

**ORIGINAL PAPER****Desempenho agrônômico da cultura do sorgo sob estratégias de irrigação e cobertura morta vegetal**

Antonio Elves Barreto da Silva<sup>1</sup>, Geocleber Gomes de Sousa<sup>2</sup>, Rafaella da Silva Nogueira<sup>2</sup>, Márcio Henrique da Costa Freire<sup>3</sup>, Henderson Castelo Sousa<sup>3\*</sup>, Geovana Ferreira Goes<sup>3</sup>, Maria Jardeane Lopes Pereira<sup>2</sup> & Delcio de Jesus Gongá Lopes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup>Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, Ceará, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil

**Resumo:** A cobertura morta vegetal atenua o estresse hídrico na cultura do sorgo. Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar o uso de regimes hídricos em solo com e sem cobertura morta vegetal no desempenho agrônômico da cultura do sorgo. O experimento foi realizado no período de julho a outubro de 2021, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, Ceará, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial  $4 \times 2$ , com cinco repetições. Foram avaliadas quatro estratégias de irrigação (EI1, testemunha – sem redução da lâmina ótima durante todo o ciclo, baseado na evapotranspiração da cultura – ETc; EI2 – redução de 20% da lâmina ótima a partir dos 60 dias após a semeadura – DAS; EI3 – redução de 40% da lâmina ótima a partir dos 70 DAS; EI4 – redução de 60% da lâmina ótima a partir dos 80 DAS) em combinação com a cobertura morta vegetal do solo (com e sem cobertura). As estratégias de irrigação com 100% da ETc (EI1) e o com 20% de redução da lâmina ótima aplicada aos 60 DAS (EI2) em solo com presença de cobertura morta vegetal foi mais eficiente quanto ao número de grãos por panícula e o comprimento de panícula. O tratamento sem restrição hídrica (100% da ETc) na presença de cobertura morta do solo, proporcionou maior rendimento em massa de grãos por panícula, massa de panícula e produtividade da cultura do sorgo.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor* L., déficit hídrico, proteção do solo.

\* Corresponding author: E-mail: [castelohenderson@gmail.com](mailto:castelohenderson@gmail.com)

Editores: Mairton Gomes da Silva & Petterson Costa Conceição Silva

Recebido em: 27 de maio de 2024

Aceito em: 07 de outubro de 2024

## Agronomic performance of sorghum crop under irrigation and vegetal mulch strategies

**Abstract:** A vegetal mulch mitigates water stress in sorghum crop. In this context, the objective of this study was to evaluate the use of water regimes in soil with and without vegetative mulch on the agronomic performance of sorghum cultivation. The experiment was conducted from July to October 2021, at the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusofonia (UNILAB), Redenção, Ceará, Brazil. The study was carried out in a completely randomized design in a  $4 \times 2$  factorial scheme, with five replicates. Four irrigation strategies (IS1, control – without reducing the optimal irrigation depth throughout the cycle, based on crop evapotranspiration – ETC; IS2 – 20% reduction in the optimal irrigation depth from 60 days after sowing – DAS; IS3 – 40% reduction in the optimal irrigation depth from 70 DAS; IS4 – 60% reduction in the optimal irrigation depth from 80 DAS) in combination with soil vegetative mulch (with and without mulch) were evaluated. Irrigation strategies with 100% of ETC (EI1) and with 20% reduction of the optimal irrigation depth applied at 60 DAS (EI2) in soil with the presence of vegetable mulch was more efficient in terms of the number of grains per panicle and panicle length. Treatment without water restriction (100% of ETC) in the presence of soil mulch, promoted greater grain mass yield per panicle, panicle mass, and productivity of the sorghum crop.

**Keywords:** *Sorghum bicolor* L., water deficit, soil protection.

### Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) tem origem no Noroeste da África e foi introduzido no Brasil por escravizados do continente africano, sendo uma espécie monoica, autógama e pertencente à família das Poaceae (Borém et al., 2014). É o quinto cereal mais cultivado do mundo, ficando atrás apenas do trigo, milho, arroz e cevada (El-Mageed et al., 2018). Dentre as suas potencialidades estar o fato de seu valor nutricional ser semelhante ao milho, potencial para matérias primas para produção de combustíveis e produtos químicos (Bell et al., 2018; Lone et al., 2023).

