

## DESEMPENHO DO MINIMILHO SUBMETIDO A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DENSIDADES DE PLANTIO NO CERRADO MATO-GROSSENSE

**JOSÉ ROBERTO SOUZA OLIVEIRA<sup>1</sup>; MARCIO KOETZ<sup>2</sup>, EDNA MARIA BONFIM-SILVA<sup>3</sup> E TONNY JOSÉ ARAÚJO DA SILVA**

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), Avenida dos Estudantes, 5055, Cidade Universitária, 78736-900, Rondonópolis, MT, Brasil. E-mail: zeroberito\_1105@hotmail.com; marcio.koetz@ufr.edu.br; edna.bonfim@ufr.edu.br; tonnyjasilva@hotmail.com.

### 1 RESUMO

Objetivou-se com esse estudo avaliar a influência de lâminas de irrigação e densidades de plantio para a produção de minimilho. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas, avaliando 5 lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da Etc) e cinco densidades de plantio (8, 10, 12, 14 e 16 plantas m<sup>-1</sup>), com três repetições. Foram analisadas altura de planta, diâmetro de colmo, número de folhas e área foliar, altura de inserção de primeira espiga, massa seca da parte aérea, comprimento e diâmetro da espiga, teor de sólidos solúveis e eficiência do uso da água. As lâminas superiores a 98 % da ETC promoveram um incremento para a altura de planta, diâmetro de colmo, altura de inserção de primeira espiga, massa seca da parte aérea, área foliar e comprimento de espiga com palha. O aumento da densidade de plantio promoveu uma redução nas características fitométricas da cultura. A eficiência do uso da água diminuiu com o aumento das lâminas e acréscimo no aumento da densidade de plantio. O plantio adensado com menor lâmina de irrigação nas condições experimentais, proporcionaram valores de comprimento e diâmetro de espigas sem palha dentro dos padrões comerciais.

Palavras-chave: *Zea mays* L, manejo de água, população de plantas.

**OLIVEIRA, J. R. S.; KOETZ, M., SILVA, E. M. B.; SILVA, T. J. A.  
GROWTH OF THE MINIMILHO SUBMITTED TO IRRIGATION DEPTHS AND  
PLANTING DENSITIES IN CERRADO MATO-GROSSENSE**

### 2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of irrigation depths and planting densities for the production of baby corn. The experiment was carried out in a randomized block design, arranged in subdivided plots, evaluating 5 irrigation depths (40, 60, 80, 100 and 120% of Etc) and five planting densities (8, 10, 12, 14 and 16 plants m<sup>-1</sup>), with three repetitions. Plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area, height of first ear insertion, shoot dry matter, length and diameter of the ear, content of soluble solids and water use efficiency were analyzed. Water depths greater than 98% of ETC promoted an increase in plant height, stem diameter, height of insertion of first ear, dry mass of the aerial part, leaf area and length of ear

with straw. The increase in planting density reduced the crop's phytometric characteristics. The water use efficiency decreased with increasing water depths and increasing planting density. The dense planting with lower irrigation depth in the experimental conditions provided values of length and diameter of ears without straw within the commercial standards.

**Keywords:** *Zea mays* L., water management, plant populations

### 3 INTRODUÇÃO

O Estado de Mato Grosso é um grande produtor de milho, todavia, no Brasil sua maior parte é destinada a produção de ração animal. Vale ressaltar, que grande parte do milho produzido é destinado para a alimentação humana, destacando-se a utilização de produtos industrializados, como farinhas, biscoitos, enlatados e outros, existe ainda, uma produção que é considerado milhos especiais, como milho verde e minimilho (SOUSA; PAES; TEIXEIRA, 2012).

A produção do minimilho é uma alternativa lucrativa para os agricultores quando se compara a rentabilidade de uma lavoura destinada à produção de grãos, uma vez que a rentabilidade pode gerar um lucro líquido de até 400% do valor investido (PEREIRA FILHO, 2008).

De acordo com Meneghetti et al. (2008), o minimilho irrigado surge como alternativa econômica, para a agricultura familiar, por ser de ciclo mais curto, e apresentar a vantagem de ser colhido no início da fase reprodutiva, onde há maior exigência de água para a cultura do milho.

O consumo de minimilho no Brasil é promissor, entretanto, o produto industrializado é, em sua maioria importado. Entre os maiores exportadores de minimilho, está a Tailândia, que produz em média 9 t ha<sup>-1</sup> (SINGH et al., 2015).

O minimilho ou baby corn (*Zea Mays* L.) é o nome dado às espigas jovens, contendo os estigmas de até três centímetros, não fertilizadas, ou seja, antes da formação dos grãos (RAUPP; GARDINGO; MORENO, 2008). Considerando que o tempo do seu cultivo é reduzido, o mesmo

pode ser realizado até cinco safras anuais (EMBRAPA, 2008). De acordo com Silva et al. (2018), o conhecimento das necessidades hídricas das culturas garante aumento da produção e proporciona menores impactos ambientais sobre este recurso natural.

O milho apresenta uma grande sensibilidade ao déficit hídrico, sendo afetado desde a germinação até a maturidade (KHALILI et al., 2010; EL-SABAGH et al., 2018). Quando o estresse ocorre durante a fase reprodutiva, tem-se as maiores perdas, sendo que durante o florescimento feminino ocorre a maior sensibilidade da planta ao estresse (EL-SABAGH et al., 2018).

Para a produção de minimilho, há uma menor exigência em lâmina total de água aplicada, em virtude de não haver necessidade completa do ciclo, uma vez que as espigas são colhidas jovens.

O manejo da cultura do milho para a produção de minimilho diferencia-se do cultivo para grãos, principalmente quanto à densidade de semeadura. Para o cultivo do minimilho, há uma utilização de maiores níveis de densidade, tendo em vista que o produto final, não possui as mesmas dimensões que as espigas para grãos (MENEGETTI et al., 2008).

Como a recomendação da densidade de plantio, é de três a quatro vezes maior que o milho para grãos, Pereira Filho e Cruz (2001), recomendam um maior espaçamento entre as linhas de plantio, visando à facilidade de movimentação durante os tratos culturais.

Com isso, objetivou-se avaliar a influência de lâminas de irrigação e níveis de densidades de plantio na cultura do milho, para produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo entre os meses de agosto e novembro de 2017, na área experimental da Universidade Federal Rondonópolis - MT, com coordenadas geográficas de 16°27'47" S, 54°34'44" W e altitude de 284 m.

