

Produção de Silagem de Milheto sob Diferentes Lâminas de Irrigação



Coletores de irrigação instalados transversalmente à linha central de irrigação (à esquerda). Plantas de milho com detalhe da panícula (à direita).

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
206**

**Produção de Silagem de Milheto sob
Diferentes Lâminas de Irrigação**

Fabrcio Nascimento Ferreira
Isabela Cristina Martins Oliveira
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade
Rosângela Maria Simeão
Isabel Regina Prazeres de Souza

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2020*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Isabela Cristina Martins Oliveira

1ª edição
Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Produção de silagem de milheto sob diferentes lâminas de irrigação / Fabrício Nascimento Ferreira ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 25 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 206).

1. Irrigação. 2. Estresse hídrico. 3. Pennisetum glaucum. 4. Produtividade. 5. Planta forrageira. I. Ferreira, Fabrício Nascimento. II. Oliveira, Isabela Cristina Martins. III. Andrade, Camilo de Lélis Teixeira de. IV. Simeão, Rosângela Maria. V. Souza, Isabel Regina Prazeres de. VI. Série.

CDD 631.587 (21. ed.)

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução.....	08
Material e Métodos	09
Resultados e Discussão	13
Conclusões.....	21
Referências	22

Produção de Silagem de Milheto sob Diferentes Lâminas de Irrigação¹

Fabrcio Nascimento Ferreira²

Isabela Cristina Martins Oliveira³

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade⁴

Rosângela Maria Simeão⁵

Isabel Regina Prazeres de Souza⁶

Resumo – O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma das alternativas de culturas para a produção de forragem e silagem para alimentação animal, pois apresenta boa composição nutricional. Um melhor entendimento do desenvolvimento do milheto submetido ao estresse hídrico é relevante porque a cultura apresenta maior eficiência no uso da água em comparação com as demais culturas forrageiras e silageiras. Uma das formas de avaliar a resposta das culturas ao estresse hídrico é a utilização da técnica de irrigação em *line-source*, que permite quantificar experimentalmente a relação entre produtividade e o uso de água pelas plantas. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade de biomassa para produção de silagem de milheto no sistema solteiro e consorciado com duas cultivares de braquiária, na segunda safra. O experimento foi implantado na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, em 2019. Avaliou-se o efeito de seis níveis de irrigação obtidos empregando um sistema de aspersão com distribuição dos aspersores em linha (*line-source*). O delineamento estatístico foi em blocos casualizados, no esquema de faixas, com seis repetições. Não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$) das diferentes lâminas de irrigação na produtividade de biomassa fresca e seca para silagem, na interação consórcio e lâmina de irrigação, assim como no fator consórcio (C) e na lâmina de irrigação (L) isoladamente. Os maiores valores de produtividade de biomassa fresca e seca para produção de silagem, de 22,96 e 6,05 t ha⁻¹, respectivamente, foram observados para

1 Trabalho desenvolvido com apoio da Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

2 Eng. Ambiental, Bolsista do Programa de Tecnologia e Inovação para Agropecuária DTI-C - CNPq;

3 Eng. Agrôn., Mestre em Ciências Agrárias - UFSJ/Campus Sete Lagoas;

4 Eng. Agrícola, PhD em Engenharia de Irrigação, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

5 Bióloga, DSc em Genética, Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte

6 Eng. Agrôn., PhD em Ciências das Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo

lâminas de irrigação correspondentes a 81% a 95% da ET₀. O fator lâmina de irrigação foi significativo apenas para produtividade da água. A maior produtividade da água, de 3,76 kg m⁻³, foi verificada para a lâmina correspondente a 41% da ET₀.

Termos para indexação: estresse hídrico; irrigação subótima; produtividade da água; *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.

Pearl Millet Silage Production under Different Irrigation Depths

Abstract – Pearl millet (*Pennisetum glaucum*) is one of the crop alternatives for the production of forage and silage for animal feed, as it presents a good nutritional composition. A better understanding of the development of pearl millet subjected to water stress is relevant since the crop presents greater efficiency in the water use as compared to other forage and silage crops. One of the ways to evaluate crop response to water stress is by using the line-source irrigation scheme, which allows quantifying experimentally the relationship between yield and the plant water use. The objective of this study was to evaluate the effect of different irrigation depths on the pearl millet biomass productivity growing single and intercropped with two brachiaria cultivars, in the off-season cropping system. The experiment was carried out at Embrapa Milho e Sorgo experimental station, in Sete Lagoas, State of Minas Gerais, Brazil, in 2019. The effect of six irrigation levels was obtained by using a sprinkler system with in-line sprinkler heads distribution (line-source). The experimental design was a randomized block, in a strip scheme, with six replications. There were no significant effects ($p > 0.05$) of the different irrigation depths on the productivity of fresh and dry biomass for silage, in the interaction between intercropping and irrigation depths, as well as for the intercropping (C) and irrigation depth (L) factors isolated. The highest productivity of fresh and dry biomass for silage production, of 22.96 and 6.05 t ha⁻¹, respectively, were observed for irrigation depths corresponding to 81% to 95% of ET₀. The irrigation depth factor was significant only for water productivity. The highest water productivity, of 3.76 kg m⁻³, was verified for the depth corresponding to 41% of the ET₀.

