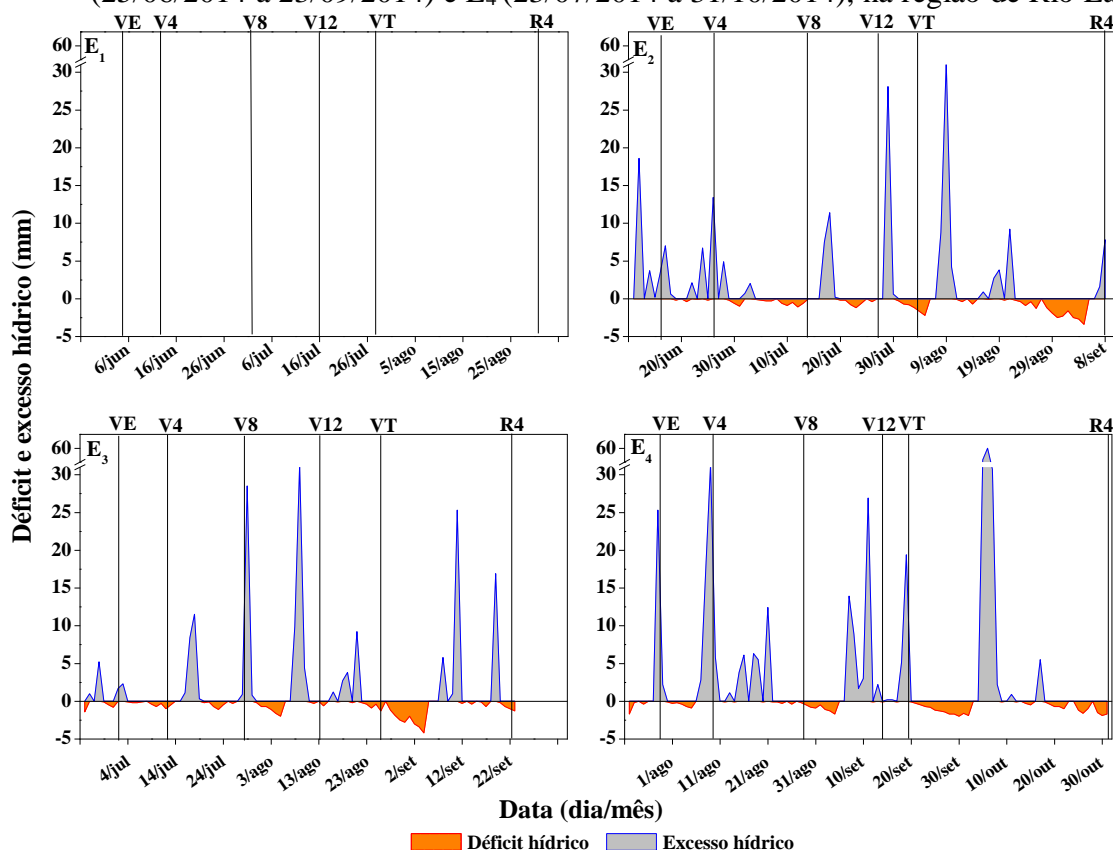


Fonte: Autores (2020)

No balanço hídrico da cultura do milho plantado em 28/05/2014 (E₁), na região de Rio Largo, Alagoas (Figura 2), observa-se um período de 16 dias com déficit hídrico de 15,4 mm desde o plantio até a fase V4 (4 folhas desenvolvidas - 13/06/2014). Nas fases V8 e R4 também ocorreu um período de déficit hídrico de 11,2 mm. Sendo que o déficit hídrico registrado considerando todo período avaliado foi de 44,9 mm. Conforme Oliveira et al. (2009), a germinação de sementes é um dos estádios mais críticos do ciclo de vida da planta e é um processo

irreversível, o qual é afetado diretamente pela ocorrência de déficit hídricos. Khajeh-Hosseini, Powell e Bingham (2003) afirmaram que, dos diversos fatores do ambiente capazes de influenciar na germinação, a disponibilidade de água é um dos mais importantes, uma vez que se constitui o fator principal na maioria dos processos bioquímicos e fisiológicos. Por outro lado, nessa mesma época de plantio houve excesso hídrico total de 147,6 mm, em que desse montante, 27,0 mm foram no VT (pendoamento).