A cultivar utilizada no experimento foi o híbrido AG 8690, uma das mais utilizadas em Mato Grosso. A produção de minimilho pode ser feita a partir de qualquer tipo de cultivar de milho, sendo híbrido ou variedade (Kumar; Venkateshwarlu, 2013), desta forma, utilizou-se essa cultivar por ser amplamente difundida no estado. Ainda, ressalta-se que a produção de minimilho a partir de variedades de polinização aberta, apresenta maior risco, pois é comum esse tipo de cultivar apresentar espigas irregulares (WANGEN; FARIA, 2013; MOREIRA; SANTOS; FAVARÃO, 2014) ou, quando comparado com híbridos, apresentar uma maior porcentagem de espigas fora de padrão comercial (PEREIRA FILHO, 2008), comprometendo o rendimento comercial final do minimilho.

O clima regional dominante é o Tropical chuvoso, classificado como AW, segundo Köppen (1948), caracterizado por um clima quente e úmido, com duas estações bem definidas: verão chuvoso, e inverno seco, com uma temperatura média anual de 24,8°C, e precipitação média anual de 1500 mm. Durante o período de estudo a umidade relativa do ar média foi de 51,6%, e a temperatura média de 27,6°C, com uma evapotranspiração de referência máxima de 6,61 mm dia<sup>-1</sup> e média de 4,63 mm dia<sup>-1</sup>.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico conforme classificação da Embrapa (2018), de textura média. Para realizar a análise do solo, foram coletadas 15 amostras simples ao longo de toda a área em uma profundidade de 0 – 0,20 m. Após a coleta, o material foi peneirado e homogeneizado de forma a compor apenas uma amostra composta, a qual foi enviada para análises químicas e granulométricas. O solo apresentava textura franco arenoso, com percentuais de areia, silte e argila de 490, 100 e 410 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. As características químicas do solo podem ser observadas por meio da Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise química do Latossolo Vermelho distrófico coletado na camada de 0 – 0,2 m na área experimental da Universidade Federal de Rondonópolis.

pH	P	K	Ca	Mg	H	Al	SB	CTC	V	M.O.
(CaCl <sub>2</sub> )	-mg dm <sup>-3</sup>					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	g dm <sup>-3</sup>
4.7	2	73	1	0.5	3.2	0.2	1.7	5.1	33.2	15.6

Para a correção da acidez do solo, utilizou-se calcário dolomítico (PRNT = 83%) para elevar a saturação por bases a 60% (SOUSA; LOBATO, 2004). O calcário foi aplicado a lanço em toda a área visando uma distribuição uniforme, e incorporado com o auxílio de uma grade aradora, em seguida, permaneceu reagindo por 30 dias.

Após o período de reação do calcário no solo, foi realizada simultaneamente a adubação e a semeadura do experimento. Foi utilizado a mesma quantidade de nutrientes na adubação para todos os tratamentos,

sendo nitrogênio (N) na forma de ureia (45% de N) na semeadura e sulfato de amônio (21% de N) como cobertura, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na forma de superfosfato triplo (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O) na forma de cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O). Para a adubação com micronutrientes, foi utilizado como fonte o FTR-BR 12 (Cálcio: 7,1%; Enxofre: 5,7%; Boro: 1,8%; Cobre: 0,8%; Manganês: 2,0%; Molibdênio: 0,1% e Zinco: 9,0%).

A recomendação fosfatada (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) foi de 300 kg ha<sup>-1</sup>, aplicada na adubação de semeadura. A adubação nitrogenada foi de

100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, dividida em três aplicações iguais, sendo utilizada como fonte a ureia por ocasião do plantio, e sulfato de amônio aplicado aos 24 e 40 dias, respectivamente após a semeadura. A adubação potássica foi dividida em duas partes iguais: a primeira na ocasião da semeadura, e a segunda aplicação aos 24 dias após a semeadura, completando assim a recomendação de 100 kg ha<sup>-1</sup>. Para a aplicação dos micronutrientes, a recomendação foi de 50 kg ha<sup>-1</sup>, de FTR-BR 12, aplicado na adubação de semeadura.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas, avaliando 5 lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da Evapotranspiração da cultura, Etc) e cinco densidades de plantio do híbrido AG 8690 (8, 10, 12, 14 e 16 plantas m<sup>-1</sup>), com três repetições, perfazendo um total de 75 unidades experimentais. As subparcelas possuíam as dimensões de 2 m x 2,7 m (5,4 m<sup>2</sup>) e área útil de 0,9 m x 1 m (0,9 m<sup>2</sup>) estando dispostos corredores entre os blocos de 1 m. O plantio foi realizado no dia 13/08/2017.

O manejo de irrigação foi realizado a partir da estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), sendo estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO) (ALLEN et al., 1998).

As lâminas de irrigação aplicadas por tratamento foram calculadas de acordo com a evapotranspiração da cultura, considerando a precipitação, o coeficiente de cultivo da cultura e a eficiência do sistema de irrigação por meio da equação 1:

$$Li = \frac{(ET_o * Kc * Ka) - P}{Ef} \quad (1)$$

Em que:

Li – Lâmina de irrigação (mm);  
 ET<sub>o</sub> – Evapotranspiração de referência estimada no período entre irrigações (mm);  
 Kc – Coeficiente da cultura (adimensional);  
 Ka – Coeficiente de ajuste (adimensional);

P – Precipitação no período (mm);  
 Ef – Eficiência do sistema de irrigação (adimensional).

Os valores de evapotranspiração de referência foram obtidos a partir de dados de variáveis meteorológicas da Estação Meteorológica Automática (INMET, 2017), localizada próxima a área experimental. Os valores do coeficiente de cultura foram diferenciados de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura, entre os meses de agosto e outubro, período este de clima seco na região. Considerando que a irrigação foi diária conforme a necessidade, o coeficiente da cultura (Kc) utilizado variou de 1,0 a 1,2 nos respectivos estágios da cultura (ALLEN et al., 1998).

Para o sistema de irrigação por gotejamento, foi obtido o percentual de área molhada, conforme Pizarro (1996), e verificado o coeficiente de ajuste Ka, determinado pela equação de Keller (1978), sendo adotado o valor de Ka igual a 1. O sistema de irrigação utilizado foi o de tubo gotejador, com espaçamento de 0,10 m e vazão de 1,2 L h<sup>-1</sup>, sendo uma linha de gotejadores para cada fileira de plantas. Para o manejo fitossanitário foi realizado o controle químico por meio de herbicidas e inseticidas.