Index terms: water stress; suboptimal irrigation; water productivity; *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.

Introdução

O Produto Interno Bruto (PIB) referente ao Agronegócio de Minas Gerais cresceu 5,12% em 2019, representando 36% do PIB do estado (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2020). O crescimento do setor em Minas Gerais também foi impulsionado pela pecuária, cujo PIB avançou 8,51% em 2018 (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2020). Um dos maiores entraves à melhoria da produção animal em pasto é a estacionalidade da produção e oferta de forragem, decorrente da instabilidade climática e do manejo inadequado, demandando, portanto, planejamento por parte dos pecuaristas (Guimarães Júnior, 2006).

São várias as alternativas de culturas para a produção de forragem e silagem, dentre elas o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), uma planta nativa da África (Almeida et al., 2018; Guimarães Júnior et al., 2010), que pode ser empregada na alimentação humana e animal, pois apresenta boa composição nutricional. Quando comparada ao milho e ao sorgo, a cultura demanda tratamentos culturais simples, baixo custo de produção e maior tolerância ao déficit hídrico (Jacovetti et al., 2018). Em razão do ciclo curto, o milheto apresenta também maior capacidade de escape ao déficit hídrico na fase terminal do seu ciclo, sendo, portanto, indicado para o cultivo na segunda safra ou em regiões sujeitas a veranicos e seca (Guimarães Júnior, 2006). Portanto, apresenta vantagens para ensilagem, quando comparado às culturas comumente usadas, como cana-de-açúcar, milho e sorgo (Amer; Mustafa, 2010). Outra característica importante é sua elevada adaptabilidade ao clima tropical e aos solos ácidos que, sem a devida correção, são inapropriados para outras culturas. Em razão da boa tolerância ao déficit hídrico, o milheto apresenta rebrota espontânea depois do corte, o que contribui para a possibilidade de pastejo pelos animais e proteção do solo contra as ações de intemperismo (Jacovetti et al., 2018; Guimarães Júnior et al., 2005).

O milheto também é utilizado como cobertura de solo em sistemas de plantio direto, como planta forrageira para pastoreio, na produção de combustíveis de fontes renováveis (Priesnitz et al., 2011; Rodrigues; Pereira Filho, 2009) e na produção de grãos para fabricação de ração (Pereira Filho et al., 2003).

Apesar de ser considerada uma das culturas mais resistentes ao déficit hídrico, fatores climáticos, como redução da radiação solar, precipitação e temperatura, influenciam na taxa de crescimento e desenvolvimento das plantas e, assim, afetam a produção de matéria seca e grãos (Landau; Pereira Filho, 2009).

Um melhor entendimento do desenvolvimento da cultura do milheto submetida ao estresse hídrico é relevante, pois a cultura se apresenta como alternativa para produção de biomassa e forragem com maior eficiência no uso da água (Almeida, 2017). Uma das formas de avaliar a resposta das culturas ao estresse hídrico é a utilização da técnica de irrigação em *line-source*, em que é possível quantificar experimentalmente a relação entre produtividade e o uso de água pelas plantas (Hanks et al., 1980). Essa metodologia permite avaliar variáveis dependentes de produção por meio de variáveis independentes, como a lâmina de água recebida pela cultura (Hanks et al., 1976).

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade de biomassa para produção de silagem de milheto solteiro e consorciado com duas cultivares de braquiária, na segunda safra.

Material e Métodos

O experimento foi implantado na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, na segunda safra do ano 2019, no período de 28 de fevereiro a 4 de junho de 2019. A temperatura média anual da série histórica (1927 - 2013) é de 21,9 °C. O período chuvoso concentra-se de outubro a março, e a estiagem, de abril a setembro, sendo a precipitação pluviométrica média anual de 1.345 mm (Borges Júnior et al., 2017). O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média (Panoso et al., 2002). A região apresenta clima tropical, com verões quentes e chuvosos e invernos secos, classificado como Cwa, conforme Köppen.

Utilizou-se como cultura principal a variedade de milheto ADR 500 e duas gramíneas forrageiras em consórcio na linha de plantio: BRS Paiaguás [*Brachiaria brizantha* (sin. *Urochloa brizantha*)], e BRS Ipyporã [*Brachiaria* híbrida (sin. *Urochloa* híbrida)].

