

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE *BRACHIARIA* ADUBADA E IRRIGADA POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL

MARIANA CECÍLIA MELO¹; LUCAS MARTINS GUIMARÃES²; PRISCILA LOIRE SILVA³; DAIANE DOVIGO CAMARGO⁴ E LUÍS CÉSAR DIAS DRUMOND⁵

¹Eng. Agrícola e Ambiental, Mestre em Produção Vegetal, Doutoranda em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Lavras, Av. Sul UFLA, sn, - Aqueça Sol – Lavras MG – CEP 37200-000; E-mail: marianaceciliamel@yahoo.com.br

²Professor Doutor do curso de Eng. Civil da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba – Rio Paranaíba MG, Rodovia MG 230, km 8 – Cx. Postal 22 – CEP 38810-000, Brasil; E-mail: guimaraeslm@ufv.br

³Eng. Agrônoma, Mestre em Produção Vegetal - Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba – Rio Paranaíba MG, Rodovia MG 230, km 8 – Cx. Postal 22 – CEP 38810-000, Brasil; E-mail: priscila.loire@ufv.br

⁴Eng. Agrônoma - Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba – Rio Paranaíba MG, Rodovia MG 230, km 8 – Cx. Postal 22 – CEP 38810-000, Brasil; E-mail: daiane.dovigo@gmail.com

⁵Professor Doutor do curso Agronomia da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba – Rio Paranaíba MG, Rodovia MG 230, km 8 – Cx. Postal 22 – CEP 38810-000, Brasil; E-mail: irriga@ufv.br

1 RESUMO

A prática da irrigação por gotejamento subsuperficial em pastagens ainda é remota, porém é promissora ao aliar o uso racional da água à elevadas produções. Objetivou-se neste estudo analisar o crescimento e produção da *B. brizantha* cv. Marandu irrigada por gotejamento subsuperficial sob lâminas de água, monitorando-se a umidade do solo, radiação solar e temperatura do ar. O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, constituindo-se de cinco lâminas de água (1, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração de referência - ET₀), em seis períodos de coleta (5, 14, 21, 28 e 34 dias após uniformização da pastagem), distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo, em três repetições. A irrigação incrementou a produção média dos 34 dias em 41,28% em relação à maior (2103,75 kg MS ha⁻¹) e a menor lâmina (1235,30 kg MS ha⁻¹). A resposta da produtividade e altura foram ajustadas por uma função linear positiva. Já a relação folha/colmo (F/C) respondeu a um modelo quadrático para as lâminas 100 e 125% da ET₀, obtendo melhores relações aos 23 e 24 dias com alturas de 23,93 e 27,87 cm respectivamente.

Palavras-chave: pastagem, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, uso racional da água na irrigação, manejo da irrigação.

MELO, M. C.; GUIMARÃES, L. M.; SILVA, P. L.; CAMARGO, D. D.; DRUMOND, L. C. D.

GROWTH AND PRODUCTIVITY OF *BRACHIARIA* FERTILIZED AND IRRIGATED BY SUBSUPERFICIAL DRIPPING

2 ABSTRACT

The practice of subsurface drip irrigation in pastures is still remote, but it is promising to combine the rational use of water with high yields. The objective of this study was to analyze the growth and yield of *B. brizantha* cv. Marandu irrigated by subsurface drip under water depths, monitoring soil moisture, solar radiation and air temperature. The study was conducted in the experimental area of the Federal University of Viçosa- Rio Paranaíba *Campus*, constituting five water depths (1, 50, 75, 100 and 125% of reference evapotranspiration - ET₀) in six sampling periods (5, 14, 21, 28 and 34 days after standardization of the pasture), distributed in a completely randomized design, with plots subdivided in time, in three replications. Irrigation increased the average yield of the 34 days by 41.28% against the larger (2103.75 kg DM ha⁻¹) and smaller depth (1235.30 kg DM ha⁻¹). The productivity and height responses were adjusted by a linear positive function. The leaf/stem ratio (F/C) responded to a quadratic model for slides 100 and 125% of ET₀, obtaining better relationships at 23 and 24 days with heights of 23.93 and 27.87 cm, respectively.