Contudo na região Nordeste do Brasil, a cultura do sorgo é afetada pelo déficit hídrico, que na região predomina na maior parte do ano. Assim, a irrigação é uma prática que permite auxiliar na melhor tomada de decisão, objetivando rendimento, economia de água e melhoria da eficiência do uso da água, sendo de fundamental importância para obter elevada produtividade e garantir a segurança de alimentos (Carvalho et al., 2016). Porém, é frequente a ocorrência de desperdício de água devido a diversos fatores, como o

manejo inadequado da irrigação, disponibilidade hídrica excessiva ou restritiva, além da falta ou melhor gerenciamento da gestão eficiente da irrigação (Ibidhi; Salem, 2020; Mantoan et al., 2020).

O déficit hídrico reduz a transpiração devido ao fechamento dos estômatos pela planta, que causa diretamente, uma menor taxa de fotossíntese líquida, e conseqüentemente, desenvolvimento mais lento das plantas (Vidal et al., 2016; Freitas et al., 2020; Melo et al., 2020). No entanto, a cultura do sorgo apresenta boa adaptabilidade a condições mais extremas de déficit hídrico, apresentando período de crescimento e consumo de água menores em comparação a outras culturas, podendo tolerar uma redução de até 25% da evapotranspiração da cultura, sem comprometer a produtividade (Aydinsakir et al., 2021).

Dentre alguns atenuantes da perda de água pelas culturas, o uso da cobertura do solo vem revelando efeito promissor (Guo et al., 2016). A cobertura morta do solo é uma prática conservacionista que pode aumentar a eficiência do uso da água, favorecendo uma manutenção da umidade,

diminuição de oscilações bruscas de temperaturas e das taxas de evaporação, aumentando o aproveitamento da água (Canjá et al., 2021; Goes et al., 2023).

Assim, objetivou-se avaliar o uso de regimes hídricos em solo com e sem cobertura morta vegetal no desempenho agrônômico da cultura do sorgo.

**Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em condições de campo no período de julho a outubro de 2021, na área pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB),

Redenção, Ceará, Brasil. De acordo com a classificação de Köppen (1993), o clima da região é Aw: tropical chuvoso, muito quente, com chuvas concentradas, predominantes, nas estações do verão (dezembro a março) e outono (março a junho). Os dados meteorológicos obtidos durante o experimento estão apresentados na Figura 1.

Foram realizadas análises químicas do solo antes da implantação do experimento (Tabela 1), conforme o método recomendado por Teixeira et al. (2017).

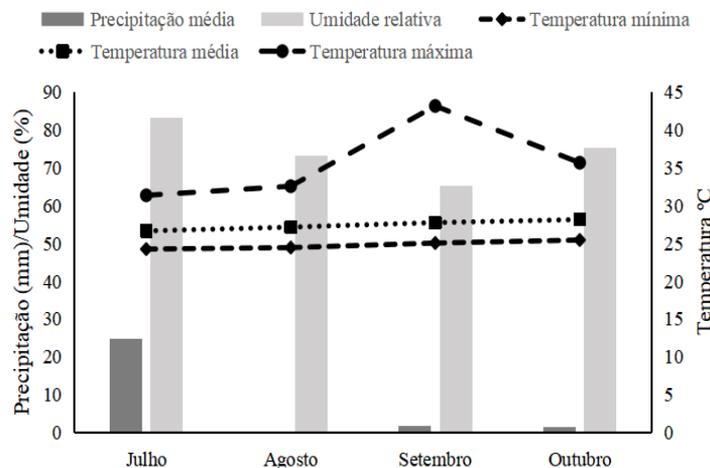


Figura 1: Precipitação, umidade e temperatura do ar nos meses de julho, agosto, setembro e outubro de 2024, na área experimental.

Tabela 1: Caracterização química do solo da área experimental

MO	N	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	V	P	pH	CEes
---(g kg <sup>-1</sup> )---		------(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )-----							(%)		(mg kg <sup>-1</sup> )	(H <sub>2</sub> O)	(dS m <sup>-1</sup> )
8,38	0,53	2,5	0,29	2,2	0,15	1,32	0,05	49,99	51,3	97	26	6,5	0,25

MO – matéria orgânica; N – nitrogênio; Ca<sup>2+</sup> – cálcio; K<sup>+</sup> – potássio; Mg<sup>2+</sup> – magnésio; Na<sup>+</sup> – sódio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> – acidez potencial; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca de cátions; V – saturação de bases; P – fósforo; pH – potencial hidrogeniônico CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 × 2, com cinco repetições. Foram avaliadas quatro estratégias de irrigação (EI1, testemunha – sem redução da lâmina ótima durante todo o ciclo, baseado na evapotranspiração da cultura – ETc; EI2 – redução de 20% da lâmina ótima a partir dos

60 dias após a semeadura – DAS; EI3 – redução de 40% da lâmina ótima a partir dos 70 DAS; EI4 – redução de 60% da lâmina ótima a partir dos 80 DAS) em combinação com a cobertura morta vegetal do solo (com e sem cobertura).