Figura 2. Balanço hídrico da cultura do milho com déficits e excessos hídricos nas épocas de plantio: E₁ (28/05/2014 a 01/09/2014), E₂ (11/06/2014 a 08/09/2014), E₃ (25/06/2014 a 23/09/2014) e E₄ (23/07/2014 a 31/10/2014), na região de Rio Largo,



AL.

Fonte: Autores (2020)

A E₂ foi a época de plantio na qual houve menor deficiência hídrica total, sendo que nessa época, o déficit foi menor na fase vegetativa (17,5 mm) e maior na fase reprodutiva (22,9 mm). No entanto, aproximadamente 7 mm do total ocorreu no período de transição da fase vegetativa para a reprodutiva (31/07/2014; 05/08/2014), sendo que, a ocorrência de déficit hídrico antes da emissão dos estigmas pode causar decréscimo na produtividade de até 25%, pois o milho é relativamente tolerante ao déficit hídrico durante a fase vegetativa, porém, essa redução é de 50% se o estresse hídrico ocorrer na fase de florescimento e enchimento de grãos devido à extrema sensibilidade da cultura à falta de água durante esse período (Maldaner et al., 2014). Nas fases VE, V4 e V12 houve

excesso hídrico de 16,3; 4,9; e 28,1 mm, respectivamente, o que garantiu uma boa germinação e desenvolvimento da cultura, entretanto, para a fase R4, foi registrado um excesso hídrico de 9,4 mm.

Na terceira época de plantio (E₃) ocorreu o maior déficit hídrico total (45,7 mm) comparado as demais épocas de plantio, sendo que 27,5 mm ocorreram na fase de pendramento a enchimento de grãos, período crítico para a cultura, resultando assim em baixo rendimento de grãos para esta época de semeadura. Claassen e Shaw (1970) observaram que o estresse hídrico no milho, a partir da emergência do pendão até duas semanas após o espigamento, é o que causa maior redução no rendimento de grãos. No presente estudo, durante esse período foi

observado o segundo menor excesso hídrico total (44,9 mm).

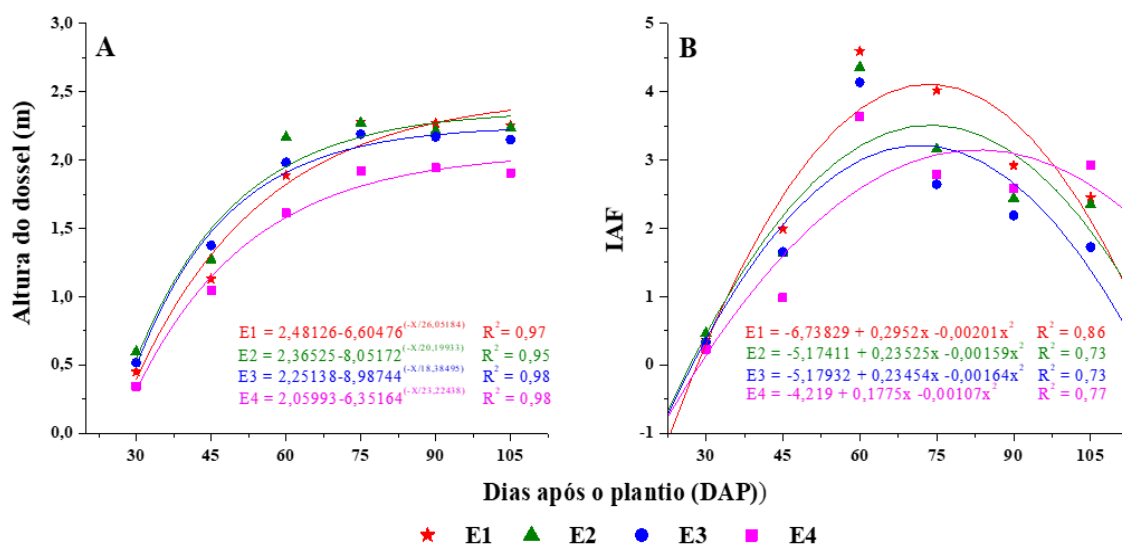
A E₄ foi a segunda época mais prejudicada pelos déficits e excessos hídricos, pois no período crítico teve cerca de 40 mm de estresse hídrico na fase de enchimento de grãos, causando baixo desempenho das plantas. Todavia, durante essa época de plantio houve excesso hídrico de 132,3 mm na fase vegetativa e de 131,3 mm na fase reprodutiva, sendo que aproximadamente 50% (131,3 mm) do excesso hídrico total ocorreu em apenas 4 dias.