Keywords: pasture, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, rational use of water in irrigation, irrigation management.

3 INTRODUÇÃO

O uso de pastagens como principal fonte de alimentos para animais é uma alternativa mais rentável para produtores brasileiros nos dias atuais, pois as condições climáticas favoráveis do país garantem baixos custos de produção (ALENCAR, 2010; DIAS-FILHO, 2014). Por isso, o conhecimento minucioso de sua formação, crescimento e manejo aliado aos fatores que influenciam seu desenvolvimento, como o clima, tornam-se imprescindíveis para que decisões sobre como explorá-las possam potencializar a produção.

No Brasil, de 80 a 90% das áreas de pastagens são constituídas por espécies forrageiras, do gênero *Brachiaria*, principalmente *B. decumbens* e *B. brizantha* (PACIULLO et al., 2009), por se adaptarem muito bem às mais variadas condições edafoclimáticas e apresentarem boa produtividade de forragem, baixo acúmulo de colmos e boa retenção de folhas verdes. Porém, de acordo com Silva et al. (2009) seu cultivo exige técnicas de manejo para que se tenham níveis aceitáveis de desempenho dos animais no período seco

do ano. Rodrigues et al. (2008) aborda que, em condições de pastejo, o consumo da forrageira é influenciado pela sua estrutura, como por exemplo a relação folha/colmo, devido as porções verdes da planta serem as mais nutritivas da dieta e consumidas preferencialmente pelos animais (WILSON & T'MANNETJE, 1978).

A irrigação é uma tecnologia viável para aumentar a produtividade de plantas forrageiras ao minimizar os efeitos da sazonalidade. Por isso, sua utilização na agropecuária é crescente, uma vez que é capaz de proporcionar incrementos e estabilização de produtividade ao suprir e suplementar a demanda hídrica durante as épocas secas e chuvosas do ano (ALENCAR; CUNHA; MARTINS, 2009a; LOPES et al., 2014).

Na pecuária, os sistemas mais utilizados são por aspersão, entretanto a necessidade de novas tecnologias que apresentem maior eficiência quanto ao uso da água e aplicação de fertilizantes tem despertado o interesse de técnicos e pesquisadores em testar diferentes sistemas de irrigação como, por exemplo, os sistemas por gotejamento subsuperficiais. Segundo

Ayars et al. (2015), o potencial de economia de água por esse sistema é significativo e sua adoção será promovida se houver incentivos financeiros.

Keller & Bliesner (1990) definem o sistema de irrigação subsuperficial por gotejamento como aquele que tem o solo como meio de propagação da água, onde os emissores ficam sob a superfície e dentro da camada que representa a zona efetiva do sistema radicular das plantas. Este sistema é considerado mais eficiente no uso da água devido à redução ou extinção da evaporação, do escoamento superficial e da lixiviação de água e contaminantes para zonas abaixo do sistema radicular (DALRI, 2008.)

Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar o crescimento e produção da *B. Brizantha* cv. Marandu irrigada por gotejamento subsuperficial sob diferentes lâminas de água, monitorando-se a umidade do solo, radiação solar e temperatura do ar a fim de determinar seus efeitos no crescimento e produtividade dessa forrageira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em área experimental de 1000 m² do Campus I da Universidade Federal de Viçosa em Rio Paranaíba (MG), nas coordenadas 19° 12' 34" S e 46° 07' 53" W, com altitude média de 1100 m. O clima da região é classificado como Cwa, segundo Köppen, com estações de inverno e verão bem definidas, chuvas no verão e temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22°C. O solo da região é classificado como latossolo vermelho-amarelo distrófico típico A moderado, textura argilosa, fase cerrado, relevo plano (EMBRAPA, 2006). Após o preparo do solo e instalação do sistema de irrigação, foram coletadas amostras de solo em cinco pontos aleatórios para caracterização química, físico-hídrica do solo, por meio de ensaios como granulometria, permeâmetro de Guelph e obtenção da curva de retenção de água no solo pela técnica do papel filtro de acordo com a norma ASTM D-5298 (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas, físicas e hídricas do solo da área experimental