Para à adubação da cultura do sorgo com NPK, foi adotado a recomendação de

Fernandes et al. (1993), sendo aplicada 300 kg ha<sup>-1</sup> de N; 280 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 220 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, nas fontes ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, onde o N e K foram aplicados em fundação e cobertura aos 21 dias após a semeadura (DAS) e o P somente em fundação.

A semeadura foi realizada manualmente utilizando sementes de sorgo da variedade Al Precioso e distribuídas em metro linear com espaçamento de 0,80 × 0,05 m. Essa variedade apresenta características de duplo uso: silagem e produção de grãos e de boa digestibilidade devido ao baixo teor de tanino (46,03 mg 100 g<sup>-1</sup>). Aos 10 DAS, foi realizado o desbaste deixando 15 plantas por parcela.

Foram realizados os tratos culturais como capinas de plantas daninhas e controle de pragas. A cobertura morta vegetal utilizada foi proveniente de restos de plantas daninhas e colocada numa camada de 10 cm em cada tratamento logo após a emergência das plântulas de sorgo.

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento, cuja vazão do emissor foi de 8,0 L h<sup>-1</sup> e espaçados a 0,20 m. A quantidade de água aplicada foi estimada com base na ET<sub>c</sub>. A ET<sub>c</sub> foi obtida pelo produto entre a evapotranspiração de referência (estimada pelo método do tanque Classe A) e os coeficientes da cultura (K<sub>c</sub>) conforme Doorenbos & Kassam (1994). O turno de rega foi a cada dois dias. Foram instalados tensiômetros a 20 cm em cada unidade experimental.

O tempo de irrigação foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$T_i = \frac{ET_c \times E_p}{E_a \times q} \times 60 \quad (1)$$

Em que: T<sub>i</sub> – tempo de irrigação, min; ET<sub>c</sub> – evapotranspiração da cultura, mm; E<sub>p</sub> – espaçamento entre gotejadores, m; q – vazão, L h<sup>-1</sup>; E<sub>a</sub> – eficiência de aplicação, usado um valor de 0,92 de acordo com o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD).

Aos 92 DAS, foram coletadas cinco plantas por tratamento dentro da parcela útil e analisadas as seguintes variáveis: massa da panícula (MP, em g) e massa de grãos por panícula (MGPP, em g), com o auxílio de uma balança analítica; comprimento da panícula (CP, em cm), mensurada com um paquímetro digital; número de grãos por panícula (NGPP); produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>).

Para avaliar a normalidade, os dados obtidos foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov ( $p \leq 0,05$ ). Depois de verificar a normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância usando o teste F. As médias obtidas em função dos regimes hídricos e cobertura morta vegetal foram comparadas usando o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas utilizando-se o Assistat software 7.7 Beta (Silva; Azevedo 2016).

## Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância (Tabela 2), houve interação significativa entre os fatores testados para todas as variáveis estudadas.

Os valores médios para o número de grãos por panícula (NGPP) em função de diferentes estratégias de irrigação em solo com e sem cobertura morta vegetal são apresentados na Figura 2. Os maiores valores médios do NGPP foram verificados na EI1 (1651) e EI3 (1529) em solo com cobertura morta em relação ao solo sem cobertura. Nesses tratamentos, as médias foram superiores em 142 e 51% em relação as estratégias EI2 e o EI4, respectivamente. As médias de NGPP obtidas nas estratégias EI2 e o EI4 não diferem estatisticamente entre si.