De modo geral, as plantas C4 são relativamente resistentes ao estresse hídrico, no entanto, nos períodos críticos (florescimento e enchimento dos grãos) a falta de água pode causar redução no rendimento de grãos da cultura do milho (MALDANER et al., 2014), pois mesmo em anos favoráveis, ou seja, com boa disponibilidade hídrica, caso ocorra algum déficit hídrico nas fases críticas de pré-floração e enchimento de grãos, haverá redução do potencial produtivo da cultura (BERGAMASCHI et al., 2006).

A altura do dossel em relação às épocas de semeadura tiveram um bom ajuste ao modelo exponencial de primeira ordem, com coeficientes de determinação (R^2) de 0,97; 0,95; 0,98; e 0,98, para os tratamentos E₁, E₂, E₃ e E₄, respectivamente (Figura 3A). Aos 75 dias após o plantio (DAP) foram observados os valores

máximos de altura do dossel: 2,28; 2,27; 2,18; e 1,91 m, nos tratamentos E₁, E₂, E₃ e E₄, respectivamente, e uma redução na altura do dossel de 16,2% (37 cm) da E₄ em relação a E₁. A justificativa para essa redução de crescimento da época 4 em relação a época 1, é que a precipitação pluvial na E₄ foi mal distribuída, o que resultou em longos períodos de deficiência hídrica na cultura do milho, além disso, em alguns momentos houve percolação da água da chuva nessa época de plantio devido ao volume precipitado ser maior que a capacidade de armazenamento do solo, o que resultou em menor precipitação pluvial efetiva na E₄ em relação a E₁, 225,0 e 310,0 mm, respectivamente. De acordo com Taiz e Zeiger (2013), plantas com deficiência hídrica fecham os estômatos e, conseqüentemente, reduzem a fixação de CO₂, a taxa fotossintética, a absorção de água e nutrientes e o crescimento. Soares *et al.* (2020), obtiveram resultados semelhantes referentes a ocorrência da altura máxima do dossel no milho, os autores observaram uma maior altura do dossel, igual a 2,47 m aos 73 DAP, sendo constatado que a partir desse momento, o crescimento vegetativo foi estabilizado em virtude dos fotoassimilados direcionados à produção e acumulação de amido nos grãos. Na mesma região do presente estudo, Barbosa (2017) verificou maior altura do dossel de 2,44 m aos 75 DAP, valor semelhante ao encontrado neste trabalho.

Figura 3. Altura do dossel vegetativo (A) e Índice de área foliar - IAF (B) da cultura do milho para quatro épocas de semeadura, no período de 28/05/2014 a 23/07/2014, na região de Rio Largo – AL.