A adubação de plantio foi realizada com base nas recomendações de Ribeiro et al. (1999) e na análise do solo, consistindo em 410 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16 + B. A adubação de cobertura consistiu em 140 kg ha^{-1} de nitrogênio, realizada no estádio de desenvolvimento ED2, em que a planta do milheto apresentava em média cinco folhas. Os ensaios foram instalados no sistema de semeadura direta, em 28 de fevereiro de 2019, de forma mecanizada, misturando-se a semente do milheto ao adubo. O espaçamento adotado foi de 0,70 m entre fileiras. A semeadura das gramíneas forrageiras foi realizada manualmente, nas mesmas linhas do milheto a uma profundidade média de 2 cm.

Empregou-se um sistema de irrigação por aspersão constituído por três linhas laterais espaçadas de 18 m, contendo aspersores Rain Bird modelo 14070 com alcance de 18 m, espaçados entre si de 12 m. Toda a área experimental foi irrigada com as três linhas laterais até os 33 dias após o plantio, de forma a permitir o estabelecimento da cultura. Após esse período, a área passou a ser irrigada com apenas a linha lateral central, caracterizando um sistema de irrigação tipo *line-source*. Este arranjo possibilita um gradiente decrescente de lâmina de água aplicada perpendicularmente à linha lateral central de irrigação.

O manejo da irrigação foi realizado com auxílio de planilha eletrônica desenvolvida para a programação da irrigação de culturas anuais (Albuquerque; Andrade, 2001) que calcula diariamente o balanço hídrico no solo. A planilha foi alimentada diariamente com dados de precipitação e de evapotranspiração de referência (ET₀) estimada pelo método FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998) empregando dados diários de temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento, medidos em uma estação meteorológica automática do INMET, adjacente à área do experimento. Os valores de coeficiente de cultivo (K_c) necessários à realização do manejo foram adaptados da cultura do milho. Também foram incluídas na planilha eletrônica as lâminas de irrigação médias medidas nas parcelas experimentais adjacentes à linha central de irrigação. A planilha determina diariamente a necessidade ou não de irrigação e a lâmina líquida de água necessária para retornar o solo das parcelas experimentais, adjacentes à linha central de irrigação, à capacidade de campo. Adicionalmente, a evapotranspiração máxima da cultura foi estimada diariamente, multiplicando-se os valores de ET₀ pelo valor do K_c do mesmo dia. A chuva efetiva foi estimada pela planilha subtraindo

da precipitação total recebida os valores estimados de percolação profunda e da variação do armazenamento de água na zona das raízes (Albuquerque; Andrade, 2001).

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, no esquema de faixas, com seis repetições. A parcela foi formada pelo milheto solteiro combinado com as duas cultivares de gramíneas forrageiras, e a subparcela foi formada pelos seis níveis de irrigação, seguindo a configuração experimental de irrigação por aspersão em linha ou *line-source* (Hanks et al., 1980). As parcelas foram constituídas por duas fileiras de milheto solteiro e consorciado com as gramíneas, com 18 m de comprimento. As subparcelas foram constituídas por duas fileiras de três metros. Duas fileiras externas foram usadas como bordadura interna para evitar a influência de fatores externos na área útil, tendo sido colhidas as duas fileiras centrais para avaliar a produção de silagem. Dessa forma, a parcela útil apresentou uma área de 25,2 m², e a subparcela útil (unidade experimental), de 4,2 m².

As subparcelas, recebendo diferentes níveis de irrigação (faixas), foram identificadas considerando-se as seguintes distâncias em relação à linha de irrigação central: L1 = 0 a 3 m, L2 = 3 a 6 m, L3 = 6 a 9m, L4 = 9 a 12 m, L5 = 12 a 15 m, L6= 15 a 18 m. Por causa do perfil de aplicação de água dos aspersores, as lâminas de irrigação são decrescentes de L1 a L6. As lâminas aplicadas foram quantificadas ao final de cada irrigação, por meio de baterias de coletores instaladas em cada bloco. Os coletores foram posicionados transversalmente à linha central e no meio das subparcelas. Os valores das lâminas de irrigação foram acumulados até as datas de colheita de material para silagem. Foram calculadas as proporções entre os valores das diferentes lâminas de irrigação aplicadas (L1 a L6) e os valores de ET₀, ambos acumulados até a data da colheita de material para silagem. Essas proporções foram utilizadas como variáveis independentes na análise estatística, ou seja, como níveis do fator irrigação. Em virtude da possível assimetria no perfil de aplicação de água, especialmente em decorrência de variações na velocidade e direção do vento durante as irrigações, foram consideradas seis repetições dos tratamentos, sendo três de um lado e três do outro lado da linha central de irrigação.

