

Resposta de cultivares de *Megathyrsus maximus* à irrigação subótima



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Corte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 284

Resposta de cultivares de *Megathyrus maximus* à irrigação subótima

*Rosangela Maria Simeão
Camilo de Leis Teixeira de Andrade
Anna Carolina Resende
Fabrício Nascimento Ferreira
João Carlos Ferreira Borges Júnior
Isabela Cristina Martins Oliveira
Liana Jank
Mateus Figueiredo Santos
Sanzio Carvalho Lima Barrios*

Embrapa Gado de Corte
Campo Grande, MS
2020

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Corte
Av. Rádio Maia, 830, Zona Rural, Campo Grande, MS,
79106-550, Campo Grande, MS
Fone: (67) 3368 2000
Fax: (67) 3368 2150
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Gado de Corte

Presidente
Lucimara Chiari

Secretário-Executivo
Rodrigo Carvalho Alva

Membros
Alexandre Romeiro de Araújo, Davi José
Bungenstab, Fabiane Siqueira, Gilberto
Romeiro de Oliveira Menezes, Marcelo Castro
Pereira, Mariane de Mendonça Vilela, Marta
Pereira da Silva, Mateus Figueiredo Santos,
Vanessa Felipe de Souza

Supervisão editorial
Rodrigo Carvalho Alva

Revisão de texto
Rodrigo Carvalho Alva

Tratamento das ilustrações
Rodrigo Carvalho Alva

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Rodrigo Carvalho Alva

Foto da capa
Rosângela Maria Simeão

1ª edição
Publicação digitalizada (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)
Embrapa Gado de Corte

Resposta de cultivares de *Megathyrus maximus* à irrigação subótima. / Rosângela Maria
Simeão ... [et al.]. – Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2020.
PDF - 36 p. il. Color. - (Documentos / Embrapa Gado de Corte, 284)

ISSN 1983-974X

1. Forrageira. 2. Produção animal. III. Aguagem. I. Simeão, R. M. II. Série.

633.2 CDD

Maria de Fátima da Cunha (CRB – 1/2616)

© Embrapa, 2020

Autores

Rosângela Maria Simeão

Bióloga, doutora em Genética, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade

Engenheiro-Agrícola, doutor em Engenharia da Irrigação, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Anna Carolina Resende

Bióloga, mestranda em Ecologia pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Fabrcio Nascimento Ferreira

Engenheiro-Ambiental, bolsista do Programa de Tecnologia e Inovação para Agropecuária DTI-C – CNPq, Sete Lagoas, MG

João Carlos Ferreira Borges Júnior

Engenheiro-Agrícola, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG

Isabela Cristina Martins Oliveira

Engenheira-Agrônoma, mestre em Ciências Agrárias, Sete Lagoas, MG

Liana Jank

Engenheira-Agrônoma, doutora em Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Mateus Figueiredo Santos

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Sanzio Carvalho Lima Barrios

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Sumário

Apresentação	6
Resumo	7
Introdução.....	7
Material e métodos	10
Manejo da irrigação	12
Análise dos dados	15
Resultados e discussão.....	15
Conclusões.....	30
Referências	31

Apresentação

O Documento intitulado *Resposta de cultivares de Megathyrsus maximus à irrigação subótima* atende ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável n. 6, que trata de “Água Potável e Saneamento” por meio do desenvolvimento de “Tecnologias para manejo da irrigação e eficiência no uso da água”.

No trabalho são avaliadas cultivares de uso para a pecuária intensiva, de alta produtividade, mas que reduzem sensivelmente a produção de forragem em períodos de veranicos durante o excesso hídrico e, também, durante o déficit hídrico anual. Os resultados indicam a eficiência do uso da água e produção forrageira mesmo em períodos de déficit hídrico. Ainda, indica cultivares que produzem forragem com redução de 15% a 25% da água de irrigação, ou seja, apresentam elevada eficiência de produção.

Esses resultados contribuem para a manutenção e estabilidade da produtividade bovina de leite ao longo do ano e, ainda, tem o potencial de promover maior ganho de peso anual em animais de corte, aumentando a eficiência e sustentabilidade do sistema de produção da pecuária nacional.

Resumo

Em sistemas intensificados de produção, o *Megathysus maximus* (sin. *Panicum maximum*) é uma das forrageiras mais indicadas para ganhos na produção animal. Essa espécie é altamente afetada pelo déficit hídrico nos meses de outono-inverno, tornando suas cultivares candidatas à avaliação de irrigação deficitária ou subótima, a qual tem o objetivo de restringir a quantidade de água aplicada sem que haja perda expressiva da produtividade. Assim, o objetivo foi avaliar a resposta em produção de matéria seca total e diária, em múltiplos cortes, de três cultivares de *Megathysus maximus* submetidas à irrigação plena e com déficit e indicar o nível de irrigação que atende parcialmente as suas necessidades hídricas sem penalização significativa da produtividade. Foram avaliadas as cultivares Massai, Quênia e Tamani e a gramínea forrageira Tifton-85 (*Cynodon* spp.) como testemunha, para os caracteres produção de matéria seca total (PMST) e a taxa de acúmulo de forragem (TAF), num total de oito cortes realizados entre 2018 e 2020. Seis lâminas de irrigação decrescentes em volume foram aplicadas por aspersores, com base no balanço de água no solo. As cultivares responderam aos níveis de irrigação, tanto nos períodos de excesso quanto no déficit hídrico para PMST e TAF. Com base na magnitude dos coeficientes de determinação da regressão linear, o fator irrigação foi o que melhor explicou a variação na PMST, no período de déficit hídrico nas cultivares Massai, Quênia e Tifton, todas com valores de R^2 superiores a 0,80. As cvs. Massai, Tamani e Tifton toleraram uma redução de 15 a 25% na lâmina de irrigação e mantém a PMST e TAF evidenciadas na lâmina máxima, durante o déficit hídrico anual. A cv. Quênia reduziu a produção com a irrigação subótima, entretanto, foi a mais produtiva de todas as cultivares durante o déficit hídrico, com uma TAF equivalente a 88% da TAF evidenciada no período de excesso hídrico.

Introdução

O Brasil é um país com vocação agropecuária, sendo que a pecuária, isoladamente, contribui com 8,5% do PIB nacional (Abiec, 2020). A área relativa de terras antropizadas no Brasil é de aproximadamente 30%. Desse total, as

pastagens ocupam 149,67 milhões de hectares, ou seja, 17% do território nacional (Landau et al., 2020) e os 13% restantes é ocupado pela agricultura e urbanização (Embrapa, 2018).

O *Megathyrus maximus* (sin. *Panicum maximum*) é a gramínea forrageira, propagada por sementes, de mais alta produtividade e qualidade utilizada nos sistemas produtivos de carne e leite no Brasil e ocupa uma área de aproximadamente 20 milhões de hectares. Esta gramínea é cultivada em áreas com uma elevada variação de latitudes, altitudes e temperaturas médias (Pezzopane et al. 2017). Em termos de sistemas de produção, o *M. maximus* é utilizado em áreas com diversos níveis de intensificação tanto em sistemas convencionais quanto em integrados, como integração lavoura pecuária (ILP) e integração lavoura pecuária floresta (ILPF). Na pecuária, serve de alimento para engorda e produção de leite de bovinos e de ovinos (Jank et al., 2014). Dada a sua importância para os sistemas intensificados de produção, as cultivares de *M. maximus* foram as escolhidas para a experimentação e para os resultados a serem apresentados.

Em anos recentes, as mudanças climáticas globais têm desafiado a sustentabilidade da agropecuária. A sazonalidade na produção de forragens tropicais ocorre anualmente em função, principalmente, dos efeitos da seca, comprimento do dia e redução de temperatura durante o outono/inverno. Isso reflete negativamente na sustentabilidade e na eficiência dos sistemas de produção (Hatfield, Dold, 2019), inclusive os de carne e leite dependentes de forragens. O aprofundamento dos estudos que permitam reduzir esse efeito de vazio forrageiro de forma sustentável e economicamente viável é necessário. Nesse contexto, pesquisas sobre o potencial do uso de irrigação complementar em pastagens e as possíveis respostas diferenciais entre cultivares e espécies forrageiras pode ajudar na adoção de estratégias que visem a mitigação do vazio forrageiro e o aumento da eficiência e lucratividade da pecuária.

Estima-se que a área total de irrigação no Brasil atualmente seja de 6,69 milhões de hectares (IBGE, 2017), sendo que a região Sul responde por 25% da área irrigada, a região Sudeste por 39,7%, a região Nordeste por 18,76%, a região Norte por 5,57% e a região Centro-Oeste por 10,87%. Segundo Sparovek et al. (2014), há um potencial de 61 milhões de hectares aptos à irrigação no Brasil. Inúmeros fatores devem ser considerados visando o uso de irrigação em pastagens, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico

(Mendonça et al., 2010), sendo que ainda faltam muitas informações visando otimizar esse processo. Entre outras, são necessários estudos sobre a fertilidade do solo para resposta das forrageiras à irrigação; sobre a variação inter e intraespecífica de resposta e sobre o uso da irrigação com déficit, ou seja, com atendimento apenas parcial das necessidades hídricas das forragens. Nesse estudo, será realizada uma abordagem sobre os dois últimos itens e, assim, contribuir com informações importantes na tomada de decisões, inclusive, do ponto de vista econômico do uso da técnica de irrigação em pastagens.

A técnica de irrigação deficitária ou subótima tem o objetivo de restringir a quantidade de água aplicada sem que haja perda expressiva da produtividade. O uso desse tipo de irrigação é uma alternativa para ampliar a eficiência no uso da água e garantir a produção em épocas ou locais com baixa disponibilidade hídrica. Essa técnica consiste na aplicação de lâminas d'água inferiores às demandadas para satisfazer às necessidades hídricas da cultura, alterando assim a evapotranspiração e a produtividade da cultura, todavia, a redução da produtividade não deve comprometer o retorno econômico da cultura irrigada (Kang et al., 2000).