Nesse estudo foi determinado as variáveis: número de folhas; altura de plantas (as medidas foram realizadas da superfície do solo até a inserção da folha do ápice da planta, com o uso de trena graduada), altura de inserção de primeira espiga (medidas realizadas da superfície do solo até a inserção da espiga no colmo com o uso de trena graduada.); diâmetro de colmo (acima das raízes adventícias) por meio de paquímetro digital; mensuração da área foliar por meio da utilização do *Area Meter* modelo LI-3100C; comprimento e diâmetro de espiga (com e sem palha), realizadas as medidas com o uso de régua graduada e paquímetro digital; teor de sólidos solúveis, realizado a análise com o uso de um

refratômetro manual com escala de grau Brix entre 0 e 32%; determinação de massa seca da parte aérea por meio de estufa de circulação forçada a 65 °C até massa constante e eficiência do uso da água, relacionando-se a quantidade de água aplicada por tratamento no decorrer da cultura a campo. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F e quando significativo aplicado teste de regressão a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa para a interação entre os fatores lâminas de irrigação e densidades de plantas, havendo apenas efeitos isolados até 1 % de probabilidade para as variáveis altura de planta, diâmetro de colmo, altura de inserção de primeira espiga, área foliar, massa seca da parte aérea, comprimento da espiga com palha e eficiência do uso da água.

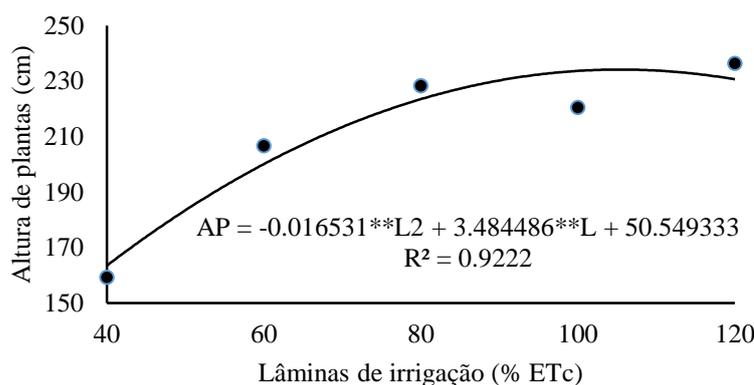
Para a variável fitométrica número de folhas, não houve efeito significativo para os

tratamentos, com o valor médio obtido de 7 folhas por planta. Para as variáveis de produção, observou-se que as variáveis diâmetro de espiga (com e sem palha), comprimento de espigas sem palha e teor de sólidos solúveis não obtiveram efeito significativo, tanto para interação entre lâminas de irrigação e densidade de plantio quanto efeito isolado para os fatores, com as respectivas médias: 24 mm, 18 mm, 10 cm e 5,6%.

Para a variável altura de plantas, não houve interação entre os fatores lâminas de irrigação e densidade de plantio, porém, houve efeito isolado para lâminas de irrigação, o qual se ajustou ao modelo quadrático de regressão.

A lâmina que proporcionou a maior altura de planta (234 cm) foi de 105% da ETc, sendo que houve um aumento de 30% na altura de planta se comparado com a lâmina de 40% da ETc (163 cm) (Figura 01). Esses resultados não corroboram com os obtidos por Meneghetti et al. (2008), que avaliando a produção de minimilho sob lâminas de irrigação, não verificaram diferença significativa entre os tratamentos para altura de plantas.

**Figura 1.** Altura de planta de milho sob lâminas de irrigação na produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.



\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade.

O estresse hídrico afeta as plantas em diversos níveis, ocorrendo alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e genéticas, incluindo ativação transcricional

de genes metabólicos, produção e acúmulo de osmólitos para auxiliar na retenção de água (MILLER et al., 2010). Assim, a falta de disponibilidade hídrica afeta todos os

processos, condicionando a planta a ter baixo desempenho. A verificação da altura de plantas é, portanto, um indicador de evolução da cultura do milho durante o seu desenvolvimento.

A maior altura de plantas do minimilho sob lâminas de irrigação (2,34 m) nesse trabalho (dose de 105 % da ETc) manteve-se dentro do padrão considerado ótimo para o processo de colheita do minimilho, entre 2 e 2,5 m (RODRIGUES; SILVA; MORI, 2004). O padrão de altura do minimilho para colheita torna-se importante uma vez que plantas altas dificultam a colheita, que é feita manualmente e são mais susceptíveis ao tombamento e acamamento, principalmente onde há a incidência de ventos fortes.

Ao avaliar lâminas de irrigação no cultivo do milho para silagem, Simões et al. (2017) observaram um aumento na altura de planta com o aumento das lâminas de irrigação, atingindo as maiores alturas (150 cm) nas lâminas superiores a 100% da ETc. Este comportamento também foi observado por Pegorare et al. (2009), avaliando o uso da irrigação na cultura do milho safrinha sob plantio direto, observaram um aumento na altura de planta com o aumento das lâminas, encontrando as maiores alturas de planta (200 cm) nas lâminas superiores a 100% da ETc.

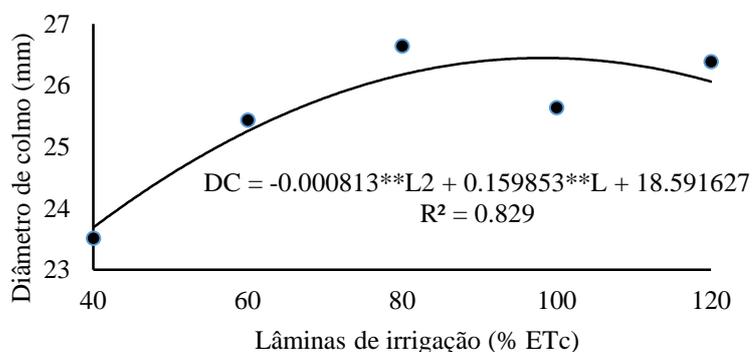
Ao avaliar duas cultivares de milho (híbrido simples Itapuã 700 e variedade AL

Bandeirante) submetidos a diferentes lâminas de irrigação para produção de minimilho, Santos Neto (2012) observou diferença significativa para a altura de plantas, sendo que a cultivar AL Bandeirante apresentou o maior valor, 2,15 m, próximo do maior valor observado nesse estudo (2,34 m).