No estágio ED8 de desenvolvimento do milheto, em que os grãos se apresentavam pastosos a farináceos (¾ da linha de leite), procedeu-se a colheita

das parcelas para quantificação da biomassa para silagem, deixando as gramíneas forrageiras para formação de palhada e/ou para pastejo. O acompanhamento do ponto de colheita foi realizado para cada nível de irrigação já que o estresse hídrico pode afetar a duração das fases fenológicas da cultura. Neste momento, foram coletadas duas fileiras de plantas em cada subparcela que estava em condições de colheita. O corte das plantas foi realizado à altura de 10 cm da superfície do solo, e o material foi pesado em campo para determinar o peso verde total. Posteriormente, o material foi picado em pedaços de tamanho médio de dois a três centímetros utilizando um triturador forrageiro. Uma amostra de 10 plantas de cada parcela foi separada e enviada para análise em bancada. Para determinação da porcentagem de biomassa seca, após o material ter sido homogeneizado, foi retirada uma amostra de aproximadamente 1,0 kg, que foi submetida à secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C.

O cálculo de produtividade da água (PA) seguiu a análise proposta por Pereira et al. (2009), que a definiu como a razão entre a produção atingida pela cultura, expressa em massa seca, e a quantidade de água utilizada ao longo do ciclo. No presente estudo, foi considerado apenas o uso da água da irrigação, sendo a produtividade da água da irrigação (PA_{irri}) em kg/m^3 dada pela Equação 1:

$$PA_{\text{irri}} = \frac{Y_s}{T_{\text{irri}}} \quad (1)$$

em que:

Y_s = produtividade de biomassa seca para silagem, em kg ha^{-1} ; e

T_{irri} = volume de irrigação aplicado até a data da colheita, em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

A produção de biomassa fresca e seca em quilogramas foi convertida para produtividade (t ha^{-1}) por intermédio da Equação 2:

$$PF = \frac{\left(\frac{\text{PPF}}{A}\right)}{100} \quad (2)$$

em que:

PF = produção de biomassa (t ha^{-1});

PPF = produção média de biomassa por parcela (g);

A = área em m² da unidade experimental (4,2 m²).

A conversão das lâminas de irrigação, somada à precipitação total ocorrida durante o período do experimento, expressa em mm, para m³, foi realizada empregando a Equação 3:

$$LA = \frac{\left(\frac{IP}{1000}\right)}{A} \quad (3)$$

em que:

LA = lâmina de água (m³)

IP = irrigação + precipitação total (mm);

A = área em m² da unidade experimental (4,2 m²).

Os dados de produção de silagem e produtividade da água foram submetidos à análise de variância para determinação dos fatores que atuam de maneira significativa sob as variáveis em estudo. As análises estatísticas foram realizadas no software R 3.5.2 (R Core Team, 2018), considerando-se o nível de 5% de significância. Para o fator qualitativo, consórcio de culturas, aplicou-se o teste de média F, e para a lâmina de irrigação utilizou-se a regressão.

Resultados e Discussão

A temperatura média do ar durante o ciclo da cultura foi de 23,3 °C, sendo a média máxima de 29,8 °C e a média mínima de 16,8 °C (Figura 1). A ET₀ atingiu um valor máximo diário de 6,04 mm e um mínimo de 1,81 mm, ambos no mês de março de 2019. A ET₀ totalizou 370 mm do plantio à colheita de silagem (97 DAS). Já a ET_c acumulada, considerando as parcelas com irrigação plena, foi de 382 mm até o ponto de ensilagem.

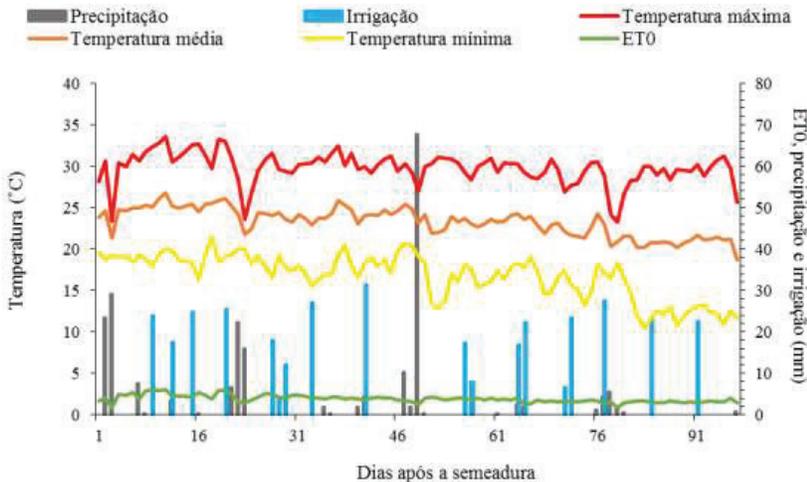


Figura 1. Valores diários de temperaturas máxima, mínima e média, de evapotranspiração de referência (ET₀) e lâminas de precipitação pluvial e de irrigação plena aplicada ao longo do ciclo da cultura. Sete Lagoas-MG, 2019.