A irrigação suplementar com déficit é considerada uma prática inovativa que atende os requisitos de aumentar a produtividade da água (WP – proporção da biomassa produzida por unidade de água de irrigação utilizada) e a eficiência do uso da água (WUE – proporção da biomassa aérea por unidade de água transpirada pela cultura) para a agricultura e pecuária. Seus maiores impactos ocorrem nos seguintes aspectos: redução da demanda por água, economia de energia, redução dos custos da irrigação para os produtores rurais e diminuição da captação total de água das fontes (Levidow et al, 2014). Entretanto, é uma prática que ainda demanda estudos de precisão da irrigação, estudos confiáveis de demonstração dos seus benefícios, além de exigir suporte técnico e atuação de extensionistas. A essas podemos reforçar a necessidade de estudos sobre os efeitos diferenciais entre espécies e entre cultivares de espécies agrícolas e forrageiras em resposta à irrigação suplementar com déficit para o uso em pastagens tropicais.

Uma das metodologias para avaliar a resposta das plantas ao estresse hídrico é a técnica de irrigação em *line-source*, em que é possível quantificar experimentalmente a relação entre produtividade e o uso de água pelas culturas

(Hanks et al., 1980). Essa metodologia permite avaliar variáveis dependentes de produção por meio de variáveis independentes, como, por exemplo, a lâmina de água recebida pela cultura (Hanks et al., 1976).

Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta em produção de matéria seca total e diária, em múltiplos cortes, de três cultivares de *Megathysus maximus* submetidas à irrigação plena e com déficit e indicar o nível de irrigação que atende parcialmente as suas necessidades hídricas sem penalização significativa da produtividade.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, (19° 27' 20" S, 44° 10' 21" W, a 725 m de altitude). 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 pluvial média anual de 1.345 mm (Borges Júnior et al., 2017). A região apresenta clima tropical, com verões quentes e chuvosos e invernos secos, classificado como Cwa, conforme Köppen. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo textura média (Panoso et al., 2002), apresentando as seguintes características antes da instalação do ensaio (camada de 0-20 cm): pH em água = 6,2; Al = 0,00 cmol_c dm⁻³; Ca = 7,1 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,7 cmol_c dm⁻³; H+ Al = 5,3 cmol_c dm⁻³; CTC(T) = 13,7 cmol_c dm⁻³; P-Mehlich 1 = 16,6 mg dm⁻³; K = 230 mg dm⁻³; Zn = 5,4 mg dm⁻³; Fe = 30,1 mg dm⁻³; Mn = 21,5 mg dm⁻³; Cu = 0,3 mg dm⁻³; B = 0,1 mg dm⁻³; V = 61,0 (%); matéria orgânica = 4,26 dag kg⁻¹. Com base na análise de solo, evidencia-se que os níveis de fertilidade encontrados atendem as exigências para a semeadura e produção das forrageiras avaliadas (Sousa; Lobato, 2004). Assim, a área recebeu apenas FTE (50 kg ha⁻¹) para reposição de micronutrientes e, após cada corte, todas as parcelas foram adubadas apenas com nitrogênio (70 kg ha⁻¹ de N) na forma de ureia.

A experimentação com três cultivares de *Megathysus maximus* (cvs. BRS Quênia, BRS Tamani e cv. Massai), tendo como testemunha uma cultivar de *Cynodon* spp. (cv. Tifton 85), foi iniciada em janeiro de 2018 e conduzida até março de 2020. O Tifton-85 foi usado como testemunha por ser, provavelmente, a gramínea forrageira mais usada para plantio sob irrigação no Brasil,

principalmente para produção de feno. A semeadura direta das três primeiras cultivares e o plantio por mudas do Tifton-85 foram realizados em parcelas de 3 m x 36 m, contendo seis linhas espaçadas em 0,5 m, deixando-se 1 m de corredor entre as parcelas. A taxa de semeadura seguiu as recomendações comerciais para cada cultivar. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com oito repetições, sendo a parcela constituída pelas gramíneas e a subparcela por seis lâminas de irrigação arranjadas em faixas, seguindo a configuração experimental de irrigação por aspersão em linha ou *line-source* (Hanks et al., 1980). Cada uma das 192 subparcelas representa, então, um nível de irrigação para cada gramínea e cada repetição.

Em cada avaliação, empregou-se um gabarito de 1 m², que foi posicionado no centro de cada subparcela, para orientar o corte das gramíneas. As alturas de corte adotadas foram: 0,10 m para a cv. Tifton-85; 0,20 m para a cv. BRS Tamani e cv. Massai e 0,30 m para a cv. BRS Quênia. O material fresco amostrado foi pesado no campo e uma subamostragem de aproximadamente 300 g foi retirada, a qual foi novamente pesada e colocada para secar em estufa, a 65°C, até peso constante, para a determinação da porcentagem de massa seca. Valores de porcentagem de massa seca, juntamente com o peso fresco total da amostra coletada na parcela experimental foram utilizados para determinação da produtividade ou peso de massa seca total (PMST) em toneladas por hectare (t ha⁻¹). Após a amostragem em todas as subparcelas, toda a bordadura foi cortada nas alturas determinadas para cada cultivar e toda a matéria verde foi retirada da área. A taxa de acúmulo de forragem (TAF– kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS) foi estimada dividindo a produção de massa seca em cada corte pelo número de dias de intervalo em relação ao corte anterior. TAF é uma variável bastante importante nessa avaliação pelo fato dos intervalos entre os cortes terem variação no número de dias entre eles.

Os nove cortes das forrageiras foram realizados nas seguintes datas: **a. corte de uniformização** em março de 2018 (amostras descartadas); **1.** em maio de 2018; **2.** em agosto de 2018; **3.** em outubro de 2018; **4.** em novembro de 2018; **5.** em janeiro de 2019; **6.** em maio de 2019 (cv. Tamani em abril de 2019); **7.** em outubro de 2019 (cv. Tamani em setembro de 2019) e **8.** em dezembro de 2019 (cv. Tamani e cv. Massai), janeiro de 2020 (cv. Tifton-85) e março de 2020 (cv. Quênia). Os cortes 1, 4, 5, 6 e 8 foram considerados cortes dos períodos de excedente hídrico e os cortes 2, 3, e 7 referem-se aos períodos de déficit

hídrico. O corte 6 realizado em abril e maio reflete o acúmulo de matéria seca (MS) durante o excesso hídrico. Assim como os cortes 3 e 7 refletem o acúmulo de MS durante o déficit hídrico. O período de excedente hídrico é o de mais alta pluviosidade na região de experimentação; ocorre nas estações de outubro a março, enquanto o período de déficit hídrico é o de baixa pluviosidade, que ocorre de abril a setembro. Assim, os cortes de excedente hídrico quantificam a massa de forragem acumulada durante a primavera/verão, em contraposição, os cortes de déficit hídrico, o acúmulo do outono/inverno.

Manejo da irrigação

O ensaio foi irrigado empregando um sistema de aspersão convencional composto por três linhas laterais, espaçadas de 18 metros, dotadas de aspersores com alcance de 18 metros, espaçados de 12 metros. Do plantio até o corte de uniformização (60 dias) as três linhas laterais foram operadas de forma a aplicar aproximadamente a mesma lâmina em todas as parcelas; a partir da uniformização das espécies forrageiras, apenas a linha lateral central foi mantida. A irrigação foi realizada semanalmente e as lâminas de água calculadas de acordo com o manejo de irrigação, que se baseou no balanço diário de água no solo. Suspendeu-se a irrigação apenas no período anterior ao corte 4 (novembro de 2018), pelo excesso hídrico e distribuição adequada da pluviosidade indicada pela planilha de manejo de irrigação e evidenciada na Tabela 1. Este arranjo com apenas uma linha de irrigação, chamado de *line-source*, possibilita que as lâminas de água aplicadas pelo sistema decresçam transversalmente à esta linha central de irrigação, gerando um gradiente de estresse hídrico cuja intensidade é tanto maior, quanto mais afastado da linha central de irrigação (Hanks et al., 1976).

O manejo da irrigação foi realizado utilizando critérios de decisão gerados por uma planilha eletrônica que realiza, diariamente, o balanço de água no solo (Albuquerque e Andrade, 2001). A planilha indica o momento de irrigar e a lâmina líquida a ser aplicada, posição L1 (lâmina ótima), em cada irrigação. Os dados de temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento de uma estação meteorológica do INMET, adjacente à área do experimento, foram utilizados para estimar os valores de evapotranspiração de referência (ET_0), empregando-se o método FAO Penman-Monteith (Allen et

al., 1998). Valores de ET_0 , de chuva e de irrigação eram incluídos na planilha diariamente. Assumiram-se valores de coeficiente de cultivo (Kc) de uma cultivar de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, disponível na literatura (Sanchez et al., 2017). Um valor mínimo de Kc (Kc inicial) era considerado após o corte, aumentando linearmente em seguida até atingir um valor constante (Kc intermediário) que era mantido ao longo do período de crescimento das graminhas. O valor de Kc era retornado ao mínimo após o corte subsequente e assim sucessivamente.

Para designar regiões de aplicação de diferentes níveis de irrigação, consideraram-se as seguintes distâncias da linha de irrigação ao centro da parcela: 0 a 3 m para L1 (lâmina ótima) seguida das seguintes lâminas subótimas, 3 a 6 m para L2, 6 a 9 m para L3, 9 a 12 m para L4, 12 a 15 m para L5 e 15 a 18 m para L6, ou seja, as lâminas L1 a L6 representam lâminas decrescentes. As lâminas foram quantificadas ao final de cada irrigação, por meio de coletores de água instalados no centro das parcelas, sendo, posteriormente, acumuladas até as datas de corte (Tabela 1).