Para a variável diâmetro de colmo houve diferença significativa para os tratamentos, porém, com efeito isolado para lâminas de irrigação e densidade de plantio, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão para as lâminas de irrigação (Figura 2) e ao modelo linear de regressão para a densidade de plantio (Figura 3).

Para as lâminas de irrigação nesse estudo, o maior diâmetro de colmo (26,4 mm) foi obtido na lâmina de 98 % da ETc, havendo um incremento de 11% quando comparado com a lâmina de irrigação de 40% de ETc (23,6 mm). Em estudo desenvolvido por Simões et al. (2017) para a produção de milho para silagem no Vale submédio do São Francisco, os autores observaram resultados semelhantes para o diâmetro de colmo, verificando efeito quadrático com maior diâmetro de colmo (18 mm) na lâmina de irrigação de 98% da ETc, demonstrando que seu desenvolvimento pode ser afetado pelo déficit ou pelo excesso de água no solo.

**Figura 2.** Diâmetro de colmo da planta de milho sob lâminas de irrigação para a produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.

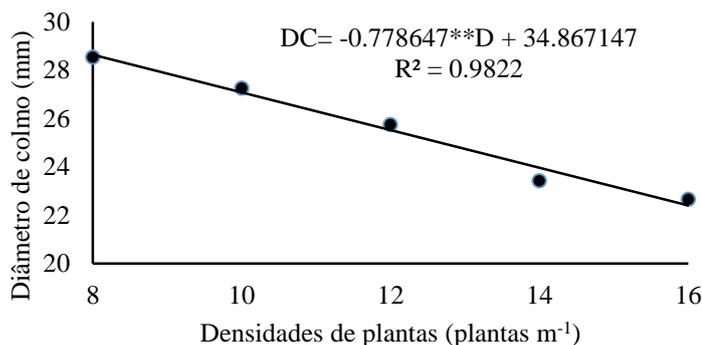


\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade.

Para o fator densidade de plantio, houve um decréscimo de 22% no diâmetro do colmo quando foi comparado a menor densidade com a maior densidade de plantio. O maior valor encontrado para diâmetro de

colmo foi para a densidade de 8 plantas  $m^{-1}$  (28,6 mm), assim como o menor valor (22,4 mm) foi obtido na densidade de 16 plantas  $m^{-1}$  (Figura 3).

**Figura 3.** Diâmetro de colmo da planta de milho sob níveis de densidade de plantas para a produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.



\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade.

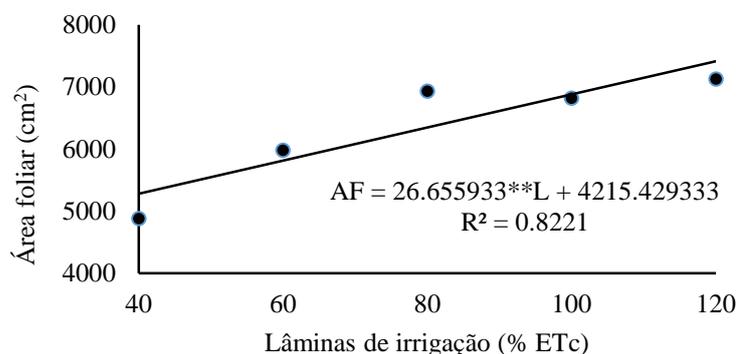
Observando o desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de planta, Kappes et al. (2011) relataram um comportamento linear decrescente do diâmetro de colmo com um decréscimo de 25% com o aumento da densidade de plantas. Esse resultado corrobora com o encontrado por Penariol et al. (2003), que avaliando híbridos de milho em diferentes espaçamentos e densidades populacionais, observaram uma redução de 20% no diâmetro de colmo com o aumento na densidade de semeadura.

Altas populações de plantas fazem com que a cultura utilize suas reservas e recursos para um crescimento mais rápido no intuito de evitar sombreamento, sendo que este crescimento acelerado tende a diminuir o diâmetro de colmo e a área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Foloni et al. (2014), ao pesquisarem as cultivares de milho AG 9010 e DKB 979, observaram redução linear do diâmetro do colmo em função do aumento de população, sendo o maior diâmetro observado com utilização de 60.000 plantas  $ha^{-1}$ . Outro fator importante com o aumento da densidade de semeadura,

é a redução da disponibilidade hídrica e de nutrientes para a cultura, provocando redução no diâmetro de colmo. Esta redução pode inviabilizar o uso de alguns híbridos com características de menor diâmetro de colmo devido a possibilidade de ocorrência de acamamento (KAPPES et al., 2011).

Para a variável área foliar, não houve interação entre os fatores lâminas de irrigação e densidades de plantio, havendo apenas efeito isolado para ambos. Para o fator lâminas de irrigação observa-se um efeito linear crescente, onde a menor área foliar (5281  $cm^2$ ) foi observada na lâmina de 40% da ETc e a maior área foliar (7414  $cm^2$ ) na lâmina de irrigação de 120% da ETc. Pode-se verificar um incremento de 29% de área foliar para a maior lâmina de irrigação quando comparado com a menor lâmina de irrigação (Figura 4). A redução da área foliar em função do adensamento de plantas ocorre devido a competição entre as mesmas por água, luz e nutrientes. Estes fatores podem acelerar o processo de senescência foliar, diminuindo a área foliar com o aumento da densidade de semeadura (VALENTINUZ; TOLLENAAR, 2004).

**Figura 4.** Área foliar da planta do milho sob lâminas de irrigação na produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.

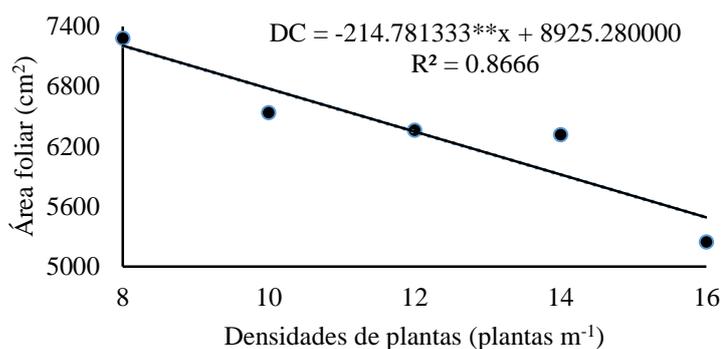


\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade.