A precipitação observada acumulada até o dia do ponto de ensilagem foi de 215 mm, enquanto a chuva efetiva totalizou 112 mm até o ponto de ensilagem. Essa quantidade de chuva foi menor que a precipitação média histórica de 383 mm (Borges Júnior et al., 2017) registrada para o período de condução do experimento. Verificou-se também uma distribuição irregular das chuvas, ocorrendo eventos de precipitação superior a 22 mm diários nos dias 02, 03 e 22 após a semeadura (DAS) e de 68 mm aos 49 DAS, além de longos intervalos entre precipitações. Entretanto, em condições de sequeiro, essa quantidade de chuva seria insuficiente para suprir a demanda hídrica da cultura, cujo requerimento ótimo varia de 300 a 350 mm (Sheahan, 2014).

Na Tabela 1 são apresentadas as lâminas médias de água aplicadas ao longo do ciclo do milho para os diferentes níveis de irrigação.

Tabela 1. Lâminas médias de água aplicadas ao longo do ciclo do milheto para diferentes níveis de irrigação, Sete Lagoas-MG, 2019.

Ano	Datas	DAS*	Níveis de Irrigação					
			L1	L2	L3	L4	L5	L6
			Milímetros (mm)					
2019	8/3	9	24,8	25,8	26,4	21,7	21,6	21,9
	11/3	12	16,2	16,9	18,7	18,5	18,4	16,9
	14/3	15	28,1	24,6	23,1	21,8	24,6	26,4
	19/3	20	25,5	25,5	26,2	25,8	25,1	23,8
	26/3	27	17,1	17,2	18,5	19,3	18,5	17,4
	27/3	28	3,6	4,0	4,3	4,2	4,0	3,5
	28/3	29	11,1	12,0	13,1	13,1	12,4	11,8
	1/4	33	24,2	27,9	29,7	29,1	26,4	23,8
	9/4	41	31,5	26,9	21,2	13,9	8,4	0,6
	24/4	56	17,3	15,5	11,4	5,9	2,5	0,3
	25/4	57	8,0	7,0	4,5	3,2	2,0	0,0
	2/5	64	16,9	15,5	12,6	9,6	3,4	0,0
	3/5	65	24,9	22,8	20,0	18,0	9,7	4,6
	9/5	71	6,7	6,0	4,1	2,2	0,6	0,0
	10/5	72	23,4	20,6	14,3	8,9	3,8	0,0
	15/5	77	27,5	25,7	21,3	15,0	6,8	0,4
	22/5	84	23,0	21,1	15,1	11,8	5,3	0,3
	29/5	91	22,3	20,8	16,6	11,5	5,5	0,1
	Total			352,0	335,6	300,9	253,2	199,0

*DAS = Dias Após a Semeadura. Lâminas de água de irrigação coletadas em relação à linha central de irrigação nas distâncias: L1 = 0 a 3 m, L2 = 3 a 6 m, L3 = 6 a 9 m, L4 = 9 a 12 m, L5 = 12 a 15 m, L6 = 15 a 18 m.

Na Tabela 2 são apresentadas, para os diferentes níveis de irrigação, as lâminas médias de irrigação acumulada desde o plantio até o ponto de colheita para silagem, a soma das lâminas de irrigação com a chuva efetiva e a porcentagem em relação à evapotranspiração de referência acumulada (%ET0). A evapotranspiração de referência acumulada (ET0) do plantio até o ponto de colheita do material para silagem foi de 370 mm.

Tabela 2. Lâmina média de irrigação acumulada desde o plantio até o ponto de colheita para silagem e porcentagem em relação à evapotranspiração de referência acumulada (%ET0) para os diferentes níveis de irrigação. Sete Lagoas-MG, 2019.

Nível de Irrigação	Silagem		
	Lâmina de irrigação (mm)	Lâmina de Irrigação + Chuva Efetiva* (mm)	% ET0
L1	352	464	95
L2	336	448	91
L3	301	413	81
L4	253	365	68
L5	199	351	54
L6	152	264	41

*Chuva efetiva = 112 mm; ET0 acumulada no ciclo = 370 mm. Lâminas de água de irrigação coletadas em relação à linha central de irrigação nas distâncias: L1 = 0 a 3 m, L2 = 3 a 6 m, L3 = 6 a 9 m, L4 = 9 a 12 m, L5 = 12 a 15 m, L6 = 15 a 18 m.

Para os diferentes níveis de irrigação, o resumo da análise de variância da produtividade de biomassa fresca e seca para produção de silagem e da produtividade da água para a cultura do milheto solteiro e consorciado com gramíneas forrageiras encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância de produtividade de biomassa fresca e seca ($t\ ha^{-1}$) e produtividade da água ($kg\ m^{-3}$) para silagem. Sete Lagoas-MG, 2019.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio – Silagem		
		Produtividade de Biomassa Fresca	Produtividade de Biomassa Seca	Produtividade da Água
Bloco	5	85,20	8,60	2,90
Consórcio (C)	2	25,58 ^{n.s}	2,25 ^{n.s}	0,47 ^{n.s}
Resíduo (a)	10	19,55	1,48	0,24
Lâmina Irrigação (L)	5	51,98 ^{n.s}	1,55 ^{n.s}	11,39*
Resíduo (b)	25	29,18	2,44	0,89
C x L	10	15,05 ^{n.s}	1,56 ^{n.s}	0,24 ^{n.s}
Resíduo (c)	50	10,12	0,97	0,17
Média		21,43	5,75	2,42
CVe (%)		20,64	21,15	20,36

* Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{n.s} Não significativo

Não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$) das diferentes lâminas de irrigação na produtividade de biomassa fresca e seca para silagem, na interação consórcio e lâmina de irrigação, assim como para o fator consórcio (C) e lâmina de irrigação (L) isoladamente.