Verifica-se pela Tabela 1 que apenas o período compreendido entre os cortes 3 e 4 não recebeu irrigação suplementar. Isso ocorreu pela boa distribuição

Tabela 1. Pluviosidade (mm), evapotranspiração de referência (ET_0) e médias gerais da irrigação (mm), todas acumuladas entre os cortes, para cada nível de irrigação, em cada um dos cortes das forrageiras avaliadas.

Nível de irrigação	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6	Corte 7	Corte 8
Pluviosidade								
1 - 6	1,84	42,15	192,10	347,89	413,49	467,10	23,81	426,10
ET_0								
1 - 6	189,13	402,41	304,39	171,19	271,18	540,67	677,48	336,73
Irrigação								
1	141,67	341,60	109,45	0,00	91,06	349,75	530,03	103,60
2	127,17	286,89	96,19	0,00	75,98	296,72	472,89	86,90
3	106,31	210,97	75,84	0,00	57,03	266,44	401,14	58,90
4	95,00	141,68	53,53	0,00	31,73	154,25	246,19	30,80
5	74,83	54,80	20,25	0,00	12,86	80,04	95,68	11,90
6	67,50	4,08	1,22	0,00	2,75	19,73	5,61	1,80

de chuvas no período, nessa região em que foi realizada a experimentação que está sujeita a veranicos e chuva mal distribuída. A soma da irrigação e da pluviosidade, em proporção à ET_0 , no período compreendido entre os cortes, gerou uma nova variável para cada nível de irrigação, a qual foi utilizada como variável independente na análise estatística $[(sup+pluv)/ET_0]$, ou seja, foi considerada como nível do fator irrigação. Considerou-se a possibilidade de ocorrência de assimetria em relação aos lados da linha lateral, especialmente em decorrência das variações na velocidade e direção do vento durante as irrigações. Assim, o conjunto de parcelas dos tratamentos de cada lado da linha central de irrigação foram consideradas separadamente, resultando, ao final, em oito blocos (Figura 1) para fins de realização das análises estatísticas dos dados de produção.

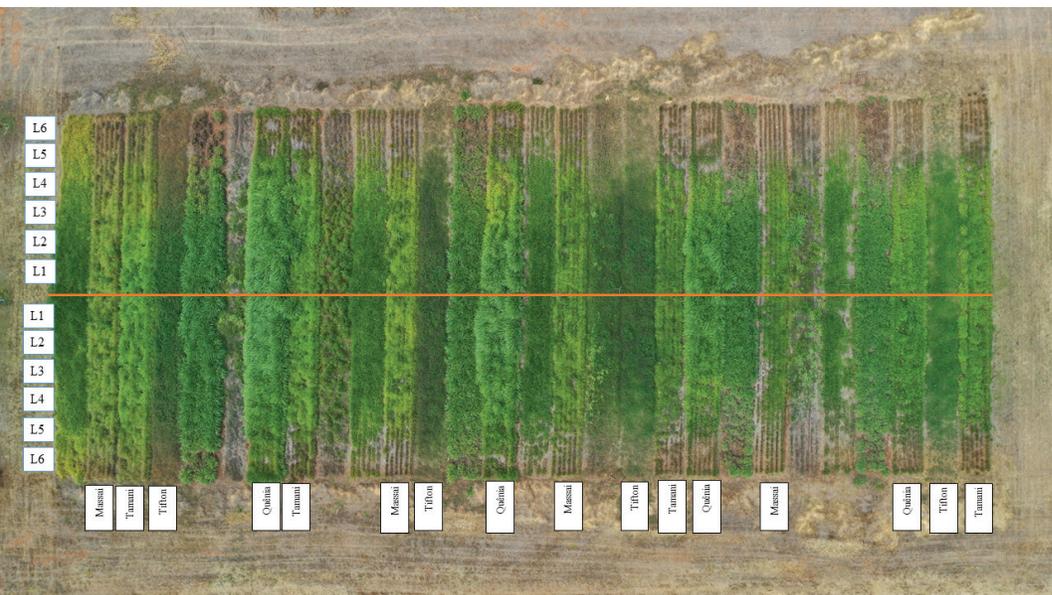


Figura 1. Vista aérea do experimento de avaliação de cultivares de *Megathyrsus maximus* e de *Cynodon* spp., quanto à irrigação suplementar em gradiente, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. A linha indica a posição da lateral central de irrigação; do lado esquerdo estão indicadas as posições aproximadas de cada lâmina de irrigação; na parte inferior são identificadas as espécies forrageiras (Foto: Arnaldo Pontes, em 25/09/2019).

Análise dos dados

Os experimentos que usam o delineamento em *line-source* proposto por Hanks et al. (1976) apresentam algumas diferenças em relação aos delineamentos em parcelas subdivididas. Nesses experimentos, os tratamentos são dispostos em parcelas retangulares arranjadas em blocos casualizados. Entretanto, as subparcelas dentro dos blocos não são casualizadas, uma vez que a linha central de irrigação é fixa, locada no centro de um retângulo de 3 m por 36 m que contém 12 subparcelas com níveis de irrigação. Esta rigidez restringe a forma de aplicação de água sobre as subparcelas, não permitindo a casualização dos níveis de irrigação de L1 a L6. As duas subparcelas mais próximas da linha de aspersores recebem o nível máximo de irrigação estabelecido (100%), enquanto as outras duas, posicionadas transversalmente à linha de aspersores, recebem o segundo maior nível (<100%) e assim por diante até a sexta subparcela. Esses experimentos não devem ser analisados com as fontes de variação previstas para um experimento de parcelas subdivididas, pois as repetições das lâminas de irrigação não são independentes. Desta forma, as análises de variância para as medidas repetidas dos cortes de déficit e de excesso hídrico foram analisadas conforme modelo descrito por Piepho et al. (2004), com as covariâncias entre subparcelas e entre cortes assumidas como iguais a zero. Como a variável indicadora dos tratamentos (irrigação) é quantitativa e o interesse reside no estudo da variável resposta (produção) em face ao incremento dos níveis, os modelos de regressão foram utilizados nas análises dentro de cada cultivar (Resende, 2002). Todas as análises para as variáveis PMST e TAF, nos períodos de excesso e déficit hídrico, bem como as plotagens das distribuições das variáveis no tempo, por lâmina de irrigação, foram realizadas com base em pacotes do Projeto R para Computação Estatística (R Core Team, versão 4.0.2, 2020).

Resultados e discussão

As Figuras de 2 a 5 mostram a distribuição temporal da taxa de acúmulo de forragem (TAF) e produção de matéria seca total (PMST) dos diferentes tratamentos de cultivares e níveis de irrigação em cada um dos oito cortes realizados. Essa visualização gráfica explicita as respostas em produção (PMST e TAF) das cultivares nos diferentes cortes como resposta à irrigação suple-

mentar nos períodos de déficit e excesso hídrico sazonal. Auxiliam ainda na compreensão dos resultados das análises estatísticas realizadas e que serão apresentadas posteriormente, como por exemplo, as diferentes produções observadas entre os cortes de seca, nos dois anos de avaliação.

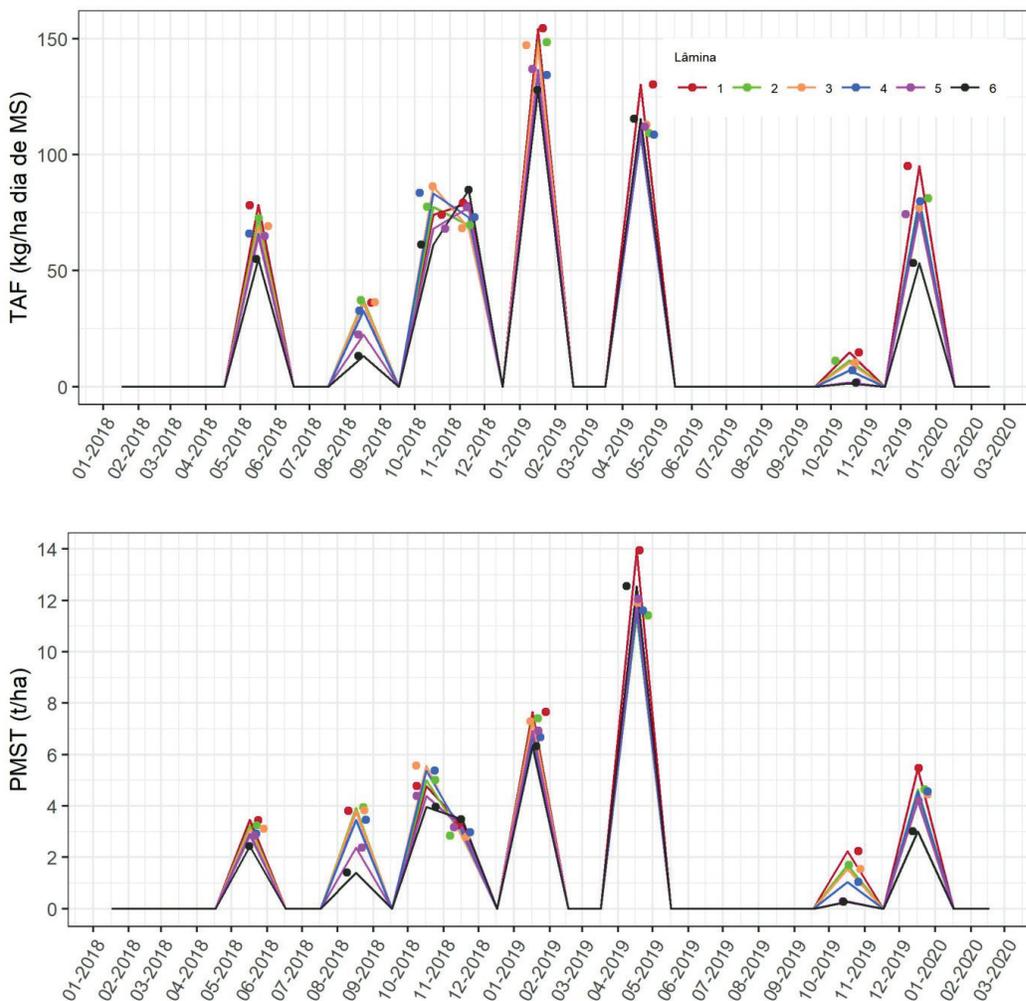


Figura 2. Distribuição temporal da produção diária de matéria seca (TAF, em kg ha^{-1} dia de MS) e da produção de matéria seca total (PMST, em t ha^{-1}) em cada corte realizado para cada uma das seis lâminas de irrigação, cultivar Massai..