Fonte: Autores (2020)

Almeida (2016), avaliando o déficit e excesso hídrico na cultura do milho (*Zea mays* L.) em ambiente protegido, verificou que as plantas submetidas ao déficit hídrico de 50 e 70% da evapotranspiração da cultura (ETc), obtiveram menores alturas do dossel 1,98 e 2,07 m, respectivamente. Soares *et al.* (2020), avaliando o crescimento do milho sob lâminas de irrigação em Rio Largo, Alagoas, obtiveram menores alturas do dossel 2,12 e 2,30 m nos tratamentos submetidos à irrigação no nível de 40 e 80% da ETc, respectivamente. De acordo com os autores supracitados, a altura do dossel é uma variável que possui forte ligação com o rendimento de grãos, e por isso deve ser observada nas estimativas de produção.

Na Figura 3B, observa-se que o índice de área foliar (IAF) em relação às épocas de plantio, apresentou um bom ajuste ao modelo matemático de regressão quadrático, com (R^2) de 0,86, 0,73, 0,73 e 0,77, respectivamente nos tratamentos E₁, E₂, E₃ e E₄. O valor máximo de IAF ocorreu em todas as épocas de plantio aos 60 dias após o plantio, sendo o maior valor (4,5) observado na E₁ e o

menor na E₄ (3,6), representando uma diferença de 20% no valor do IAF. A primeira época de plantio foi favorecida pelo maior volume de precipitação pluvial efetiva durante o ciclo de cultivo, que foi igual a 310 mm, enquanto na quarta época de plantio, observou-se um volume de apenas 225 mm. Conforme Soares *et al.* (2020), plantas submetidas à deficiência hídrica têm como efeito imediato a redução na expansão celular, o que consequentemente resulta em menor área foliar e índice de área foliar. Dos 60 aos 105 DAP ocorreu um decréscimo no IAF em todas as épocas de semeadura, chegando ao final do ciclo com média de 2,3, isso ocorreu, pois após o pico de IAF, as plantas iniciam processo de destinação de fotoassimilados para os grãos, ocorrendo concomitantemente a senescência natural das folhas mais velhas.

As épocas de plantio apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para o rendimento de grãos (Tabela 3). O maior rendimento de grãos foi observado na primeira época de plantio (E₁) com valor de 8,03 t ha⁻¹ (Figura 4). A justificativa para isso é que a cultura não

passou por déficit hídrico em nenhuma fase de desenvolvimento considerada crítica à falta de água, fase essa que corresponde do florescimento ao enchimento de grãos (Figura 2). Os déficits hídricos sofridos foram na fase inicial de forma leve e na fase de crescimento vegetativo, no entanto, o milho não é tão sensível a falta de água, o que não resultou em redução significativa

na produtividade agrícola. De acordo com Maldaner et al. (2014), as plantas de milho possuem relativa tolerância a falta de água durante a fase vegetativa. Mendoza-Pérez et al. (2016) avaliaram o desempenho produtivo do milho submetido a déficits hídricos fora do período de floração, e os autores não observaram diferenças significativas no rendimento de grãos.

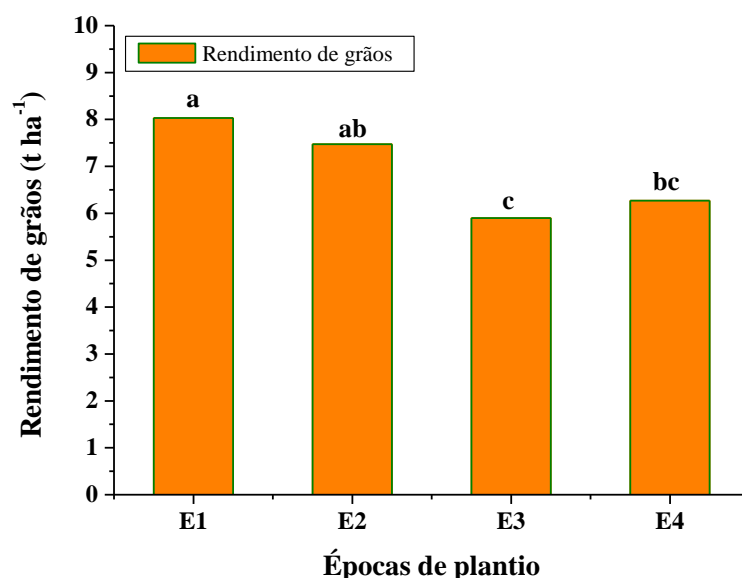
Tabela 3. Análise de variância e os valores dos quadrados médios de rendimento de grãos de milho ($t\ ha^{-1}$), em função das épocas de plantio na região de Rio Largo, AL, no período de 28 de maio de 2014 a 23 de julho de 2014.