As produtividades de biomassa fresca e seca para a cultura do milho solteiro e consorciado com gramíneas forrageiras, para diferentes lâminas de irrigação, expressa como porcentagem de ET₀, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Produtividades de biomassa fresca e seca de material para silagem (t ha⁻¹) em função da lâmina de irrigação expressa como porcentagem da ET₀. Sete Lagoas-MG, 2019.

Lâmina de Irrigação %ET ₀	Produtividade de Silagem	
	Produtividade de biomassa fresca (t ha ⁻¹)	Produtividade de biomassa seca (t ha ⁻¹)
95	22,65	5,92
91	22,96	6,05
81	22,96	5,87
68	19,97	5,23
54	21,04	5,80
41	18,98	5,61

A despeito de considerável redução na lâmina de irrigação aplicada em suplementação às chuvas, a produtividade de biomassa fresca e seca para produção de silagem de milho permaneceu estável (Tabela 4). Isso se deveu ao fato de as lâminas L1 a L5 terem suplantado o requerimento hídrico da cultura (Tabela 2), cujo ótimo varia de 300 a 350 mm (Sheahan, 2014). Entretanto, a manutenção de produtividade na L6 foi por causa da tolerância da cultura ao estresse hídrico. Os maiores valores de produtividade de biomassa fresca e seca para produção de silagem, de 22,96 e 6,05 t ha⁻¹, respectivamente, foram observados para lâminas de irrigação correspondentes a 81% a 95% da ET₀. Os resultados do presente estudo corroboram, em parte, com os de Almeida (2017), que avaliou a produtividade de biomassa fresca e seca de milho em casa de vegetação em Piracicaba-SP, para ní-

veis de irrigação 40, 70, 100 e 130% da CAD do solo da parcela de referência (L100). O autor observou que não houve diferença significativa na produtividade de biomassa fresca e seca entre os níveis 100 e 130%, entretanto, diferindo significativamente para os níveis 40 e 70%. As maiores produções de biomassa fresca foram obtidas nos níveis de 100 e 130%, apresentando valores de 59,2 e 55,6 t ha⁻¹.

No período de seca em Sete Lagoas, durante o qual a experimentação foi realizada, 28 de fevereiro a 4 de junho, tem-se menor comprimento do dia e temperaturas mais amenas, quando comparado ao plantio de verão (Duarte, 2015). A temperatura média, durante a condução do ensaio, manteve-se em torno de 20 a 25 °C, o que interferiu no ciclo da cultura, contribuindo para redução da produtividade, uma vez que a temperatura ótima para o desenvolvimento do milheto varia de 25-30 °C (Hannaway; Larson, 2004) a 32-35 °C (Newman et al., 2010). Maas et al. (2007) verificaram que o comprimento do dia tem papel fundamental e importante na produção final do milheto. A mudança no período de plantio ocasiona aumento na altura de plantas e decréscimo na produção, pelo efeito do comprimento do dia (Mangant et al., 1999), o que corrobora os dados obtidos no presente estudo, em que se observou uma alta percentagem de tombamento em campo e redução da produtividade.

Torres et al. (2018), avaliando a resposta da irrigação na produção de forragem de milheto, observaram efeitos significativos para produtividade para seis diferentes lâminas de irrigação suplementar, 0, 25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração de referência. A maior eficiência técnica entre os tratamentos foi encontrada, para as duas safras (2014/2015 e 2015/2016), na lâmina de 125% da ET₀ com produtividades de forragem de 15,49 t ha⁻¹ e 14,78 t ha⁻¹, respectivamente.

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) das lâminas aplicadas (L) na produtividade da água para silagem (Figura2), com valores de produtividade da água variando de 1,74 kg m⁻³ a 3,76 kg m⁻³ para as lâminas de L1 a L6. Verifica-se que a lâmina de irrigação proporcionou efeito quadrático sobre essa variável, apresentando tendência decrescente com o incremento das lâminas até o nível 93% da ET₀, correspondente ao valor de 1,86 kg m⁻³ de produtividade da água.