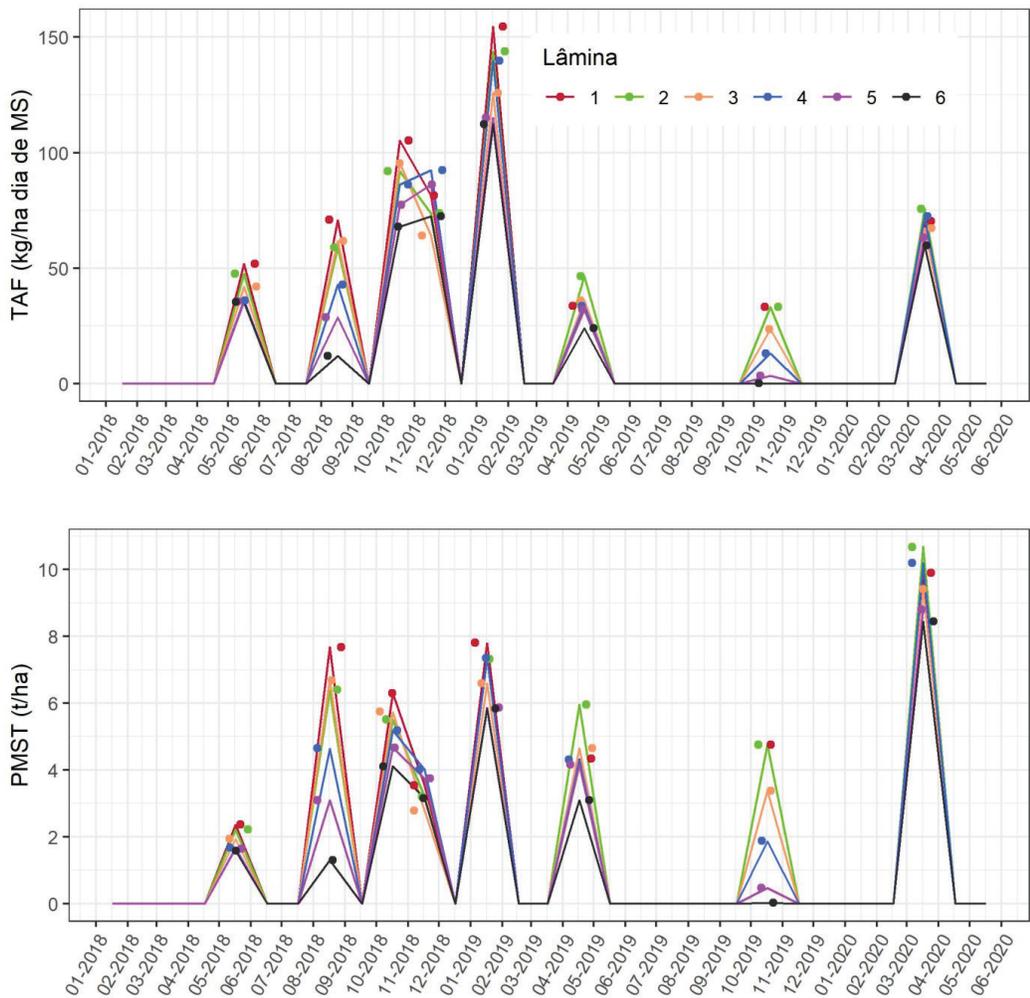


Figura 3. Distribuição temporal da produção diária de matéria seca (TAF, em kg ha⁻¹ dia de MS) e da produção de matéria seca total (PMST, em t ha⁻¹) em cada corte realizado para cada uma das seis lâminas de irrigação, cultivar Quênia.

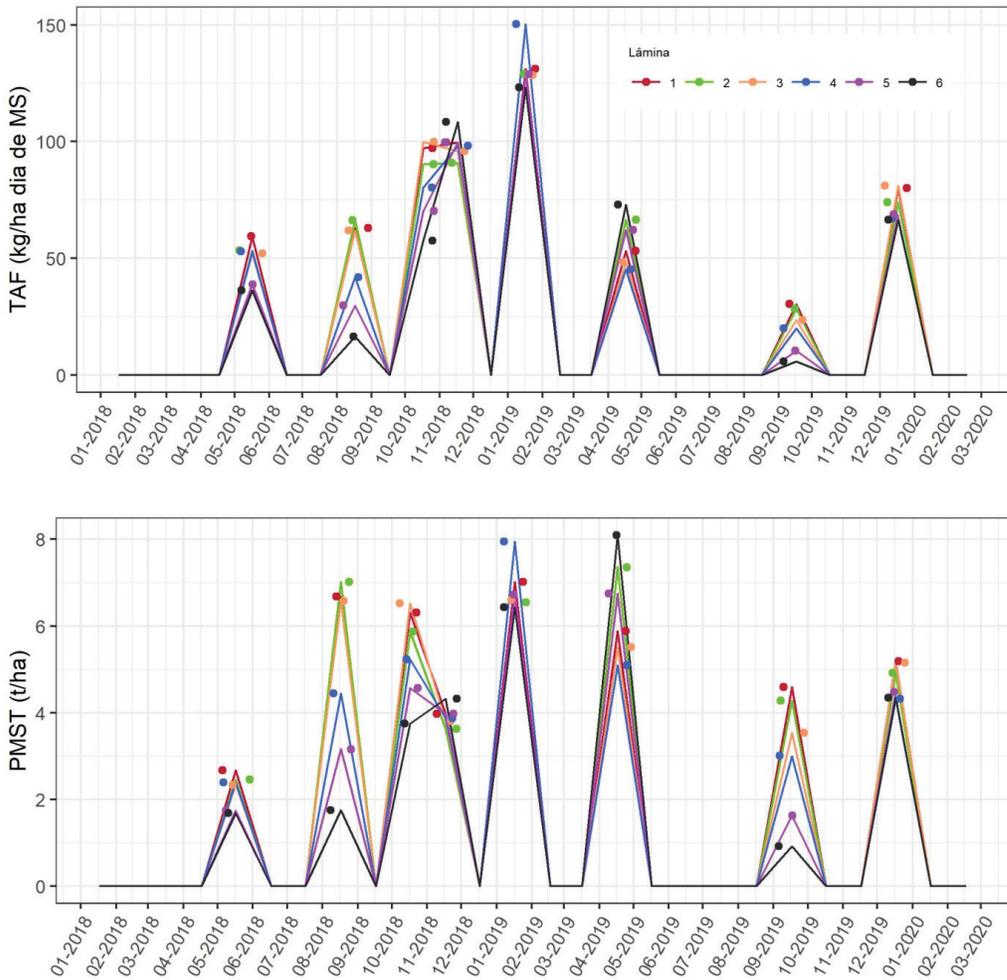


Figura 4. Distribuição temporal da produção diária de matéria seca (TAF, em kg ha^{-1} dia de MS) e da produção de matéria seca total (PMST, em t ha^{-1}) em cada corte realizado para cada uma das seis lâminas de irrigação, cultivar Tamani.