O efeito positivo da EI1 na presença da cobertura morta está relacionado ao maior volume de água aplicado e a proteção do solo, ou seja, maior desempenho no número de grãos por panícula, como reportado por Silva et al. (2020). Já na ausência da cobertura morta, houve, provavelmente, maior temperatura do solo, que consequentemente aumenta a temperatura

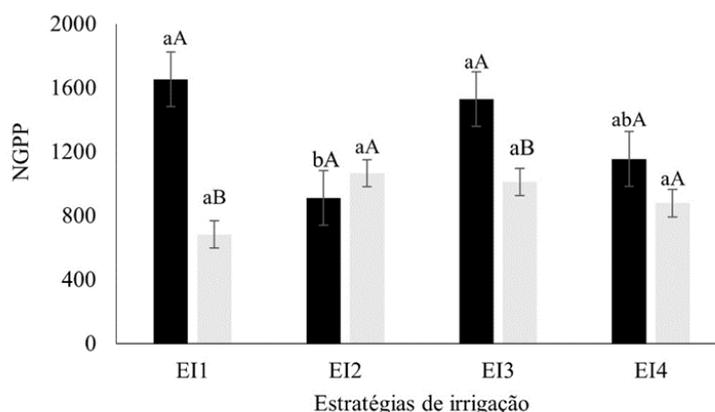
das folhas e posteriormente fechamento estomático, desencadeando menor

distribuição de nutrientes e, menor desempenho dessa variável.

Tabela 2: Análise de variância para o comprimento da panícula (CP), massa da panícula (MP), massa de grãos por panícula (MGPP), número de grãos por panícula (NGPP) e produtividade (PROD) do sorgo em função de diferentes regimes de irrigação (RI) em solo com e sem cobertura morta vegetal (CS)

FV	GL	Quadrado médio				
		CP	MP	NGPP	MGPP	PROD
RI	3	16,64**	53,24 <sup>ns</sup>	141096,10 <sup>ns</sup>	1291,82 <sup>ns</sup>	80738813,80 <sup>ns</sup>
CS	1	24,02**	499,35**	1300481,28**	4776,06*	298504069,53*
RH × CS	3	14,45**	219,08*	440573,37**	5092,99**	318312398,18**
Blocos	4	13,04**	172,24*	269176,43*	1942,87 <sup>ns</sup>	121429662,76 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	-	-	-	-	-
Total	31	-	-	-	-	-
CV (%)	-	7,96	27,61	24,14	25,61	25,61

FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; \*, \*\* – significativo a  $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ , respectivamente; ns – não significativo pelo teste F.



Letras minúsculas comparam as médias dos regimes hídricos dentro de cada cobertura morta vegetal e as letras maiúsculas comparam as médias da cobertura morta vegetal dentro de cada regime hídrico pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); barras verticais representam o erro padrão ( $n = 5$ ).

Figura 2: Número de grãos por panícula de plantas de sorgo submetidas a diferentes estratégias de irrigação em solo com (■) e sem cobertura (□) morta vegetal.

A diferença encontrada entre a EI1 e EI2 pode ser atrelada ao estágio fenológico. Desde a emergência até aproximadamente 70 dias, quando termina a etapa de crescimento 2 (EC2), qualquer estresse pode causar efeitos na produtividade, principalmente no número de grãos por panícula. Verifica-se nesse estágio, que o suprimento de água pode aumentar o aborto de óvulos já polinizados (Assefa et al., 2010). Em contrapartida, aos 70 DAS, mais de 50% da planta atingiu floração, por isso a redução não afetou em maior escala o número de grão.

As reduções no rendimento de grãos encontradas no sorgo são um dos principais efeitos do estresse hídrico nas plantas. Avaliando a cultura do sorgo, Guimarães et al. (2019) reafirmam que o estresse hídrico reduz o desenvolvimento das sementes, reduzindo assim, o número de grãos por panícula. Silva et al. (2023) avaliando a cultura do sorgo sacarino sob diferentes intensidades de restrição hídrica durante a fase reprodutiva, observaram redução de 50,4% no número de sementes por panícula sob reposição hídrica de 70% da capacidade de campo, em relação a reposição de 100%.

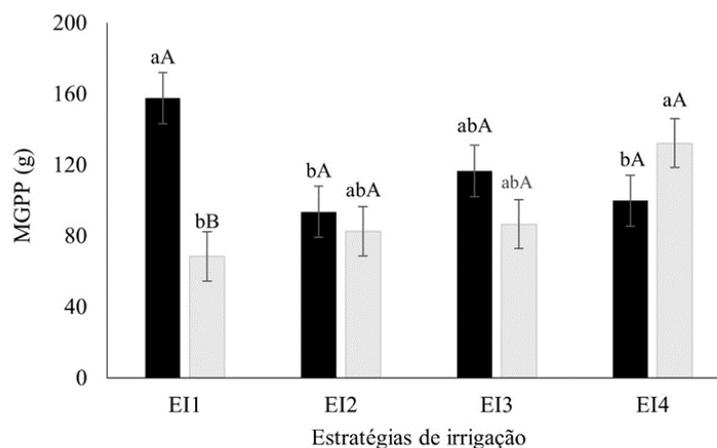
Semelhante ao número de grãos por panícula, a massa de grãos por panícula (Figura 3), a EI1 associado a presença da cobertura morta vegetal foi superior estatisticamente à ausência da proteção do solo. Os demais regimes hídricos não diferiram estatisticamente entre si. Esse efeito pode estar possivelmente atrelado a maior capacidade de retenção de umidade pelo material colocado ao solo como proteção, ou seja, ocasionando maior aporte de matéria orgânica (Torres et al., 2020), favorecendo o aumento do rendimento das culturas (Carvalho et al., 2018).