A área foliar está relacionada diretamente a disponibilidade hídrica, uma vez que o milho é uma cultura sensível ao estresse hídrico limitando os processos fisiológicos. Silva et al. (2017) observaram resultados semelhantes na região sul do Brasil, ao avaliar manejos de irrigação via solo e clima, com um efeito linear crescente da área foliar com o aumento das lâminas de irrigação.

Quanto à densidade de plantio, observou-se um efeito linear decrescente, de modo que a maior área foliar (7207 cm<sup>2</sup>) foi observada na menor densidade de plantio (8 plantas m<sup>-1</sup>) enquanto que a menor área foliar (5488 cm<sup>2</sup>) foi observado na maior densidade (16 plantas m<sup>-1</sup>). Desta maneira, conclui-se que houve um decréscimo de 31% na área foliar para a maior densidade de plantio quando comparado a menor densidade (Figura 5).

**Figura 5.** Área foliar da planta de milho sob níveis de densidade de plantas na produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.



\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade.

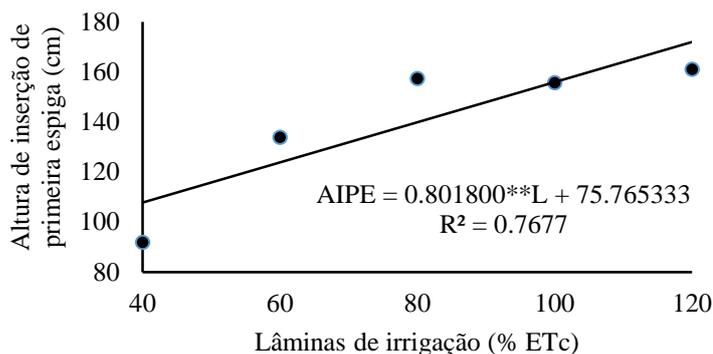
Em estudo realizado por Imran et al. (2015) na cidade de Peshawar, no Paquistão, a partir do efeito de níveis de nitrogênio e população de plantas de milho, verificou-se efeito similar a este estudo, sendo que os autores citados anteriormente, relataram que a área foliar diminuiu com o aumento da

densidade de planta, sendo que o maior valor para a área foliar por planta (2585 cm<sup>2</sup>) foi registrado para 65000 plantas ha<sup>-1</sup> e a área foliar mínima por planta<sup>-1</sup> (2316 cm<sup>2</sup>) foi obtida a partir da densidade de plantio de 95000 plantas ha<sup>-1</sup>. Ao observarem híbridos de milho sob densidades de plantio no

Planalto Sul Catarinense, Sangoi et al. (2013) verificaram uma redução na área foliar com o aumento da densidade de plantio, tendo a maior área foliar (9900 cm<sup>2</sup>) na menor densidade de plantio, e a menor área (6990 cm<sup>2</sup>) na maior densidade.

Para a variável altura de inserção de primeira espiga (Figura 6), foi observado diferença significativa para os tratamentos, com efeito isolado para lâminas de irrigação, ajustando-se ao modelo linear de regressão.

**Figura 6.** Altura de inserção de primeira espiga da planta de milho sob lâminas de irrigação na produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.



\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade.

Pode ser observado que a medida em que aumentaram as lâminas de irrigação, a variável altura de inserção de primeira espiga cresceu de forma linear. A menor altura foi observada na lâmina de 40% da ETc (107 cm) e a maior altura na lâmina de 120% da ETc (172 cm). Observa-se um incremento de 38% na altura de inserção de primeira espiga para a maior lâmina de irrigação, ao se comparar com a menor lâmina. Resultados semelhantes foram observados por Prado (2013), avaliando lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho distrófico no sudoeste de Goiás. O autor observou efeito isolado para as lâminas de irrigação com comportamento linear crescente, em que a maior altura de inserção de espiga (116 cm) ocorreu na maior lâmina de irrigação.

Efeito similar foi encontrado por Ávila et al. (2011) ao avaliar híbridos de milho sob lâminas de irrigação em Latossolo Vermelho distrófico, no noroeste paranaense, no qual verificaram efeito linear crescente na cultura, com uma maior altura de inserção de espiga (89 cm) na maior lâmina de irrigação, com um incremento de

9% em relação a menor lâmina (81 cm). Segundo Kumar e Singh (1999) a estatura de inserção ideal da primeira espiga para o minimilho é de 0,50 m. Verifica-se, portanto, que todas as lâminas de irrigação proporcionaram altura de inserção superior ao recomendado.

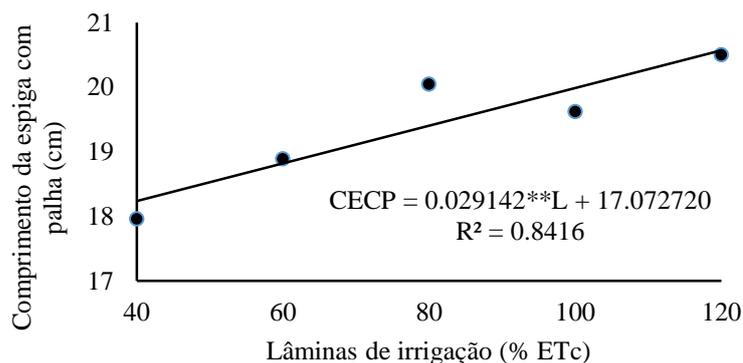
No estudo do comprimento da espiga com palha, não houve efeito significativo na interação entre os fatores lâminas de irrigação e densidades de plantas, havendo apenas efeito isolado para as lâminas de irrigação e densidade de plantio com ajuste ao modelo linear de regressão. Para o fator lâminas de irrigação, houve efeito significativo, tendo o maior comprimento (20,5 cm) na lâmina de 120% de ETc, e o menor comprimento (18,2 cm) na lâmina de 40% de ETc. Pode ser observado um efeito linear crescente, com incremento de 12% no comprimento de espiga com palha para a maior lâmina de irrigação, ao comparar com a menor lâmina (Figura 7).

Santos et al. (2017), observaram que os efeitos prejudiciais da falta de água no solo são mais severos quando ocorrem entre os períodos de florescimento e o início do

enchimento dos grãos. Blanco et al. (2011) verificaram em experimento de milho verde sob lâminas de irrigação e doses de fósforo, que os maiores comprimentos de espigas foram determinados nas maiores lâminas de irrigação, assim como Silveira (2003), avaliando a cultura do minimilho irrigado

por aspersão, obteve comprimentos de espigas com palha de 0,142 a 0,165 m e média de 0,158 m. Estes valores são próximos aos obtidos nesse estudo, afirmando o efeito da lâmina de água no comprimento da espiga de milho.