Características químicas		Prof. (cm)		
		0-20		
pH	(CaCl ₂)	4,80		
P (res)	(mg dm ⁻³)	17,0		
S-SO ₄ ⁻		9,00		
K		0,14		
Ca		2,50		
Mg	(cmol _c dm ⁻³)	0,70		
Al		0,05		
Na		0,01		
H+Al		9,00		
M.O.	(g dm ⁻³)	41,0		
C.O.		23,8		
SB		3,35		
t	(cmol _c dm ⁻³)	3,40		
T		12,35		
V	(%)	27,1		
m		1,50		
B		0,23		
Cu		1,00		
Fe	mg dm ⁻³	31,0		
Mn		2,20		
Zn		1,10		
Características Físicas e hídricas				
		Prof. (cm)		
		0-20	20-40	40-60
Θ _s		0,66	0,60	0,60
Θ _{cc}	cm ³ cm ³	0,43	0,42	0,40
Θ _{mp}		0,12	0,15	0,13
D _s	g cm ³	1,37	1,39	1,44
Areia	g kg ⁻¹	180	180	180
Silte		120	120	120
Argila		700	700	700
Textura		Muito Argilosa	Muito Argilosa	Muito Argilosa
K _{sat}	cm s ⁻¹	2,5 x 10 ⁻³	2,1 x 10 ⁻³	4,8 x 10 ⁻³

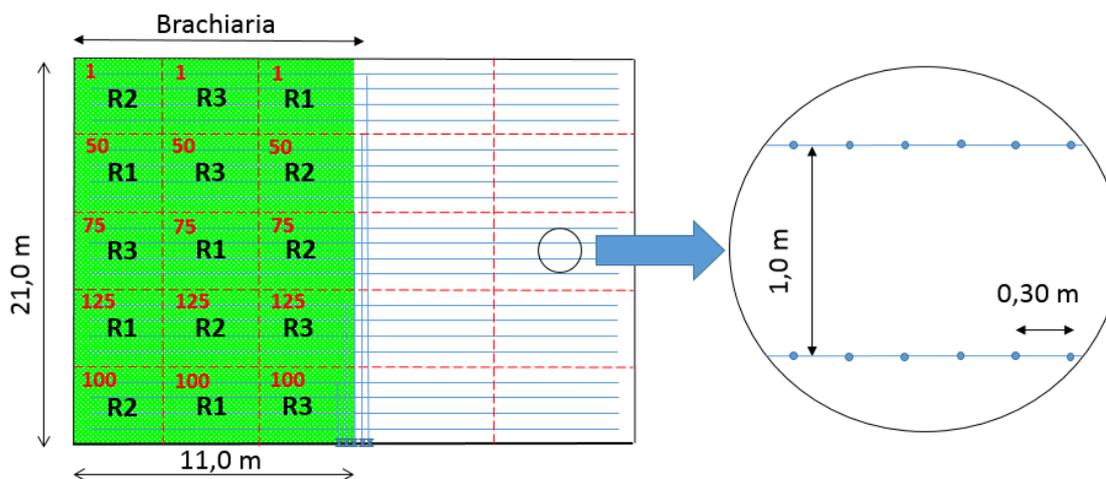
*Prof. = profundidade; M.O. = matéria orgânica; C.O. = carbono orgânico; D_s = densidade do solo; Θ_s, Θ_{cc} e Θ_{mp} referem-se à umidade na saturação, capacidade de campo e ponto de murcha permanente; K_{sat} = condutividade hidráulica saturada do solo.

Os tratamentos constituíram-se de cinco lâminas de irrigação, em seis períodos de coleta, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com parcelas

subdivididas no tempo, com três repetições (Figura 1). A aplicação da lâmina de irrigação foi realizada através de um

sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial.