Vale salientar que em condições de déficit hídrico, a produção de fotoassimilados e desenvolvimento de órgãos reprodutivos são afetados, tal condição ocorre devido à restrição de assimilação de CO<sub>2</sub>, como mecanismo no controle estomático para evitar perda de água por transpiração (Canjá et al., 2021; Goes et al., 2021). Avaliando o uso de cobertura morta vegetal (folhas de bananeira e plantas espontâneas) em condições de campo no cultivo do milho,

Goes et al. (2023) reportam efeitos benéficos da proteção do solo nos parâmetros de produção da cultura.

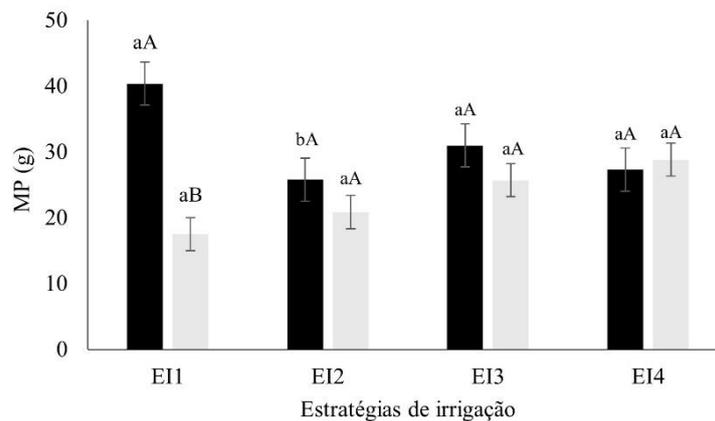
Estudando a aplicação de déficit hídrico na cultura do sorgo, Bell et al. (2018) não identificaram correlação entre diferentes regimes hídricos na massa de grãos da panícula. Já Impa et al. (2019), avaliaram a cultura do sorgo sob déficit hídrico controlado, registraram redução na massa de grão e, conseqüentemente, na massa de grãos por panícula.

Para a massa da panícula, com exceção da EI1, os demais tratamentos foram similares estatisticamente (Figura 4), sendo que na EI1, os dados de massa no regime com cobertura morta foram superiores. Trabalhos realizados por Torres et al. (2020) comprovaram os resultados deste estudo, ou seja, esses mesmos autores revelam que a cobertura morta atenuou o estresse hídrico na cultura do milho, possibilitando maior disponibilidade de água para as plantas e, conseqüentemente, maior desempenho.



Letras minúsculas comparam as médias dos regimes hídricos dentro de cada cobertura morta vegetal e as letras maiúsculas comparam as médias da cobertura morta vegetal dentro de cada regime hídrico pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); barras verticais representam o erro padrão ( $n = 5$ ).

Figura 3: Massa de grãos por panícula de plantas (MGPP) de sorgo submetidas a diferentes estratégias de irrigação em solo com (■) e sem cobertura (■) morta vegetal.



Letras minúsculas comparam as médias dos regimes hídricos dentro de cada cobertura morta vegetal e as letras maiúsculas comparam as médias da cobertura morta vegetal dentro de cada regime hídrico pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); barras verticais representam o erro padrão ( $n = 5$ ).

Figura 4: Massa da panícula (MP) de plantas de sorgo submetidas a diferentes estratégias de irrigação em solo com (■) e sem cobertura (■) morta vegetal.

Estudando a cultura do milho, Costa et al. (2021) também obtiveram maior massa da panícula quando aplicado cobertura morta vegetal na fase reprodutiva. Para a cultura do sorgo, Sousa et al. (2017) não identificaram diferenças significativas na massa da panícula sob diferentes regimes hídricos e uso de cobertura morta vegetal durante o ciclo da cultura.