**Figura 7.** Comprimento da espiga com palha sob lâminas de irrigação na produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.



\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

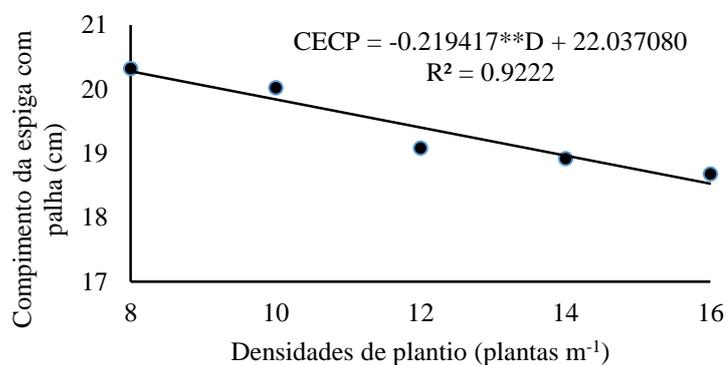
Quanto a densidade de plantio, observa-se um efeito linear decrescente, em que o maior comprimento de espiga empalhada (20,3 cm) foi obtido na densidade de 8 plantas  $m^{-1}$ , enquanto o menor comprimento de espiga empalhada (18,5 cm) foi observado na densidade de 16 plantas  $m^{-1}$ . Dessa forma, houve uma redução de 9% no comprimento da espiga com palha na maior densidade de plantio, se comparado a menor densidade (Figura 8).

Com o aumento da densidade de plantio, ocorre um aumento na competição por luz, água e nutrientes, e uma redução de fotoassimilados. Quando o cultivo é feito em

menores densidades, Mubarak et al. (2020) afirmam que maiores espaçamentos entre plantas tendem a favorecer o crescimento da cultura, com plantas mais vigorosas e produtivas.

No presente estudo o aumento da densidade de plantio provocou uma redução no comprimento da espiga com palha. Fumagalli et al. (2017) e Rocha, Fornasier Filho e Barbosa (2011) observaram uma redução do comprimento da espiga com efeito linear decrescente ao avaliar um híbrido de milho em funções de espaçamentos entre fileiras e densidades de plantio em Latossolo Vermelho Amarelo.

**Figura 8.** Comprimento da espiga com palha sob densidades de plantio na produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.

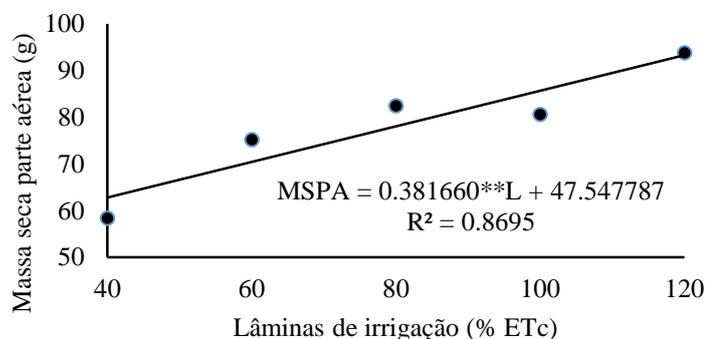


\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

O interesse comercial do minimilho não está na venda das espigas com palha, mas nas espigas sem palha. O comprimento e o diâmetro de minimilho podem variar comercialmente de 4,0 a 12,0 cm e 1,0 a 1,8 cm, respectivamente (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2001). Nesse estudo, o valor médio da espiga sem palha foi de 10 cm e para o diâmetro da espiga sem palha de 1,8 cm, estando de acordo com o recomendado comercialmente. Desse modo, o uso de sistema de plantio adensado e de menor lâmina de irrigação propicia valores médios de comprimento e diâmetro de espiga sem palha dentro dos padrões exigidos comercialmente.

Para a variável de massa seca da parte aérea, não houve diferença significativa na interação entre os fatores lâminas de irrigação e densidades de semeadura, havendo apenas efeito isolado para ambos os fatores. Quanto ao fator lâminas de irrigação (Figura 9), observou-se um efeito linear crescente, em que o maior valor para a massa seca da parte aérea (93 g planta<sup>-1</sup>) foi obtida na lâmina de 120% da ETc, e o menor valor (62 g planta<sup>-1</sup>) para a lâmina de 40% da ETc. Observou-se um incremento de 33% na massa seca da parte aérea para a maior lâmina se comparado a menor.

**Figura 9.** Massa seca da parte aérea da planta de milho sob lâminas de irrigação na produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.



\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade.

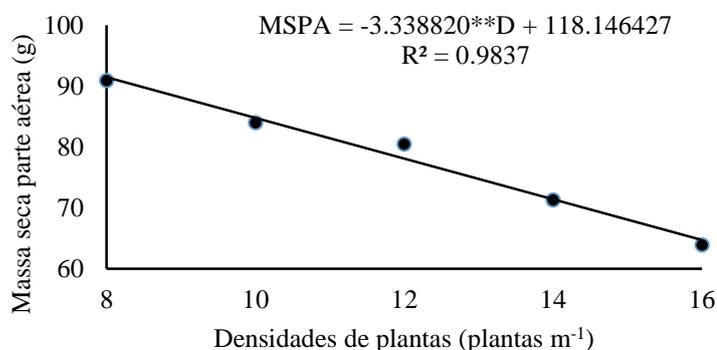
Santos et al. (2013) avaliaram a capacidade de adaptação e os mecanismos de resposta ao estresse hídrico de duas cultivares de *Brachiaria brizantha* (Marandu e BRS Piatã) submetidas ao déficit hídrico. Os autores verificaram que o déficit hídrico causou uma diminuição da biomassa da parte aérea e da área foliar em todas as cultivares.

O aumento da disponibilidade hídrica neste trabalho proporcionou um incremento na produção de massa seca de parte aérea na cultura do minimilho. Ao

avaliar manejos de irrigação via solo e clima, Silva et al. (2017) observaram resultados semelhantes na região Sul do Brasil, com efeito linear crescente com o aumento das lâminas de irrigação.

Para o fator densidade de plantio, observou-se um efeito linear decrescente, em que o maior valor para a massa seca da parte aérea (91 g planta<sup>-1</sup>) foi verificada na densidade de 8 plantas m<sup>-1</sup> e a menor massa (64 g planta<sup>-1</sup>) na densidade de 16 plantas m<sup>-1</sup> (Figura 10).