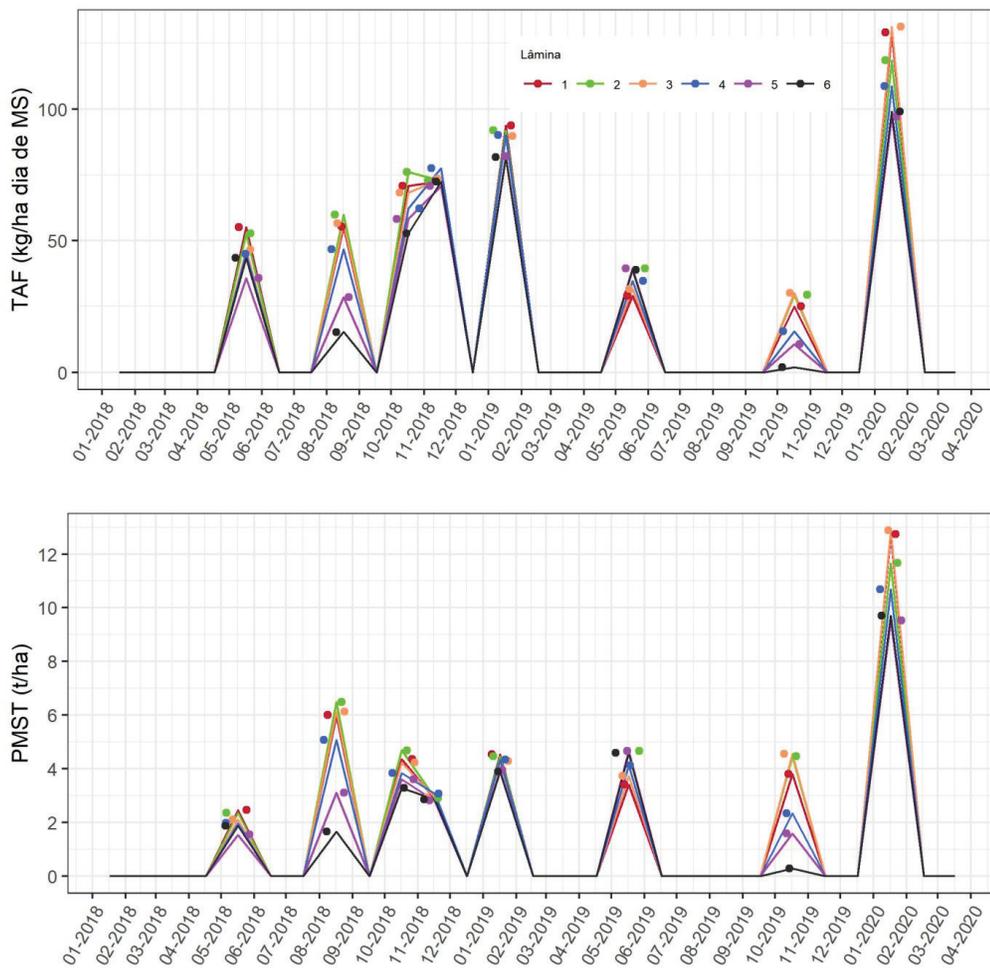


Figura 5. Distribuição temporal da produção diária de matéria seca (TAF, em kg ha⁻¹ dia) e da produção de matéria seca total (PMST, em t ha⁻¹) em cada corte realizado para cada uma das seis lâminas de irrigação, cultivar Tifton-85.

As cultivares responderam aos níveis de irrigação, tanto nos períodos de excesso quanto no de déficit hídrico (Figuras 2 a 5). Houve diferença significativa entre as médias dos diferentes tratamentos de lâmina de irrigação para PMST e TAF e para os diferentes cortes realizados (Tabela 2). Todas as interações foram significativas, exceto para a interação cultivar x irrigação no período de excesso hídrico, para PMST (Tabela 2).

Tabela 2. Análise dos efeitos fixos no experimento de irrigação em *line-source* para as variáveis produção de matéria seca total (PMST – t ha⁻¹) e produção diária de matéria seca (TAF – kg ha⁻¹ dia de MS) por corte, nos períodos de excesso e déficit hídrico.

		PMST - Excesso hídrico	TAF – excesso hídrico
Efeito	GL	P-valor	P-valor
Cultivar	3	6 x 10 ⁻¹¹	2 x 10 ⁻¹⁶
Corte	4	2 x 10 ⁻¹⁶	2 x 10 ⁻¹⁶
Irrigação	5	0,0003	2,94 x 10 ⁻⁸
Cultivar:Corte	12	2 x 10 ⁻¹⁶	2 x 10 ⁻¹⁶
Cultivar:irrigação	15	0,14	0,012
Corte:irrigação	20	0,007	0,014
		PMST - Déficit hídrico	TAF – déficit hídrico
Efeito	GL	P-valor	P-valor
Cultivar	3	3,72 x 10 ⁻¹⁰	2 x 10 ⁻¹⁶
Corte	2	2 x 10 ⁻¹⁶	2 x 10 ⁻¹⁶
Irrigação	5	2 x 10 ⁻¹⁶	2 x 10 ⁻¹⁶
Cultivar:Corte	6	1,14 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻¹⁶
Cultivar:irrigação	15	0,0012	2,64 x 10 ⁻⁶
Corte:irrigação	10	2,34 x 10 ⁻⁶	9,75 x 10 ⁻⁵

As médias de PMST e TAF, por lâmina de irrigação e cultivar, nos períodos de déficit e excesso hídrico são apresentadas na Tabela 3. No período de déficit hídrico, para a maior lâmina, a ordem das cultivares forrageiras quanto à PMST foi Quênia (6,24 t ha⁻¹) > Tamani (5,86 t ha⁻¹) > Tifton-85 (4,71 t

ha⁻¹) > Massai (3,61 t ha⁻¹). Para a maior lâmina de irrigação, no período de excesso hídrico, a ordem para PMST foi Massai (6,75 t ha⁻¹) > Quênia (5,59 t ha⁻¹) > Tifton-85 (5,21 t ha⁻¹) > Tamani (4,95 t ha⁻¹). Já para a variável TAF, no período de déficit hídrico e maior lâmina de irrigação, a ordem acúmulo diário observado foi: cv. Quênia (59,71 kg ha⁻¹ dia) > Tamani (53,49 kg ha⁻¹ dia) > Tifton-84 (50,34 kg ha⁻¹ dia) > Massai (41,65 kg ha⁻¹ dia). No período de excesso hídrico e maior lâmina, a ordem para o acúmulo diário foi: Massai (107 kg ha⁻¹ dia) > Tamani (84,65 kg ha⁻¹ dia) > Quênia (78,33 kg ha⁻¹ dia) > Tifton (75,90 kg ha⁻¹ dia).

Para a cultivar Massai, a PMST no período de déficit hídrico foi 93% maior na lâmina 1 (maior volume de irrigação) do que na lâmina 6 (menor volume). Entretanto, no período de excesso hídrico, essa proporção foi de 21%. Para a cultivar Quênia, as proporções foram 243%, no déficit hídrico e 26% no excesso hídrico e para a cv. Tamani, a proporção foi de 174% no déficit hídrico e praticamente nenhuma resposta em aumento de PMST no excesso hídrico. Na cultivar Tifton-84, utilizada como testemunha, as relações foram de 169% no déficit hídrico e de 14% no excesso hídrico. Pode-se afirmar que todas as cultivares responderam à irrigação no período de déficit hídrico em maiores ou menores proporções, mas mostraram também diferença de resposta de produção no período de excesso hídrico, sendo que a cv. Tamani não apresentou aumento da sua produção com o uso de irrigação nesse período.

Comparando as PMST, evidencia-se que a irrigação nas maiores lâminas (1 e 2) promoveu uma resposta de produção média superior ou equivalente no período de déficit em comparação com o de excesso hídrico nas cultivares Tifton-85 e Quênia. Esse resultado deve ser interpretado com parcimônia uma vez que os intervalos entre os cortes, em número de dias, foram maiores do que os praticados durante o excesso hídrico. Essa resposta deve ser observada em conjunto com a produção média diária (TAF), que considerou as diferenças entre os intervalos de corte. Com base na TAF, o acúmulo diário de forragem foi menor no período de déficit do que no excesso hídrico para todas as cultivares avaliadas (Tabela 3). Um outro aspecto a ser considerado é o fato de que, devido aos problemas com o suprimento de água em 2018 e de energia elétrica em 2019, no período de déficit hídrico, todas as lâminas de irrigação + pluviosidade em proporção à ET_0 , em média, foram subótimas, contrariamente ao evidenciado no período de excesso hídrico (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das variáveis irrigação + pluviosidade acumuladas em proporção à ET_0 [(Sup+plu)/ ET_0], em porcentagem, da produção diária de matéria seca (TAF, em $kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$) e da produção de matéria seca total (PMST, em $t\ ha^{-1}$) para cada uma das lâminas de irrigação avaliadas durante os períodos de déficit e excesso hídrico nas cultivares de *Megathyrsus maximus*.

Massai – Déficit hídrico				Massai – Excesso hídrico		
Lâmina de irrigação	(Sup+plu)/ ET_0	TAF	PMST	(Sup+plu)/ ET_0	TAF	PMST
1	89,97	41,65	3,61	153,33	107,44	6,75
2	81,17	42,00	3,55	147,22	96,24	5,91
3	69,21	44,32	3,65	140,76	94,94	5,91
4	52,91	41,07	3,29	133,60	92,36	5,75
5	35,04	30,74	2,34	128,68	93,10	5,84
6	24,30	25,36	1,87	124,55	87,32	5,56
Quênia – Déficit hídrico				Quênia – Excesso hídrico		
Lâmina de irrigação	(Sup+plu)/ ET_0	TAF	PMST	(Sup+plu)/ ET_0	TAF	PMST
1	91,33	69,71	6,24	153,58	78,33	5,59
2	82,23	61,36	5,55	147,53	77,48	5,88
3	70,39	60,29	5,27	142,82	67,07	5,07
4	54,09	47,33	3,90	134,22	74,85	5,51
5	35,12	36,44	2,75	129,25	66,45	4,84
6	24,16	26,74	1,82	125,11	60,75	4,42
Tamani – Déficit hídrico				Tamani – Excesso hídrico		
Lâmina de irrigação	(Sup+plu)/ ET_0	TAF	PMST	(Sup+plu)/ ET_0	TAF	PMST
1	94,80	63,49	5,86	154,91	84,65	4,95
2	85,65	61,56	5,72	149,05	82,77	4,98
3	74,08	61,78	5,55	142,80	81,16	4,68
4	58,11	47,42	4,23	135,87	82,70	4,73
5	39,58	36,83	3,12	131,08	79,48	4,73
6	28,33	26,66	2,14	127,04	81,48	4,97

Lâmina de irrigação	Tifton-85 – Déficit hídrico			Tifton-85 – Excesso hídrico		
	(Sup+plu)/ ET ₀	TAF	PMST	(Sup+plu)/ ET ₀	TAF	PMST
1	82,84	50,34	4,71	151,10	75,90	5,21
2	84,13	55,09	5,21	145,18	75,10	5,21
3	71,70	51,68	4,97	140,75	74,52	5,19
4	56,72	41,49	3,75	132,15	71,21	4,84
5	39,06	32,48	2,76	127,45	65,07	4,50
6	28,34	23,30	1,75	123,44	67,07	4,59

O maior volume de irrigação (lâmina 1) no período de déficit hídrico, aumentou a TAF da cultivar Massai em 64% em relação ao menor volume de irrigação (lâmina 6), enquanto no período de excesso hídrico o acréscimo foi de 23%. Para essa mesma variável, na cultivar Quênia, as relações foram iguais a 161% no déficit hídrico e de 29% no excesso hídrico. Na cultivar Tamani, o acréscimo foi de 138% no déficit hídrico e de 4% de aumento de TAF no excesso hídrico. Na cultivar Tifton-84, as relações foram de 116% no déficit hídrico e de 13% no excesso hídrico. Como evidenciado também para a PMST, a cv. Tamani foi a menos responsiva à irrigação no período de excesso hídrico para a TAF.