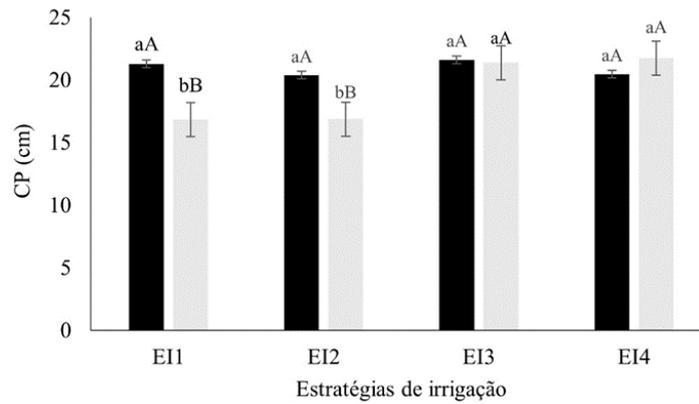
Observa-se na Figura 5 que nas EI1 e EI2, as plantas cultivadas na presença da cobertura morta vegetal apresentaram maior CP, sendo superiores estatisticamente as que não receberam a cobertura morta. Mesmo assim, é possível inferir que a cobertura do solo influenciou nessa variável, pois no regime sem supressão e no estresse hídrico ao reduzir em 40 e 60% da lâmina ótima, ficou evidente que a cobertura morta foi atenuante. Esse resultado demonstra que o uso da lâmina ótima (100% da ETc) associado a uso da cobertura morta, proporciona o solo estar na capacidade de campo evidenciando maior translocação de fotoassimilados para a formação da inflorescência, como reportado por Torres et al. (2020).

Resultados obtidos por Goes et al. (2021) estudando intervalos de aplicação de diferentes déficits hídricos em solo cultivado com a cultura do amendoim, evidenciaram maior tamanho de vagens quando aplicado uma lâmina de irrigação

sem supressão (100% da ETc). Da mesma forma, Costa et al. (2021) também registraram efeito positivo para o comprimento de espiga em planta de milho cultivada em solo com cobertura morta vegetal.

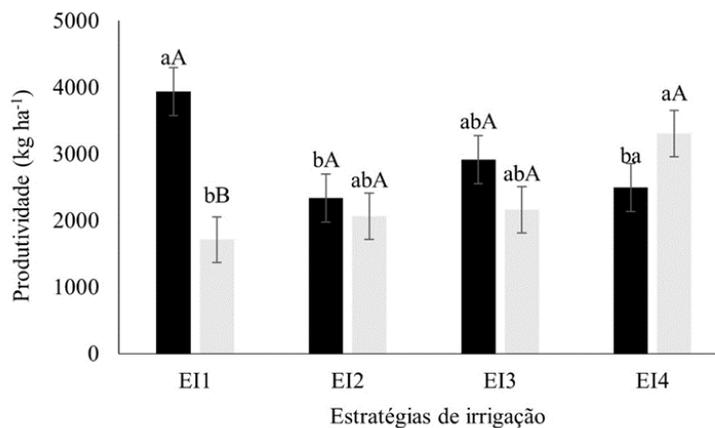
De acordo com a Figura 6, na EI1 com cobertura morta vegetal proporcionou maior produtividade ( $3.939,00 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Entretanto, não apresentou diferença significativa em solo sem cobertura para EI4 ( $3.305,80 \text{ kg ha}^{-1}$ ), ou seja, a cobertura morta influencia positivamente a produtividade no estágio inicial até a floração do sorgo. Esse resultado sugere que a tolerância da planta e redução de rendimento está atrelado ao estágio fenológico que a cultura sofre quanto ao estresse hídrico.

Ressalta-se que plantas de sorgo expostas ao estresse na fase mais jovem, se tornam mais eficientes na fase adulta em comparação a um único estresse, pois reduz a área foliar e permite menor consumo da água do solo, diminuindo a densidade de estômatos, permitindo menos evapotranspiração e melhor uso da água (George-Jaeggli et al., 2017; Mantoan et al., 2020). Essas características, atrelado ao sistema radicular agressivo do sorgo, explicam a produtividade igual em solos com e sem cobertura morta vegetal na maioria dos tratamentos.



Letras minúsculas comparam as médias dos regimes hídricos dentro de cada cobertura morta vegetal e as letras maiúsculas comparam as médias da cobertura morta vegetal dentro de cada regime hídrico pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); barras verticais representam o erro padrão ( $n = 5$ ).