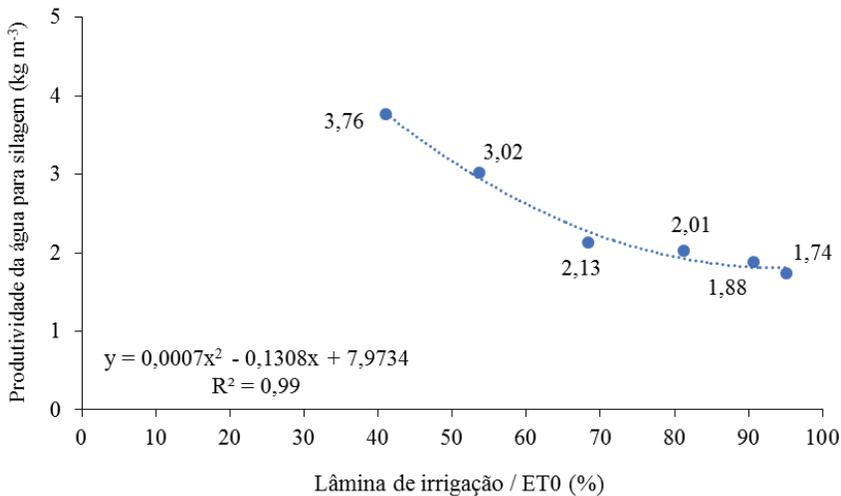


Figura 2. Resposta da produtividade da água (kg m⁻³) para massa seca de silagem à proporção dos níveis de irrigação em relação à ET₀. Sete Lagoas-MG, 2019.

Almeida (2017) avaliou, em casa de vegetação, a eficiência do uso da água sob diferentes níveis de reposição hídrica, 40, 70, 100 e 130% da CAD do solo da parcela de referência (L100). Ele verificou diferença significativa entre os tratamentos, sendo o maior valor da produtividade da água de 9,11 kg m⁻³ obtido para a lâmina de 40%, e a menor produtividade, de 4,58 kg m⁻³, para a lâmina de 130%. Os resultados encontrados no trabalho de Almeida (2017) corroboram os obtidos no nosso trabalho e reforçam o conhecimento da tolerância do milho à seca. Entretanto, lâminas muito elevadas de irrigação prejudicam a cultura. Lee et al. (2004) verificaram que o milho não sobrevive em condições de excesso de água.

A produtividade da água na L6 foi 116% maior do que na L1, com redução de 5% na produção de matéria seca. Esse resultado reforça a elevada tolerância da cultura às condições de maior déficit hídrico e, ao mesmo tempo, sua incapacidade de responder ao maior *input* de água pela irrigação, o que não é verificado em milho (Bergamaschi et al., 2004) e sorgo (Kirchner et al., 2019).

Outra abordagem que precisa ser estudada é a decisão econômica de adotar o milheto como cultura para produção de silagem, pois o conteúdo energético é inferior quando comparado às culturas do milho e do sorgo. Porém, a elevada qualidade e o teor proteico da silagem de milheto têm sido um diferencial. As produtividades do milheto no período de safrinha e o bom valor nutritivo da sua silagem fazem da cultura uma interessante alternativa para os produtores de leite e carne (Albuquerque et al., 2010).

Esses resultados reforçam as informações técnicas de que o milheto é uma cultura tolerante ao déficit hídrico que, segundo Pereira Filho (2016), pode ser capaz de finalizar seu ciclo com precipitações inferiores a 300 mm. Importante ressaltar que, com recursos hídricos cada vez mais escassos, a demanda por estratégias de manejo torna-se cada vez mais necessária. Todavia, é importante destacar que, para uma cultura agrícola alcançar potenciais produtivos, não pode existir escassez hídrica ou má distribuição das chuvas ao longo do seu ciclo (Vivian et al., 2015). Contudo, algumas culturas como o milheto apresentam capacidade de se recuperar de estresse hídrico temporário.

Conclusões

Não foram verificadas diferenças significativas para o fator consórcio, lâmina de irrigação e para a interação consórcio e lâmina, em relação à produtividade de biomassa fresca e biomassa seca de milheto para a produção de silagem.

O fator lâmina de irrigação foi significativo apenas para produtividade da água da cultura do milheto.

A maior produtividade da água, de 3,76 kg m⁻³, foi encontrada para a lâmina correspondente a 41% da ET₀.

Agradecimentos

A Deus, pela concretização do trabalho.

Ao CNPq pela concessão da Bolsa do Programa de Tecnologia e Inovação para Agropecuária DTI-C - CNPq.

À Embrapa Milho e Sorgo, pela oportunidade de realizar o desenvolvimento do trabalho.

Aos funcionários e colegas de trabalho do NSAM (Núcleo de Água, Solo e Sustentabilidade Ambiental) pelo apoio na condução do experimento.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

Referências

ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. L. T. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).