Figura 1. Esquema do delineamento da forrageira e das lâminas de irrigação



As lâminas de irrigação foram calculadas em função de frações da evapotranspiração de referência (ET_0), correspondentes a 1, 50, 75, 100 e 125% da ET_0 , aplicadas na frequência de três vezes por semana na ausência de chuva, no qual a lâmina de 1% representou a pastagem em sequeiro. A coleta da pastagem foi realizada aos 5, 7, 14, 21, 28 e 34 dias após sua uniformização com resíduo de 7 cm de altura. As avaliações da pastagem foram realizadas em uma área total de 231 m², sendo a área de cada unidade experimental correspondente a 25,6 m².

Inicialmente a área experimental encontrava-se em pousio e infestada de plantas daninhas, as quais foram dessecadas com glifosato na dose de 2,5 L ha⁻¹. O solo foi preparado através de duas aragens seguidas de duas gradagens, sendo essas operações realizadas com trator New Holland TL85E, 4x2 TDA, potência de 88 cv e transmissão 12x12 Power Shuttle.

O método de irrigação utilizado foi o de irrigação localizada com sistema de gotejamento subsuperficial autocompensante, modelo Top Drip. Para implantação do sistema de irrigação, o solo foi escavado a uma profundidade de 0,60 m

para passagem da tubulação principal, com cano PVC PN 60, diâmetro de 50 mm. Na área havia duas linhas de derivação para distribuição de água em quatro parcelas. Em cada linha de derivação havia cinco tubos de polietileno de 32 mm de diâmetro, aos quais conectavam-se as fitas gotejadoras. No início das linhas de derivação foram instalados cinco registros para controle das lâminas de irrigação (tratamentos).

As fitas gotejadoras foram espaçadas entre si a uma distância de 1 m entre fitas, sendo enterradas a 0,20 m de profundidade. A distância entre emissores é de 0,30 m, com vazão de 1,6 L h⁻¹, formando uma faixa molhada contínua. A pressão do sistema foi monitorada por meio de manômetro, o qual variou de 14 a 30 metros de coluna de água. O sistema de irrigação apresentou coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) na faixa de pressão utilizada de 93% e 90%, respectivamente.

Geralmente o cálculo do volume de água a ser aplicado nos sistemas de irrigação localizada é realizado como sendo o volume aplicado por planta. Entretanto, a sementeira da espécie *Brachiaria* é

realizada a lanço, sendo importante salientar que neste estudo o volume de água aplicado foi calculado como mm de água/m² de planta.

O manejo da irrigação foi realizado mediante coleta diária dos dados meteorológicos da estação agroclimática instalada a 50 m da área irrigada, a qual fornecia dados para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) pelo método de Penman-Monteith - FAO 56, conforme proposto por Allen et al. (1998), bem como os demais dados meteorológicos utilizados na pesquisa, sendo estes a precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média e radiação solar.

O monitoramento da umidade do solo foi realizado aleatoriamente na parcela equivalente a lâmina de 100% da ET₀, sempre no mesmo horário antes da irrigação. Todas as coletas foram realizadas manualmente por meio de trado holandês em três profundidades (0,00-0,10, 0,10-0,30 e 0,30-0,50 m) em duas distâncias das fitas gotejadoras (0,25 e 0,50 m) e com três repetições.

Duas semanas antes da semeadura da pastagem, o solo foi corrigido com calcário geox, PRNT 125% na dose 4,2 Mg ha⁻¹ para elevar a saturação de bases para 70%. No dia 19/04/2017 a pastagem *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi semeada a lanço, na quantidade de 15 Kg ha⁻¹. Como a época de semeadura não era propícia à germinação, o solo foi elevado à capacidade de campo por meio de aspersores instalados de 18 m x 18 m, marca NaanDanJain, bocal 4,5 mm, vazão de 1,79 m³ h⁻¹. Lâminas de água foram repostas ao solo por esse procedimento com base na evapotranspiração de referência (ET₀) a cada dois dias durante o período de germinação das sementes. O tempo necessário para a cobertura do solo pela forrageira foi de 180 dias, devido ao inverno rigoroso desse ano. As avaliações foram realizadas no decorrer de 34 dias, de 11 de outubro até 13 de novembro de 2017.