**Figura 10.** Massa seca da parte aérea da planta do milho sob densidades de plantas na produção do minimilho no Cerrado mato-grossense.



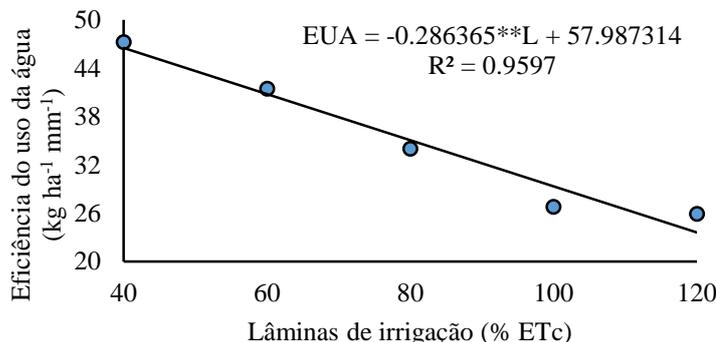
\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade.

A massa seca da parte aérea por planta tende a reduzir com o aumento da densidade de plantio, porém este valor é compensado com o aumento da população. Desta forma, a presente pesquisa corrobora com Brachtvogel et al. (2012), no qual observaram um aumento na massa seca total da área com o aumento da densidade de plantio, e uma redução na massa seca da parte aérea por planta.

Para a eficiência do uso da água houve efeito significativo isolado para os

fatores, com ajuste ao modelo linear de regressão para as lâminas de irrigação (Figura 11), e densidade de plantio (Figura 12). Para o fator lâminas de irrigação, pode-se observar um efeito linear decrescente quanto a eficiência do uso da água, no qual a maior eficiência (46 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) foi observada na lâmina de 40% da ETc, enquanto a menor eficiência (23 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) foi observada na lâmina de 120% da ETc (Figura 11).

**Figura 11.** Eficiência do uso da água do milho sob lâminas de irrigação na produção do minimilho no Cerrado mato-grossense.



\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

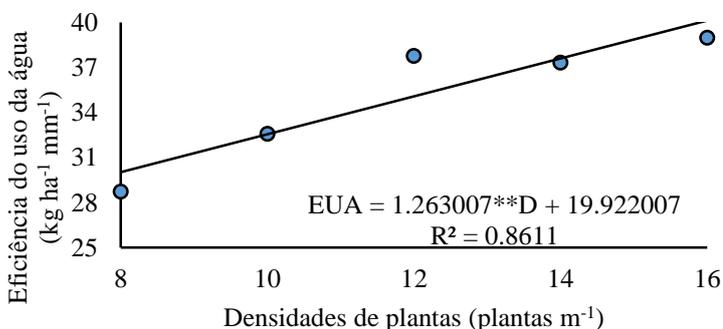
Com a redução da disponibilidade hídrica do solo, a planta reduz o fluxo de transpiração, através do fechamento dos estômatos e ajuste osmótico, com o intuito de manter a absorção de água e completar seu ciclo, se tornando mais eficiente. Este fenômeno necessita de maior gasto energético afetando assim a produção da cultura (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Com o estudo da fisiologia do milho doce sob stress hídrico, Brito et al. (2013) encontraram as maiores eficiências do uso da água com as menores lâminas de irrigação. Este resultado corrobora com o encontrado por Blanco et al. (2011), que avaliando lâminas de irrigação e doses de fósforo em Latossolo Amarelo observaram

uma menor eficiência com o aumento das lâminas de irrigação.

Para a densidade de plantio (Figura 12), observou-se um efeito linear crescente quanto a eficiência do uso da água, em que a menor eficiência (30 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) foi observada na densidade de 8 plantas m<sup>-1</sup>, e a maior eficiência (40 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) na densidade de 16 plantas m<sup>-1</sup>. Ao avaliar lâminas de irrigação e densidades de planta para milho safrinha na região Sul do Brasil, Ben (2015), encontrou resultados semelhantes a este trabalho, demonstrando comportamento crescente para a eficiência do uso da água com o aumento da densidade de plantio.

**Figura 12.** Eficiência do uso da água do milho sob densidades de plantas na produção de minimilho no Cerrado mato-grossense.



\*\*Coeficiente de regressão significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

## 6 CONCLUSÕES

As lâminas de irrigação superiores a 98 % da ETc promoveram incremento para as variáveis altura de planta, diâmetro de colmo, altura de inserção de primeira espiga, massa seca da parte aérea, área foliar e comprimento de espiga com palha.

As variáveis diâmetro de colmo, área foliar, comprimento da espiga com palha e massa seca da parte aérea foram influenciadas significativamente pela densidade de plantas, havendo uma redução nos valores das variáveis com o aumento da densidade de plantio.

Para menor lâmina de irrigação (40 % da ETc) e maior nível de densidade de semeadura (16 plantas ha<sup>-1</sup>), obteve-se maior eficiência do uso da água.

As variáveis diâmetro de espiga (com e sem palha), comprimento de espigas sem palha e teor de sólidos solúveis não foram afetadas pela diferenciação das lâminas e densidades de plantio.

O uso de sistema de plantio com maior adensamento e menor lâmina de irrigação para o minimilho proporcionou valores médios de comprimento e diâmetro de espiga sem palha dentro dos padrões comerciais.

## 7 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration** – Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ÁVILA, M. R.; GOMES, E. P.; FEDRI, G.; SCAPIM, C. A.; BARIZÃO, D. A. O.; ALBRECHT, L. P.; RODOVALHO, M. A. Híbridos de milho pipoca cultivados sob diferentes lâminas de irrigação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 12, n. 4, p. 199-209, 2011.
- BEN, L. H. B. **Influência de lâminas de irrigação e densidade de plantas sobre o cultivo do milho safrinha**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 5, p. 524-530, 2011.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L.; BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinho, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.
- BRITO, M. E. B.; FILHO, G. D. A.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S.; COSTA, F. B.; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, 2013.
- EL-SABAGH, A.; HOSSAIN, A. K.; BARUTÇULAR, C.; KHALED, A. A.; FAHAD, S.; ANJORIN, F. B.; ISLAM, M. S.; RATNASEKERA, D.; KIZILGEÇI, F.; YADAV, G. S.; YILDIRIM, M.; KONUSKAN, O.; SANEOKA, F. Sustainable maize (*Zea mays* L.) production under drought stress by understanding its adverse effect, survival mechanism and drought tolerance indices. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, Jaipur, v. 6, n. 2, p. 282-295, 2018.