ALBUQUERQUE, C. J. B.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; LANZA, M. A.; PAES, J. M. V.; FREITAS, R. S. de. Produtividade do milheto para silagem no município de Uberlândia, MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade**: resumos expandidos. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 2312-2316.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, A. M. de. **Eficiência no uso da água e produtividade de biomassa do milheto (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.) sob diferentes níveis de reposição hídrica**. 2017. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

ALMEIDA, M. C. R.; LEITE, M. L. de M. V.; JÚNIOR, E. H de S.; CRUZ, M. G.; MOURA, G. A.; MOURA, E. A. de; SÁ, G. A. dos S.; LUCENA, L. R. R. de. Crescimento vegetativo de cultivares de milheto sob diferentes disponibilidades hídricas. **Magistra**, v. 29, n. 2, p. 161-171, 2018.

AMER, S.; MUSTAFA, A. F. Effects of feeding pearl millet silage on milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 12, p. 5921-5925, 2010.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BORGES JÚNIOR, J. C. F.; OLIVEIRA, A. L. M.; ANDRADE, C. L. T.; PINHEIRO, M. A. B. Equação de Hargreaves-Samani calibrada em diferentes bases temporais para Sete Lagoas, MG. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 1, p. 38-49, 2017.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **O PIB do agronegócio do Estado de Minas Gerais é calculado pela Cepea**. Piracicaba, 2020. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-de-minas-gerais.aspx>>. Acesso em: 19 maio 2020.

DUARTE, A. P. Milho safrinha se consagra e torna um sistema de produção. **Visão Agrícola**, v. 13, p. 78-82, 2015.

GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Avaliação nutricional de silagens de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.)** 2006. 90 p. Tese (Doutorado em Ciências Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, T. R. Degradabilidade *in situ* de silagens de milheto em ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 334-343, 2010.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; JAYME, D. D.; PIRES, D. A. A.; BORGES, A. L. C. C.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I. Matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e pH das silagens de três genótipos de milheto (*Pennisetum glaucum*

(L. R. BR.]) em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 251-258, 2005.

HANNAWAY, D. B.; LARSON, C. **Forage fact sheet: pearl millet (*Pennisetum americanum*)**. Corvallis: Oregon State University, 2004.

HANKS, R. J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, v. 40, n. 3, p. 426-429, 1976.

HANKS, R. J.; SISSON, D. V.; HURST, R. L.; HUBBARD, K. G. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 4, p. 886-888, 1980.

JACOVETTI, R.; FRANÇA, A. F. de S.; CARNEVALLI, R. A.; MIYAGI, S. E.; BRUNES, L. C.; CORRÊA, D. S. Milheto como silagem comparado a gramíneas tradicionais: aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, e26539, 2018.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; MEZZOMO, W.; BEN, L. W. B.; PIMENTA, B. D. P.; PEREIRA, A. C. Funções de produção e eficiência no uso da água em sorgo forrageiro irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, e5646, 2019.

LANDAU, E. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Clima. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **Cultivo do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 3).

LEE, D.; HANNA, W.; BUNTIN, G. D.; DOZIER, W.; TIMPER, P.; WILSON, J. P. **Pearl millet for grain**. Statesboro: University of Georgia, 2004. 12 p.

MANGANT, B. K.; MAITI, R. K.; KHAIRWAL, I. S. Pearl millet biology. In: KHAIRWAL, I. S.; RAI, K. N.; ANDREWS, D. J.; HARINARAYANA, G. (Ed.). **Pearl millet breeding**. New Delhi: Oxford & IBH Publishing, 1999. p. 1-2.

MAAS, A. L.; HANNA, W. W.; MULLINIX, B. G. Planting date and row spacing affects grain yield and height of pearl millet Tifgrain 102 in the Southeastern coastal plain of the United States. **Journal of SAT Agricultural Research**, v. 5, p. 1-4, 2007.

NEWMAN, Y.; JENNINGS, E.; VENDRAMINI, J.; BLOUNT, A. **Pearl millet (*Pennisetum glaucum*): overview and management**. Gainesville: University of Florida: IFAS Extension, 2010. 6 p.

PANOSO, L. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas características e classificação no novo sistema brasileiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).

PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivo de milheto**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 3).

PRIESNITZ, R.; COSTA, A. C. T.; JANDREY, P. E.; FRÉZ, J. R. S.; DUARTE JÚNIOR., J. B.; OLIVEIRA, P. S. R. Espaçamento entre linhas na produtividade de biomassa e de grãos em genótipos de milheto pérola. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 485-494, 2011.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

RODRIGUES, J. A. S.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **Cultivo do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 3).

SHEAHAN, C. M. **Plant guide for pearl millet (*Pennisetum glaucum*)**. Washington: USDA-Natural Resources Conservation Service, 2014. 4 p.

TORRES, R. **Resposta da irrigação na produção de forragem de milheto**. 2018. 88 p. Tese (Dourado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

VIVIAN, G. A.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C.; BARBOZA, F. da S.; SOARES, F. C. Rendimento e rentabilidade das culturas da soja, milho e feijão cultivados sob condições de sequeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2943-2950, 2015.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