Fontes de Variação	¹ GL	Valores de Quadrados Médios
		Rendimento de grãos
Bloco	4	1,03 ^{ns}
Época de plantio	3	13,08**
Erro	12	1,44
² CV (%)	--	17,34

¹Graus de liberdade; ²Coeficiente de variação; **significativo à nível de 1% de probabilidade; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Autores (2020)

Figura 3. Produtividade agrícola ($t\ ha^{-1}$) do milho em quatro distintas épocas de plantio (E1, E2, E3 e E4), no período de 28/05/2014 a 23/07/2014, na região de Rio Largo – AL.



Fonte: Autores (2020)

A segunda época de plantio (E₂) foi a segunda mais produtiva com $7,5\ t\ ha^{-1}$, e não diferiu estatisticamente da E₁. No entanto, o rendimento agrícola reduziu

6,6% na E₂ em relação à época mais produtiva (E₁). A justificativa para tal redução, recai sobre a observação de um longo período de déficit hídrico (14 dias

sem chuva) durante o estádio reprodutivo de grãos leitosos (R2) (Tabela 2).

A terceira época de plantio (E₃) foi a que apresentou menor rendimento de grãos com 5,9 t ha⁻¹, diferença de 26,5% em relação à E₁. Essa redução ocorreu devido ao período de 14 dias sem chuva durante a fase de pendoamento a enchimento de grãos, o que resultou em um déficit hídrico de 27,5 mm. Segundo Silva et al. (2016), a ocorrência de déficit hídrico na fase de florescimento e enchimento de grãos pode acarretar redução de 50% na produtividade agrícola do milho. De acordo com Soares et al. (2020), o período mais crítico de deficiência hídrica para a cultura do milho vai do pendoamento ao florescimento, pois nessas fases, o estresse hídrico pode inviabilizar a fecundação dos estigmas, o que reduz o número de grãos por espigas e, conseqüentemente, o rendimento agrícola. Os mesmos autores relatam que se o déficit se estender para a fase de enchimento de grãos, ocorrerá redução na massa de grãos por espiga, o que resultará em decréscimo na produtividade. Almeida (2016), analisando os déficits e excessos hídricos no milho, observou uma redução de 22,6% no rendimento de grãos quando a cultura foi submetida à restrição de água de 50% na fase de pendoamento, e 26,1% de redução quando a restrição de 50% ocorreu na fase de floração.

A quarta época de plantio (E₄) obteve o segundo menor rendimento de grãos com 6,3 t ha⁻¹, porém não diferiu estatisticamente com a E₃. Esse baixo rendimento pode ser justificado pela má distribuição da precipitação pluvial durante o período de cultivo, pois mesmo essa época sendo a que mais obteve volume de chuva (584 mm), somou apenas 225 mm de precipitação pluvial efetiva. Dos 73 aos 77 dias após o plantio, fase de enchimento de grãos, observou-se 178 mm de precipitação pluvial (Figura 1), valor muito acima da capacidade de armazenamento de água do solo, o que causou excesso hídrico de 148