Quando a PMST é comparada dentro de cultivares entre os períodos de déficit e excesso hídrico, para a maior lâmina de irrigação (1), evidencia-se que as cvs. Massai e Tifton-85 no déficit, apresentaram, respectivamente, 53,5% e 90%, da produção obtida no excesso hídrico. As cvs. Quênia e Tamani produziram 11% e 18% a mais no déficit do que no excesso hídrico, respectivamente. Se for feita a mesma comparação para a TAF, entre os períodos de déficit e excesso hídrico na lâmina 1, a cv. Massai, no déficit, atingiu apenas 38,7% da produção diária evidenciada no excesso hídrico. Nas cvs. Quênia, Tamani e Tifton-85, a TAF no déficit representou 88,99%, 75% e 36,30%, respectivamente, da TAF estimada no excesso hídrico. A resposta das gramíneas ao uso da irrigação foi afetada por outros fatores como a temperatura do ar e fotoperíodo. O período de deficiência hídrica coincide aproximadamente com dias mais curtos e temperaturas baixas o que reduz o crescimento de gramíneas, especialmente as tropicais.

Portanto, entre os períodos de déficit e excesso hídrico, a cv. Massai foi a que menos respondeu à irrigação para PMST. Contrariamente, as cvs. Quênia e Tamani foram as mais responsivas à irrigação, sendo que ambas apresentaram as maiores proporções de PMST e TAF com a irrigação suplementar no déficit hídrico. A cv. Quênia elevou a sua produção com irrigação suplementar mesmo no período de excesso hídrico.

A interpretação dos resultados apresentados na Tabela 3 devem também ser analisados à luz da análise de regressão (linear), dentro de cada cultivar. Assim, nas Figuras de 6 a 9 são apresentadas as análises de regressão para as cultivares Massai, Quênia, Tamani e Tifton-85, para as variáveis dependentes TAF e PMST em relação à variável independente, suplementação + pluviosidade, como proporção à ET_0 , para cada nível de irrigação, nos períodos de déficit e excesso hídrico.

Todas as regressões foram significativas para TAF e PMST, para todas as cultivares nos períodos de excesso e déficit hídrico sazonais, exceto para PMST na cultivar Tamani, no período de excesso hídrico. Esse resultado reforça aqueles apresentados anteriormente quanto à resposta em PMST observada nessa cultivar no período de excesso hídrico (Tabela 3), mas não corroborou para a variável TAF nessa mesma cultivar.

Os coeficientes de determinação para as análises de regressão linear significativas variaram de 0,35, para TAF no excesso hídrico em Tamani (Figura 8), a 0,89, para TAF durante o déficit hídrico em Tifton-85 (Figura 9). Para todas as variáveis e em todas as cultivares, exceto para TAF em Massai (Figura 6), os coeficientes de determinação indicam um melhor ajuste das curvas de regressão no período de déficit do que no de excesso hídrico.

Outrossim, com base na magnitude dos coeficientes de determinação, o fator irrigação foi o que melhor explicou a variação na PMST, no período de déficit hídrico nas cultivares Massai, Quênia e Tifton, todas com valores de R^2 superior a 0,80. No período de excesso hídrico, entretanto, para PMST, as magnitudes dos coeficientes de determinação foram menores e, certamente, outros fatores deverão ser investigados na variável resposta, principalmente nas cvs. Massai e Tifton. Para TAF, os coeficientes de determinação foram de elevada magnitude nas cvs. Quênia, com R^2 iguais a 0,88 e 0,80 e Tifton-85, com R^2 iguais a 0,89 e 0,78, nos períodos de déficit e excesso hídrico, res-

pectivamente, contrariamente ao que foi evidenciado para as outras duas cultivares (cvs. Massai e Tamani) nos períodos de déficit (R^2 médio = 0,56) e de excesso hídrico (R^2 médio = 0,53).

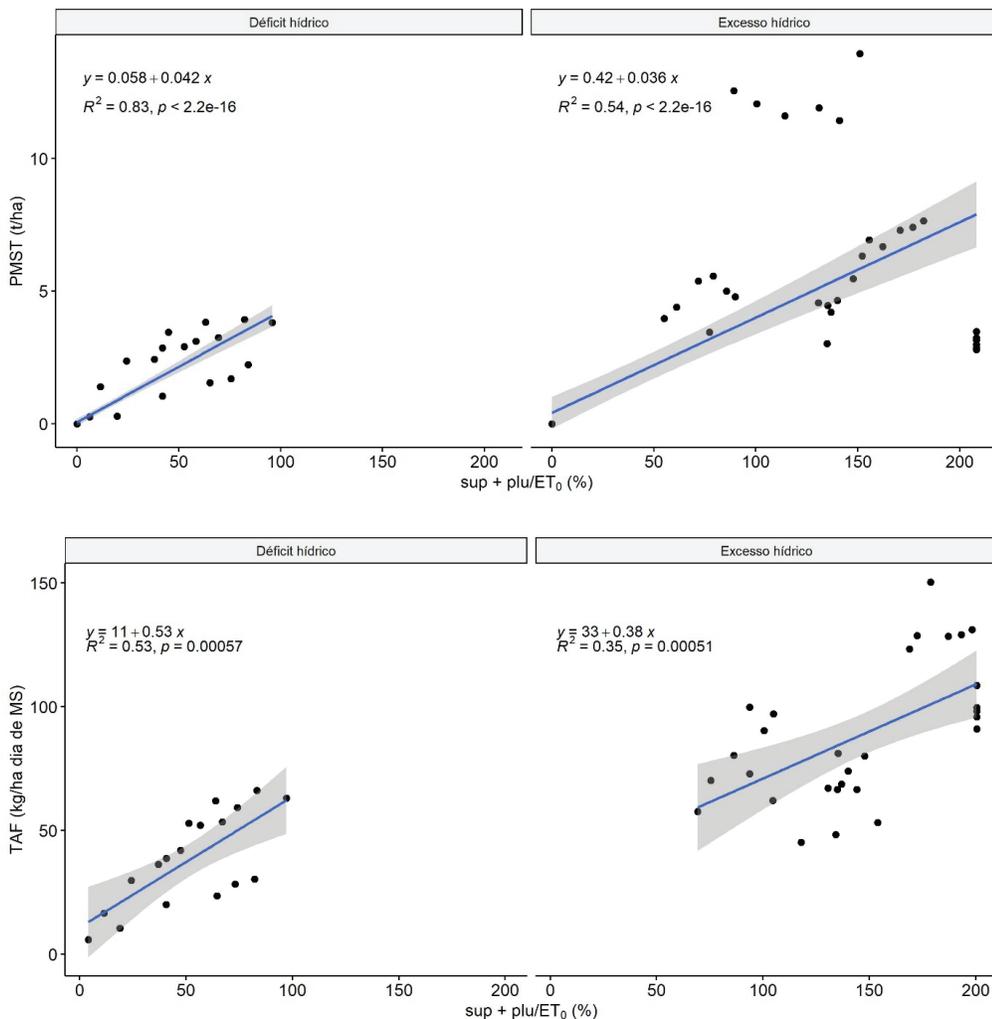


Figura 6. Regressão das variáveis produção de matéria seca total (PMST, em $t\ ha^{-1}$) e produção diária de matéria seca (TAF, em $kg\ ha^{-1}\ dia$), em média nas estações de déficit e excesso em relação à variável independente suplementação + pluviosidade acumuladas como proporção da ET_0 do período, $[(sup+plu)/ET_0]$, em %, para a cultivar Massai.