A adubação do solo foi realizada com o intuito de que a pastagem produzisse 40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. As dosagens de fertilizantes foram: Ureia 1500 kg ha⁻¹, MAP 250 kg ha⁻¹, KCL 880 kg ha⁻¹, NH₄SO₄ 220 kg ha⁻¹, parceladas em 12 vezes e aplicadas a lanço sempre após o corte de uniformização da pastagem.

As variáveis resposta avaliadas aos 5, 7, 14, 21, 28 e 34 dias após uniformização da pastagem foram: produtividade (MS ha⁻¹), altura do relvado (H), taxa de expansão foliar (TEF) e relação folha/colmo (F/C).

No momento da coleta, foi utilizado um quadrado de amostragem 0,25 m², o qual era jogado aleatoriamente em cada unidade experimental para realização dos cortes. O resíduo da pastagem, em todas as avaliações, foi de 7 cm de altura. Após as coletas, as amostras eram acondicionadas em sacos plásticos e levadas imediatamente ao laboratório para pesagem da massa fresca.

A altura das plantas foi monitorada nos dias das coletas com auxílio de uma régua graduada em centímetros e uma folha de transparência (*sward stick*), sendo as medidas tomadas aleatoriamente em seis posições em cada unidade experimental.

Após pesagem, a massa de forragem foi fracionada manualmente em lâminas foliares, colmo e material morto, sendo as bainhas foliares incorporadas na fração colmo para determinação da relação F/C. Estas frações foram submetidas a estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas para desidratação (GARDNER, 1986).

A determinação da matéria seca foi realizada utilizando-se subamostras de 50 g, da matéria original, sendo também posteriormente desidratadas em estufa. A produtividade da pastagem foi então calculada com base no valor obtido na área da moldura, estimando-se a matéria seca por hectare por extrapolação simples.

A TEF foi calculada de acordo com a Equação 1 (DRUMOND & AGUIAR,

2005).

$$TEF = \frac{H-Hr}{n} \quad (1)$$

Sendo TEF - taxa de expansão da forragem, (cm dia⁻¹); H - altura do relvado antes da coleta, (cm); Hr - altura do resíduo, (Hr = 7 cm); n = número de dias de crescimento, (dias).

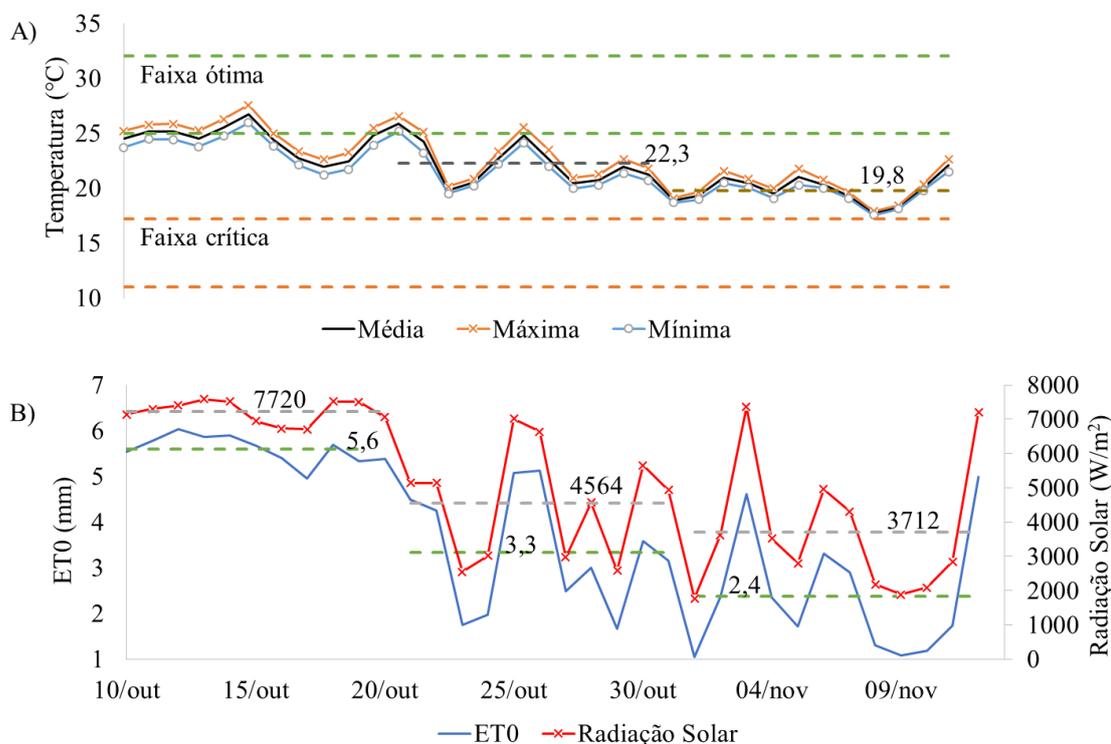
Os dados foram submetidos aos testes de Bartlett e Jarque-Bera (Jarque & Bera, 1980) para avaliação das condições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, respectivamente. Em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e por análise de regressão. Os