Figura 5: Comprimento da panícula (CP) de plantas de sorgo submetidas a diferentes estratégias de irrigação em solo com (■) e sem cobertura (□) morta vegetal.



Letras minúsculas comparam as médias dos regimes hídricos dentro de cada cobertura morta vegetal e as letras maiúsculas comparam as médias da cobertura morta vegetal dentro de cada regime hídrico pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); barras verticais representam o erro padrão ( $n = 5$ ).

Figura 6: Produtividade de plantas de sorgo submetidas a diferentes estratégias de irrigação em solo com (■) e sem cobertura (□) morta vegetal

Trabalhos que reportam similaridade com este estudo foi descrito por Guimarães et al. (2022) na cultura do sorgo irrigada com 100% da ETc e por Goes et al. (2021) na cultura do milho em solo com cobertura morta vegetal inserida na fase reprodutiva e irrigada com 100% da ETc.

### Conclusões

As estratégias de irrigação com 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) e 20% de redução da lâmina ótima aplicada aos 60 dias após a semeadura em solo com presença de cobertura morta vegetal foi mais eficiente quanto ao número de grãos por panícula e o comprimento de panícula.

O tratamento sem restrição hídrico (100% da ETc) na presença de cobertura morta do solo, proporcionou maior rendimento em massa de grãos por panícula, massa de panícula e a produtividade da cultura do sorgo.

### Referências

El-Mageed, T. A. A.; El-Samnoudi, I. M.; Ibrahim, A. E.-A. M.; Tawwab, A. R. A. Compost and mulching modulates morphological, physiological responses and water use efficiency in sorghum (bicolor *L. Moench*) under low moisture regime. *Agricultural Water Management*, v. 208, p. 431-439, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.042>

Assefa, Y.; Staggenborg, S. A.; Prasad, V. P. V. Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. *Crop Management*, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2010. <https://doi.org/10.1094/CM-2010-1109-01-RV>

Aydinsakir, K.; Buyuktas, D.; Dinç, N.; Erdurmus, C.; Bayram, E.; Yegin, A. B. Yield and bioethanol productivity of sorghum under surface and subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, v. 243, 106452, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106452>

Bell, J. M.; Schwartz, R.; McInnes, K. J.; Howell, T.; Morgan, C. L. S. Deficit irrigation effects on yield and yield components of grain sorghum. *Agricultural Water Management*, v. 203, p. 289-296, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.002>

Borém, A.; Pimentel, L.; Parella, R. Sorgo do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2014. 275p.

Canjá, J. F.; Sales, J. R. S.; Pinho, L. L.; Sousa, N. I. G.; Lacerda, C. F.; Sousa, G. G. Production and water use efficiency of peanut under salt stress and soil cover. *Revista Ciência Agronômica*, v. 52, n. 2, e20217818, 2021. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210040>

Carvalho, D. F.; Oliveira Neto, D. H.; Felix, L. F.; Guerra, J. G. M.; Salvador, C. A. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. *Ciência Rural*, v. 56, n. 7, p. 1145-1150, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150363>

Carvalho, D. F.; Ribeiro, E. C.; Gomes, D. P. Marketable yield of onion under different irrigation depths, with and without mulch. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 2, p. 107-112, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n2p107-112>

Costa, F. H. R.; Goes, G. F.; Almeida, M. S.; Magalhães, C. L.; Sousa, J. T. M.; Sousa, G. G. Maize crop yield in function of salinity and mulch. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 12, p. 840-846, 2021. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n12p840-846>

Doorenbos, J.; Kassam, A. H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).

Fernandes, V. L. B. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. Fortaleza: UFC, 1993. 248p.

Freitas, C. D. M.; Pamplona, J. P.; Lins, H. A.; Souza, M. F.; Dombroski, J. L. D.; Silva, D. V. Gaseous exchanges of corn and weeds under competition and water regimes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, n. 7, p. 465-473, 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p465-473>

George-Jaeggli, B.; Mortlock, M. Y.; Borrell, A. K. Bigger is not always better: Reducing leaf area helps stay-green sorghum use soil water

more slowly. *Environmental and Experimental Botany*, v. 138, p. 119-129, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.002>

Goes, G. F.; Sousa, G. G.; Lessa, C. I. N.; Silva, F. D. B.; Lacerda, C. F. Nogueira, R. S. Uso de cobertura morta e água salina na produtividade da cultura do milho. *Irriga*, v. 1, n. 4, p. 730-738, 2021. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n4p730-738>