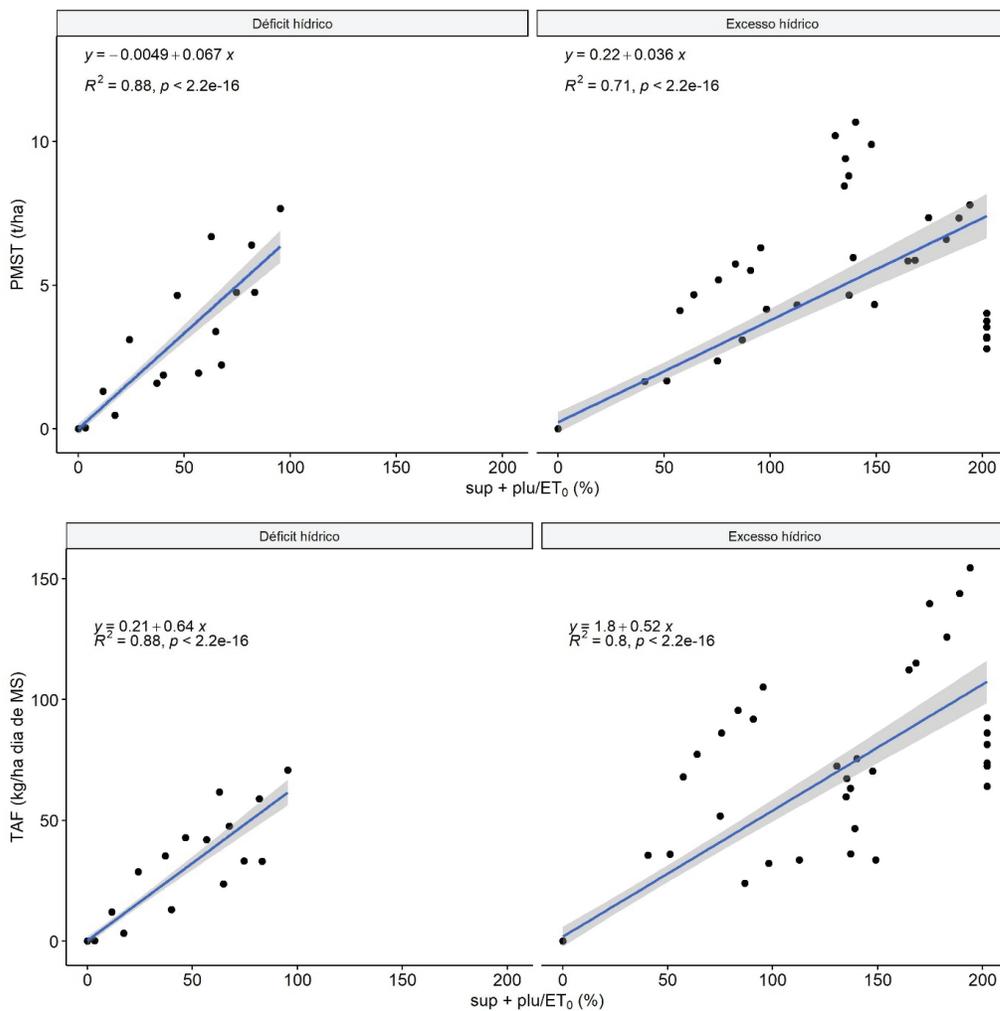


Figura 7. Regressão das variáveis produção de matéria seca total (PMST, em t ha^{-1}) e produção diária de matéria seca (TAF, em kg ha^{-1} dia), em média nas estações de déficit e excesso em relação à variável independente suplementação + pluviosidade acumuladas como proporção da ET_0 do período, $[(\text{sup} + \text{plu})/\text{ET}_0]$, em %, para a cultivar Quênia.

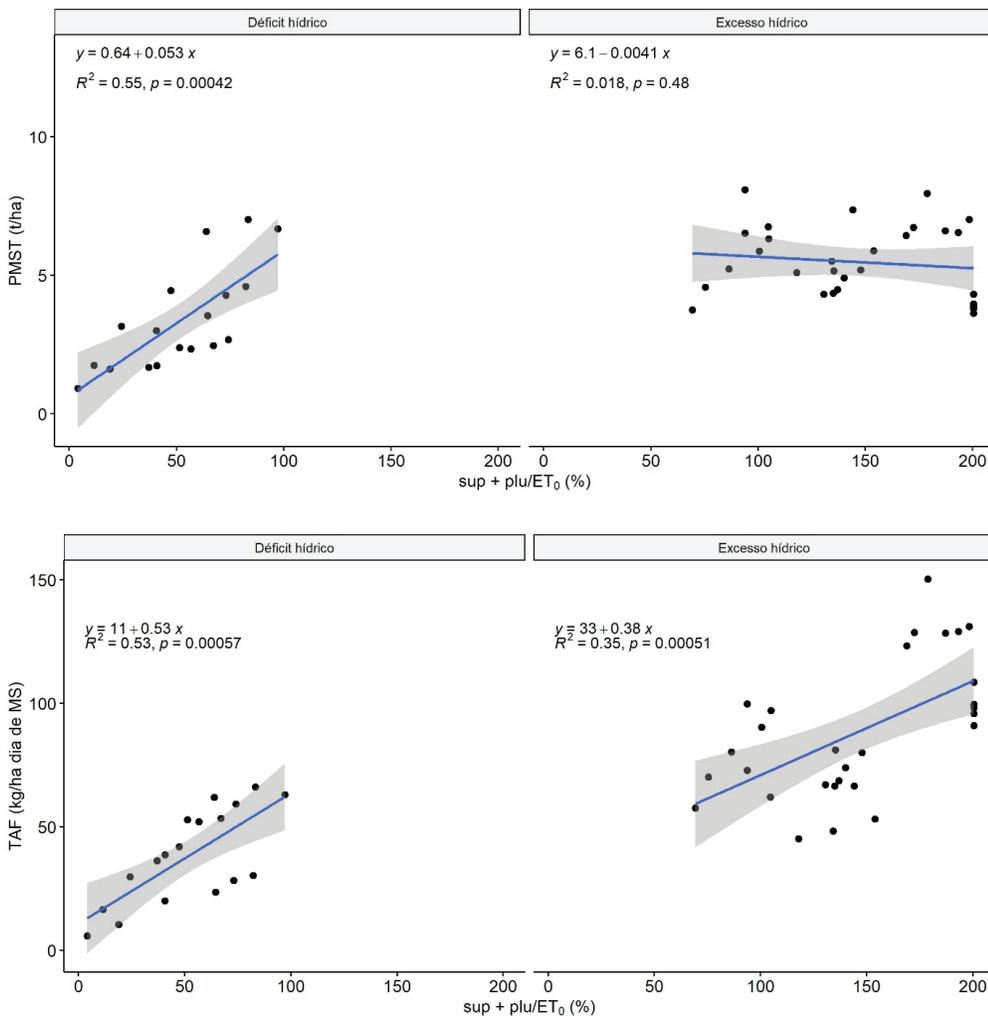


Figura 8. Regressão das variáveis produção de matéria seca total (PMST, em t ha⁻¹) e produção diária de matéria seca (TAF, em kg ha⁻¹ dia), em média nas estações de déficit e excesso em relação à variável independente suplementação + pluviosidade acumuladas como proporção da ET₀ do período, [(sup+plu)/ET₀], em %, para a cultivar Tamani.

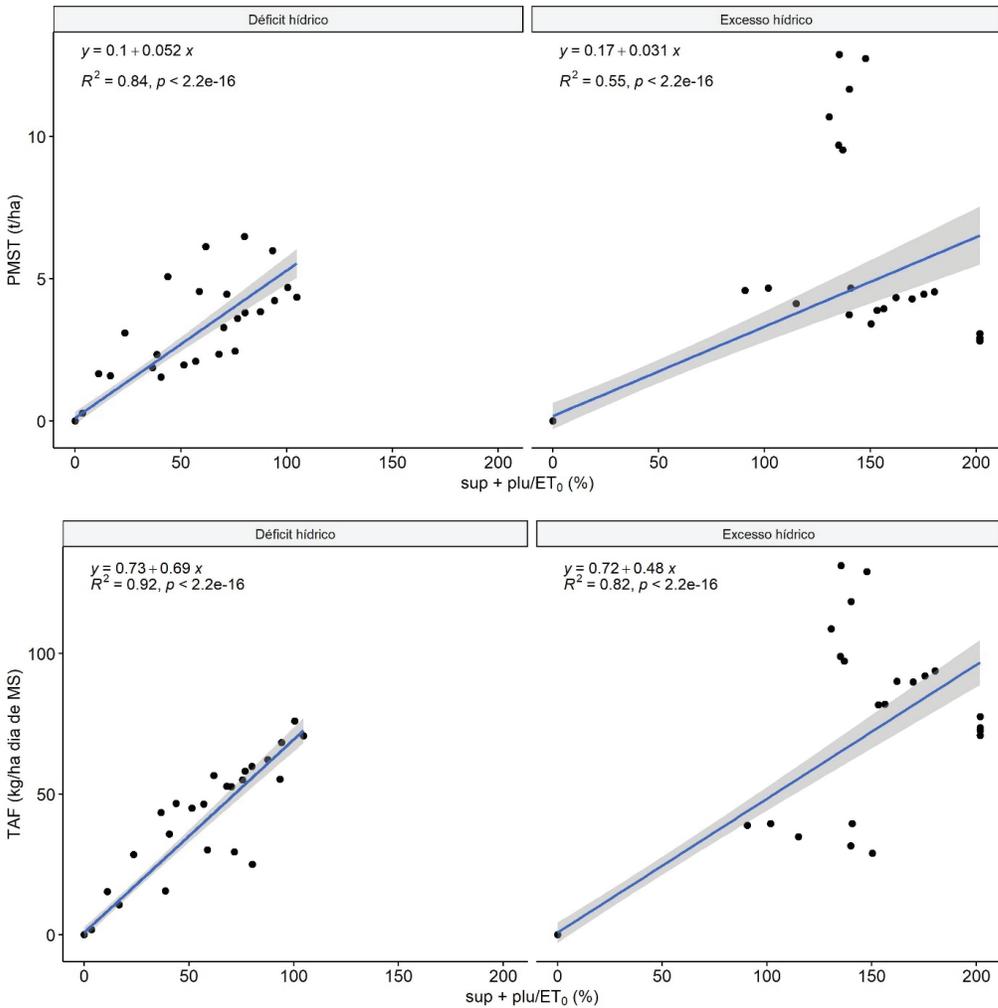


Figura 9. Regressão das variáveis produção de matéria seca total (PMST, em $t\ ha^{-1}$) e produção diária de matéria seca (TAF, em $kg\ ha^{-1}\ dia$), em média nas estações de déficit e excesso em relação à variável independente suplementação + pluviosidade acumuladas como proporção da ET_0 do período, $[(sup+plu)/ET_0]$, em %, para a cultivar Tifton-85.

Com base nos resultados das análises, os ajustes do modelo de regressão mostraram maior confiabilidade para as equações como instrumento de previsão dos efeitos da irrigação suplementar com déficit, simultaneamente, na produção média diária e total de matéria seca das cvs. Quênia e Tifton-85.