mm. Conforme Magalhães e Durães (2006), solos com elevado teor de umidade, decorrente de excessos hídricos, no início da fase reprodutiva, pode acarretar na inviabilização dos grãos de polén de milho como também a morte das plantas. Uma outra justificativa para essa redução no rendimento de grãos na E₄ é que ocorreram treze dias de déficit hídrico, o qual somou 15,1 mm, na fase crítica da cultura (pendoamento e florescimento). Soares et al. (2020), avaliando o efeito de cinco lâminas de irrigação (40, 80, 120, 160 e 200% da evapotranspiração da cultura - ET_c) na fenologia, componentes de produção e rendimento agrícola do milho, observaram que os tratamentos que atendiam apenas a demanda hídrica da cultura em 40 e 80% foram os menos produtivos com 6,6 t ha⁻¹ e 7,6 t ha⁻¹, respectivamente. Os mesmos autores justificaram que a redução no rendimento de grãos no tratamento irrigado com 40% ET_c foi decorrente dos 80 mm de deficiência hídrica registrados na fase de pendoamento e enchimento de grãos, já no tratamento irrigado com 80% da ET_c, a redução ocorreu devido ao déficit hídrico de 40 mm observado na fase de enchimento de grãos.

6 CONCLUSÕES

O crescimento e o rendimento de grãos do milho sofrem interferência da época de plantio porque são influenciados pela distribuição da chuva no período de cultivo;

O milho, na região de Rio Largo, alcança maior altura do dossel quando semeado entre o terceiro decêndio de maio e o primeiro decêndio de junho;

O maior rendimento de grãos é obtido quando o milho é plantado até o primeiro decêndio de junho.

7 AGRADECIMENTOS

Ao CECA/UFAL pelo espaço cedido para o experimento. Ao IFAL pelo apoio prestado na realização da pesquisa.

Ao CTRN/UFMG pelo apoio à equipe do projeto. À FAPEAL pelas bolsas concedidas. AO PMGCA/RIDES/UFAL pelo apoio ao experimento.

8 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/pdf/Allen_FAO1998.pdf. Acesso em: 09 nov. 2020.
- ALMEIDA, B. M. **Déficit e excesso hídrico na cultura do milho (*Zea mays* L.) em ambiente protegido**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-28042016-113144/publico/Bruno_Marcal_de_Almeida_versao_revisada.pdf. Acesso em: 09 nov. 2020.
- BARBOSA, W. S. S. **Milho cultivado sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada**. 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1938/1/Milho%20cultivado%20sob%20diferentes%20l%C3%A2minas%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o%20e%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20nitrogenada.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2020.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, G. **Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v41n2/a08v41n2.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.2, p.221-229, 2011. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-911780>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; SILVA, E. C. Estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas baseada em métodos diretos e sua relação com o El Niño – Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.28, n.2, p. 192-198, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862013000200008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 12 nov. 2020.
- CLAASSEN, M. M.; SHAW, R. H. Water deficits effects on Corn. II: Grain components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, p. 652-655, 1970. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1970.00021962006200050032x>. Acesso em: 12 nov. 2020.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Circular técnica, n.96). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/486122>. Acesso em: 12 nov. 2020.

DURÃES, F. O. M.; SANTOS, M. X.; GAMA, E. E. G. E.; MAGALHAES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; GUIMARAES, C. T. **Fenotipagem associada à tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores**. Sete Lagoas: Embrapa, 2004. (Circular Técnica, 39). Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15429207.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 4.ed.Piracicaba:Livro Ceres, 2004.

GROSSI, M. C.; SILVA, R. F.; ANDRADE, C. L. T.; JUSTINO, F. Influência da radiação solar e da temperatura do ar na produtividade potencial simulada do milho (*Zeamays*) em Sete Lagoas, MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Anais** [...]. Guarapari: SBAGro, 2011. p. 1-5. Disponível em: <https://www.sbagro.org/index.php?page=biblioteca&q=Influ%EAncia%20da%20radia%E7%E3o%20solar%20e%20da%20temperatura%20do%20ar%20na%20produtividade%20potencial%20simulada%20do%20milho>. Acesso em: 11 nov. 2020.