EMBRAPA. **A cultura do minimilho**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. (Coleção Plantar, 63).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Editora Embrapa, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its boots trap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A.; BELLEGGIA, N. A.; TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. D. M. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 312-325, 2014.

FUMAGALLI, M.; MACHADO, R. A. F.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA, C. S.; PIRES, L. P. M.; PEREIRA, H. D. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamentos entre fileiras e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 426-439, 2017.

INMET. **Estações Automáticas**. Brasília, DF: INMET, 2017. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A907#>. Acesso em: 10 ago. 2017.

IMRAN, S.; ARIF, M.; KHAN, A.; KHAN, M. A.; SHAH, W.; LATIF, A. Effect of nitrogen levels and plant population on yield and yield components of maize. **Advances in Crop Science and Technology**, Pashawar, v. 3, n. 2, p. 01-07, 2015.

KHALILI, M.; MOGHADDAM, M.; KAZEMI, A. H.; SHAKIBA, M. R.; KANOONIK, H.; CHOUKAN, R. Effect of drought stress on different corn genotypes.

**Journal of Agricultural Science**, Hichmond, Hill, v. 2, p. 67-84, 2010.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Revista Bragantia**, Campinas, n. 2, v. 70, p. 334-343, 2011.

KELLER, J. **Trickle irrigation**. Washington: Soil Consevation Service National Engineering Handbook, 1978.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: conun estudio de los climas de latierra. Buenos Aires: Fondo de Cultura Econômica, 1948.

KUMAR, T. V.; SINGH, V. S. Genetic variability studies for baby corn in maize (*Zeamays L.*). **Agricultural Science Digest**, Karnal, v. 19, n. 1, p. 67-71, 1999.

KUMAR, T. K.; VENKATESHWARLU, B. Baby corn (*Zea mays L.*) performance as vegetable-cum-fodder in intercropping with legume fodders under different planting patterns. **Range Management and Agroforestry**, Bapatia, v. 34, n. 1, p. 137-141, 2013.

MENEGHETTI, A. M.; SANTOS, R. F.; NÓBREGA, L. H. P.; MARTINS, G. I. Análise de crescimento de minimilho submetido a lâminas de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 211-216, 2008.

MILLER, G.; SUZUKI, N.; CIFTCI-YILMAZ, S.; MITTLER, R. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. **Plant, Cell and Environment**, Glasgow, v. 33, n. 4, p. 453-467, 2010.

MOREIRA, A.; SANTOS, M. Z.; FAVARÃO, S. C. M. Características agrônômicas de genótipos de milho para

produção de minimilho. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 7, n. 3, p. 633-643, 2014.

MUBARAK, I. Triple-row system with a wider drip-line lateral spacing for two drip-irrigated sweet corn cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 55, p. 1-9, 2020.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52-60, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Manejo cultural do minimilho**. Sete Lagoas: Embrapa. 2001. (Circular Técnica, 07).

PEREIRA FILHO, I. A. (ed.). **Minimilho: cultivo e processamento**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 244 p.

PIZARRO, F. **Riegos Localizados de Alta Frecuencia: Goteo, microaspersión, exudación**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996.

PRADO, L. V. **Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no rendimento da cultura do milho verde**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2013.

RAUPP, D. S.; GARDINGO, J. R.; MORENO, L. R. Minimilho em conserva: avaliação de híbridos. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 509-516, 2008.

ROCHA, D. R.; FORNASIER FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 392-397, 2011.

RODRIGUES, L. R. F.; SILVA, N.; MORI, E. S. Avaliação de sete famílias S<sub>2</sub> prolíficas de minimilho para a produção de híbrido. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 31-38, 2004.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J. Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 21-32, 2013.

SANTOS NETO, I. J. **Cultivares de milho e lâminas de irrigação para produção de minimilho em Vitória da Conquista – BA**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2012.

SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; ARAÚJO, L. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; VALLE, C. B.; PEZZOPANE, C. G. Response mechanisms of *Brachiaria brizantha* cultivars to water deficit stress. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 42, n. 11, p. 767-773, 2013.

SANTOS, M. X.; ANDRADE, C. L. T.; OLIVEIRA, A. C.; LEIT, C. E. P.; CARVALHO, H. W. L.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. O.; PARENTONI, S. N. Selected and non-selected maize hybrids behavior for ASI under water stress in flowering and grain

filling. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n.2, p. 71-81, 2003.

SILVA, G. U.; PARIZI, A. R. C.; GOMES, A. C. S.; PIVOTO, O. G.; PECCIN, M. D. Manejo de irrigação via solo e clima na cultura do milho (*Zea mays* L.) na região de Alegrete/RS. **Revista de Ciência e Inovação do IFFAR**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 101-112, 2017.

SILVA, F. G.; ASPIAZÚ, I.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J.; SANTOS, S. R.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; BRITOS, O. G.; SILVA, N. P. Tensão de água no solo para o reinício da irrigação de milho verde no semiárido. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 2, p. 190-200, 2018.

SILVEIRA, M. H. D. **Manejo da irrigação e da cobertura nitrogenada em minimilho (*Zea Mays* L.)**. 2003. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2003.

SIMÕES, W. L.; GUIMARÃES, J. M.; OLIVEIRA NETO, H. T.; OLIVEIRA, A. R.; VOLTOLINI, T. V. Ajuste da lâmina de irrigação no cultivo de milho para silagem no vale do submédio São Francisco.

**Revista Científica Intellecto**, Venda Nova do Imigrante, v. 2, n. 3, p. 95-104, 2017.

SINGH, G.; KUMAR, S.; SINGH, R.; SINGH, S. S. Growth and yield of Baby Corn (*Zea Mays* L.) as influenced by varieties, spacings and dates of sowing. **Indian journal of agricultural research**, Karnal, v. 49, n. 4, p. 353-357, 2015.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

SOUSA, S. M.; PAES, M. C. D.; TEIXEIRA, F. F. **Milho doce: origem de mutações naturais**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 2013.

VALENTINUZ, O. R.; TOLLENAAR, M. Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 827-834, 2004.

WANGEN, D. R. B.; FARIA, I. O. Avaliação de variedades de milho para produção de minimilho. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 9, n. 17, p. 385-392, 2013.