A estratégia de tomada de decisão para que o nível máximo de irrigação suplementar fosse baseada na ET_0 , não possibilitou a avaliação da resposta de todas as cultivares, em particular a cv. Quênia, sobre o efeito na PMST e TAF, nos níveis acima de 100% da variável dependente $[(\text{sup}+\text{pluv})/ET_0]$. A título de exemplo, nessa cultivar, o uso de 77% da irrigação máxima (lâmina 3) promoveu uma redução média de 15% na PMST e TAF em relação à lâmina 1 (Tabela 3), tanto no déficit quanto no excesso hídrico. Usando esse mesmo raciocínio para a cv. Tifton-85, na lâmina 3, que recebeu 85% da irrigação da lâmina 1, houve um aumento de produção de 3%, em média, no déficit hídrico.

No Brasil, a produção forrageira de *M. maximus* no outono-inverno é altamente influenciada pela temperatura mínima, sendo que temperaturas entre 12 e 17,5°C geralmente reduzem significativamente o crescimento e a produção, pela redução no fotoperíodo e da pluviosidade (Araújo et al., 2018). O que também foi possível observar no presente trabalho foi um provável efeito genético de variação entre cultivares dessa espécie para a produção durante o déficit hídrico e na resposta à irrigação na região de avaliação, ou seja, na região central de Minas Gerais.

Todos os aspectos apresentados devem ser mais investigados, principalmente, no período de déficit hídrico, juntamente com a sua viabilidade econômica e redução do impacto do vazio forrageiro na produção animal, anualmente. Ainda, tratando do uso da irrigação em pastagens, evidencia-se que ainda são necessárias pesquisas sobre o potencial da irrigação no aumento da neutralização de carbono produzido pela atividade pecuária, o que seria positivo e altamente recomendável, pelo uso de cultivares que respondem à irrigação nesse período (Hatfield, Dold, 2019), e o potencial de reduzir o tempo necessário para que os animais atinjam o ponto de abate.

Na questão ambiental do uso da irrigação, serão necessários estudos sobre os seus impactos durante o período de déficit hídrico, quando a quantidade de água disponível nos reservatórios naturais e artificiais diminui. Outro as-

pecto a ser considerado é o efeito da irrigação sobre a estrutura dos solos e o risco real de compactação causada pelo pisoteio dos animais. Isso exige um ajuste adequado da taxa de lotação e deverá ser estudado em uma outra etapa, para fins de recomendação.

Para demonstrar a viabilidade do uso da irrigação suplementar com déficit em forrageiras inúmeros outros campos da forragicultura precisam ser ainda investigados, entre eles a influência do tipo de solo, da adubação em função do crescimento das forrageiras e, principalmente, a viabilidade econômica e ambiental. Há efeitos descritos na literatura quanto à redução da qualidade forrageira irrigada no período de déficit hídrico (Asay et al., 2002; Jensen et al., 2003); na produção e proporção de folhas e colmos (Koech et al., 2016); na necessidade de alterações na estratégia de manejo do pasto irrigado (Saeidnia et al., 2020); na definição de modelos específicos de crescimento para cada cultivar (Andrade et al., 2015; Pequeno et al., 2015; Bosi et al., 2020), entre outros. O melhoramento de forrageiras visando a resposta à irrigação também deve ser praticado sob seu efeito, uma vez que há variabilidade genética para as respostas em produção entre e dentro de espécies (Asay et al., 2001; Jensen et al., 2008). Todas essas questões precisam ser mais estudadas e ainda respondidas para as forrageiras tropicais. O presente trabalho é, entretanto, um bom ponto de partida para as cultivares de *M. maximus* avaliadas.

Conclusões

- Há variação de resposta das cultivares de *M. maximus* à irrigação nos períodos de excesso e déficit hídrico e, também, na resposta aos níveis da irrigação subótima.
- As cvs. Quênia e Tifton-85 são as que apresentam melhor ajuste linear de resposta à irrigação, tanto no período de déficit, quanto no de excesso hídrico, para as médias das taxas de acúmulo diários de forragem.
- De todas as cultivares avaliadas, a cv. Tamani é a que menos responde linearmente ao aumento da irrigação suplementar.

Referências

- ABIEC. **Perfil da pecuária no Brasil: relatório anual 2020**. São Paulo, 2020. Disponível no site: <http://www.abiec.com.br/Sumario.aspx>. (19 de agosto de 2020).
- 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 técnico**, 10).
- 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).
- ANDRADE, A. S.; SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; ARAUJO, L. C.; PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; MARIN, F. R.; LARA, M. A. S. Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. **Grass and Forage Science**, Disponível no site: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gfs.12177>. 2015.
- ARAÚJO, L. C.; SANTOS, P. M.; RODRIGUEZ, D.; PEZZOPANE, J. R. M. Key factors that influence for seasonal production of Guinea grass. **Scientia Agricola**, v. 75, p. 191-196, 2018.
- ASAY, K. H.; JENSEN, K. B.; WALDRON, B. L. Responses of tall fescue cultivars to an irrigation gradient. **Crop Science**, v. 41, p. 350-357, 2001.
- ASAY, K. H.; JENSEN, K. B.; WALDRON, B. L.; HAN, G.; JOHNSON, D. A.; MONACO, T. A. Forage quality of tall fescue across an irrigation gradient. **Agronomy Journal**, v. 94, p. 1337-1343, 2002.
- 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.
- BOSI, C.; SENTELHAS, P. C.; HUTH, N. I.; PEZZOPANE, J. R. M.; ANDREUCI, M. P.; SANTOS, P. M. APSIM-Tropical pasture: a model for simulating perennial tropical grass growth and its parameterization for palisade grass (*Brachiaria brizantha*). **Agricultural Systems**, v. 184, artigo 102917, 2020.
- EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível no site: <https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>. (31 de outubro de 2018).
- 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 Proceedings**, n. 40, 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 Proceedings**, v. 44, p. 886-888, 1980.
- HATFIELD, J. L.; DOLD, C. Water-use efficiency: advances and challenges in a changing climate. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, artigo 103, 2019.

- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Censo Agropecuário 2017. Resultados preliminares. Tabelas. 2018. Disponível no site: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela>. (25 de agosto 2020).
- JANK, L.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B. do; SIMEÃO, R. M.; ALVES, G. F. The value of improved pastures to Brazilian beef production. **Crop and Pasture Science**, v. 65, p. 1132-1137, 2014.
- JENSEN, K. B.; ASAY, K. H.; WALDRON, B. L.; JOHNSON, D. A.; MONACO, T. A. Forage nutritional characteristics of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. **Agronomy Journal**, v. 95, p. 668-675, 2003.
- JENSEN, K. B.; WALDRON, B. L.; ROBINS, J. G.; MONACO, T. A. Breeding meadow bromegrass for forage characteristics under a line-source irrigation design. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 88, p. 695-703, 2008.
- KANG, S.; LIANG, Z.; PAN, Y.; SHI, P.; ZHANG, J. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. **Agricultural Water Management**, v. 45, p. 267-274, 2000.
- KOECH, O. K.; KINUTHIA, R. N.; KARUKU, G. N.; MUREITHI, S. M.; WANJOGU, R. Irrigation levels affects biomass yields and morphometric characteristics of range grasses in arid rangelands of Kenya. **SpringerPlus**, v. 5, artigo 1640, 2016.
- LANDAU, E. C.; SIMEÃO, R. M.; MATOS-NETO, F. C. Evolução da área ocupada por pastagens. In: LANDAU, E. C. [et al.], editores técnicos. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem animal e da silvicultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Vol. 3. p. 1555-1578. 2020.
- LEVIDOW, L.; ZACCARIA, D.; MAIA, R.; VIVAS, E.; TODOROVIC, M.; SCARDIGNO, A. Improving water-efficient irrigation: prospects and difficulties of innovative practices. **Agricultural Water Management**, v. 146, p. 87-94, 2014.
- MENDONÇA, F. C.; SANTOS, P. M.; CAVALCANTE, A. C. R. . Irrigação de pastagens. In: PIRES, A. V. (Org.). **Bovinocultura de corte**. 1ed. Piracicaba: FEALQ, 2010, v. 1, p. 473-496. 2010.
- 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. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 5). 2002. 92p.
- PEQUENO, D. N. L.; PEDREIRA, C. G. S.; SOLLENBERGER, L. E.; FARIA, A. F. G.; SILVA, L. S. Forage accumulation and nutritive value of brachiariagrasses and Tifton-85 bermudagrass as affected by harvest frequency and irrigation. **Agronomy Journal**, v. 107, p. 1741-1749, 2015.
- PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; BOSI, C.; CAVALCANTE, A. C. R.; BETTIOL, G. M.; GOMIDE, C. A. M.; PELLEGRINO, G. Q. *Panicum maximum* cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. **Grass and Forage Science**, v. 72, p. 104-117, 2017.
- PIEPHO, H. P.; BÜCHSE, A.; RICHTER, C. A mixed modelling approach for randomized experiments with repeated measures. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 190, p. 230-247, 2004.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing: version 4.0.4. Viena, 2020.

RESENDE, M. D. V. de. 2002. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 975 p.

SAEIDNIA, F.; MAJIDI, M. M.; BAKHTIARI, M. A.; MIRLOHI, A. Influence of water deficit and defoliation managements on pos-drought recovery and persistence of smooth bromegrass (*Bromus inermis* L.). **Agronomy Journal**, in press. Disponível no site: <https://doi.org/10.1002/agj2.20395>. (20 de junho de 2020).D. P.;

SANCHES, A. C.; SOUZA, D. P.; JESUS, F. L. F.; MENDONA, F. C.; MAFFEI, R. G. Consumo de água de forrageiras tropicais no período de formação de pastagem. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, p. 1291-1301, 2017.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2004

SPAROVEK, G.; MAULE, R. F.; BARRETTO, A.; DOURADO NETO, D.; MARTINS, S. P. . Piracicaba: MI/FEALQ. 2014.

Embrapa

Gado de Corte



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