HERMANN, E.R.; CAMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Stab. Açúcar, Álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 5, p. 32-35, 1999. Disponível em: <http://stabregsul.ddns.net:8080/site/pdf/17.2.3.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

KHAJEH-HOSSEINI, M.; POWELL, A. A.; BINGHAM, I. J. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Cambridge, v. 31, n. 3, p. 715-725, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233626766_The_interaction_between_salinity_stress_and_seed_vigour_during_germination_of_soybean_seeds. Acesso em: 10 nov. 2020.

MACHADO, J. R. A. **O excesso de chuvas e a cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8900890/artigo---o-excesso-de-chuvas-e-a-cultura-do-milho>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MAGALHÃES, P. C; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular técnica, n.76). Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf. Acesso em: 05 nov. 2020.

MALDANER, L. J.; HORING, K.; SCHNEIDER, J. F.; FRIGO, J. P.; AZEVEDO, K. D.; GRZESIUCK, A. E. Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zeamays*). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 13-23, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/36915>. Acesso em: 12 nov. 2020.

MENDOZA-PÉREZ, C.; SIFUENTES-IBARRA, E.; OJEDA-BUSTAMANTE, W.; MACÍAS-CERVANTES, J. Response of surface-irrigated corn to regulated deficit irrigation. **Ingeniería Agrícola y Biosistemas**, Chapingo, v. 3, n. 1, p. 29-40, 2016. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40262016000100029&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 10 nov. 2020.

MILHO. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, Brasília, DF, v. 6, n. 12, p. 1-126, 2019. Safra 2018/2019, Décimo segundo levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?start=20>. Acessado em: 12 nov. 2020.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 48-56, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222009000300005&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 nov. 2020.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/38826387/agrometeorologia-fundamentos-e-aplicacoes-praticas>. Acesso em: 10 nov. 2020.

SILVA, S.; COSTA, C. T. S.; NASCIMENTO, R.; TEODORO, I.; CANTARELLI, A. L. D.; SOARES, M. A. S. Épocas de plantio e dose econômica de nitrogênio para o milho cultivado nos Tabuleiros Costeiros Alagoanos. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 114-122, 2016. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/3476>. Acesso em: 10 nov. 2020.

SILVA, S.; SOARES, M. A. S.; NASCIMENTO, R.; TEODORO, I.; SILVA, C. A.; COSTA, C. T. S.; CARDOSO, J. A. F.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; LYRA, G. B.; MORAIS, M. A. F.; MOURA, A. H. Physiological and productive responses of maize submitted to irrigation depths at different seasons of cultivation. **International Journal of Development Research**, v. 09, n. 12, p. 32529-32536, 2019. Disponível em: <https://www.journalijdr.com/sites/default/files/issue-pdf/17648.pdf>. Acesso em: 29 set. 2021.

SOARES, M. A. S. **Cultivo do milho sob diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, na região de Rio Largo, Alagoas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5420>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SOARES, M. A. S.; TEODORO, I.; SILVA, S.; CANTARELLI, A. L.; ARAÚJO JÚNIOR, R.; MOURA, A. H. Fenologia, componentes de produção e rendimento agrícola do milho sob lâminas de irrigação na região de Rio Largo, Alagoas. **Revista Irriga**, Botucatu, v.25, n. 2, p. 279-295, 2020. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3766>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F.; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIM, E. C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL,

período 1972- 2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.1, p. 131-141, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263272825_Analise_da_Precipitacao_e_Temperatura_do_ar_na_regiao_do_Tabuleiro_Costeiro_de_Maceio_periodo_1972-2001. Acesso em: 12 nov. 2020.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

THORNTWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. Ceteron: Rexel Institute of Technology-Laboratory, 1957. Disponível em: https://www.wrc.udel.edu/wp-content/publications/ThornthwaiteandMather1957Instructions_Tables_ComputingPotentialEvapotranspiration_Water%20Balance.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; LIMA, A. D. S.; MAGGI, M. F.; POTT, C. A.; SUCHORONCZEK, A. Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.4, n. 1, p.135-149,2011. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012080575>. Acesso em: 12 nov. 2020.