Goes, G. F.; Sousa, G. G.; Costa, F. H. R.; Lessa, C. I. N.; Nogueira, R. S.; Gomes, S. P. Saline stress in maize grown in soil under different mulches, *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 18, n. 2, e3126, 2023. <https://doi.org/10.5039/agraria.v18i2a3126>

Guo, Y. Y.; Yu, H. Y.; Kong, D. S.; Yan, F.; Zhang, Y. J. Effects of drought stress on growth and chlorophyll fluorescence of *Lycium ruthenicum* Murr. seedlings. *Photosynthetica*, v. 54, n. 4, p. 524-531, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0206-x>

Guimarães, M. J. M.; Simões, W. L.; Oliveira, A. R.; Araujo, G. G. L.; Silva, Ê. F. F.; Willadino, L. G. Biometrics and grain yield of sorghum varieties irrigated with salt water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 4, p. 285-290, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p285-290>

Guimarães, M. J. M.; Simões, W. L.; Barros, J. R. A.; Alberto, K. C.; Willadino, L. G. Parâmetros bioquímicos, fisiológicos e produtividade de sorgo granífero irrigado com água salina. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 7, n. 3, p. 159-168, 2022. <https://doi.org/10.24221/jeap.7.3.2022.4692.159-168>

Ibidhi, R.; Salem, H. B. Water footprint and economic water productivity assessment of eight dairy cattle farms based on field measurement. *Animal*, v. 14, n. 1, p. 180-189, 2020. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001526>

Impa, S. M.; Perumal, R.; Bean, S. R.; Sunoj, V. S. J.; Jagadish, S. V. K. Water deficit and heat stress induced alterations in grain physico-chemical characteristics and micronutrient composition in field grown grain sorghum. *Journal of Cereal Science*, v. 86, p. 124-131, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.013>

Köppen, W. P. Die klimare der erde: Grundriss der klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter & So., 1923. 369p.

Lone, R.; Hassan, N.; Bashir, B.; Rohela, G. K.; Malla, N. A. Role of growth elicitors and microbes in stress management and sustainable production of Sorghum. *Plant Stress*, v. 9, 100179, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100179>

Mantoan, L. P. B.; Corrêa, C. V.; Rainho, C. A.; Almeida, L. F. R. Rapid dehydration induces long-term water deficit memory in sorghum seedlings: advantages and consequences. *Environmental and Experimental Botany*, v. 180, 104252, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104252>

Melo, A. S.; Dias, V. G.; Dutra, W. F.; Dutra, A. F.; Sá, F. V. S.; Brito, M. E. B.; Viégas, P. R. A. Physiology and yield of piel de sapo melon (*Cucumis melo* L.) under water deficit in semi-arid region, Brazil. *Bioscience Journal*, v. 36, n. 4, p. 1251-1260, 2020. <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n4a2020-48168>

Silva, F. A. S. E.; Azevedo, C. A. V. The Assisat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal Agricultural Research*, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

Silva, S. S.; Lima, G. S.; Lima, V. L. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Oliveira, J. P. M.; Araújo, A. C.; Gomes, J. P. Production and quality of watermelon fruits under salinity management strategies and nitrogen fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, n. 6, p. 2923-2936, 2020. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6Supl2p2923>

Silva, W. C.; Moura, J. G.; Oliveira, A. B.; Batista, M. S. S.; Brito, L. L. M.; Sousa, K. C. Physiological maturation of sweet sorghum seeds produced under water restriction. *Revista Ciência Agronômica*, v. 54, e20217942, 2023. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230053>

Sousa, P. G. R.; Carvalho, C. M.; Viana, T. V. A.; Azevedo, B. M.; Sousa, J. P. F.; Campelo,

D. H. Características agronômicas do sorgo forrageiro submetido à lâminas de irrigação e cobertura morta no semiárido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 8, p. 2239-2248, 2017.

<https://doi.org/10.7127/rbai.v11n800731>

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573p.

Torres, W. L. V.; Viana, T. V. A.; Sousa, G. G.; Pereira Filho, J. V.; Gomes, K. R.; Azevedo, B. M. Lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no consórcio entre feijão-caupi e milho. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, e34984957, 2020.

<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.4957>

Vidal, V. M.; Soares, F. A. L.; Teixeira, M. B.; Oliveira Neto, S. A. S.; Morais, W. A.; Gomes, F. H. F.; Silva, N. F.; Cunha, F. N. Produção e partição de biomassa na cultura do girassol submetido ao déficit hídrico. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 5, n. 3, p. 67-73, 2016.