modelos de regressão foram escolhidos com base na significância do modelo, na não significância da falta de ajuste e na adequação ao sentido teórico dos fenômenos em estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O clima é o fator mais influente e limitante na produção das plantas forrageiras. A temperatura ao longo do período de avaliação do experimento está apresentada na Figura 2-A. A temperatura média foi igual a 22,09 °C, a máxima igual a 22,65° C e a mínima igual a 17,54° C. Rolim (1994) observou que o efeito da temperatura é mais importante na produção de forragem do que o do fotoperíodo.

Figura 2. Dados climáticos do período experimental em Rio Paranaíba de 2017, sendo A) temperaturas máxima, média e mínima e B) radiação solar e evapotranspiração de referência (ET0)



Quando a temperatura decresce a determinado valor as plantas forrageiras reduzem drasticamente sua produção e

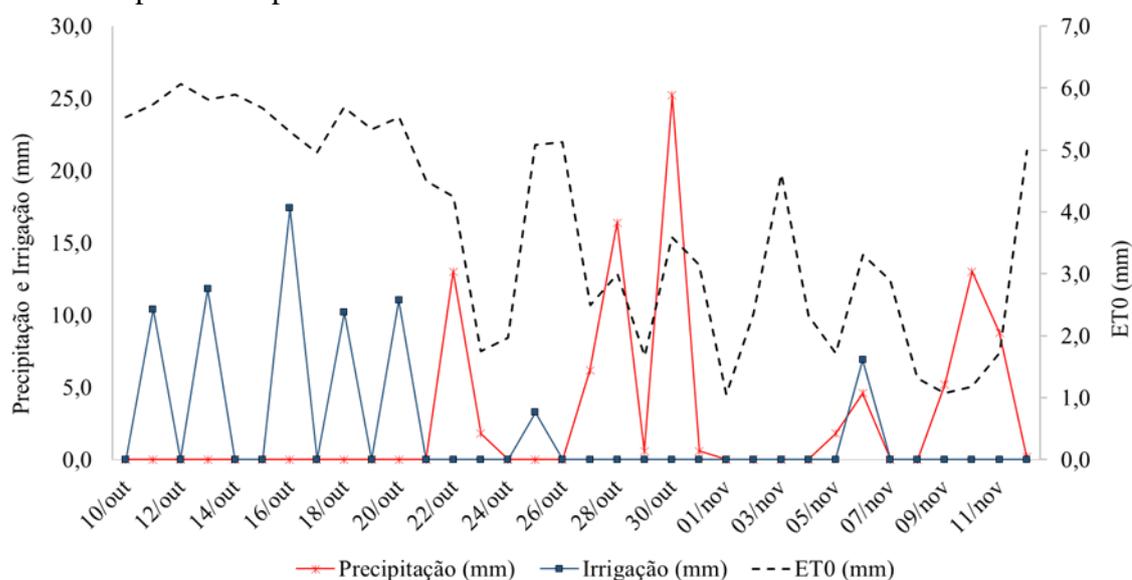
algumas vezes entram até em período reprodutivo, sendo esta conhecida como temperatura base inferior (Tbi). Cooper &

Tainton (1968) generalizam entre 10 e 15°C as Tbi para forrageiras tropicais. Cruz et al. (2011) determinaram a Tbi dessa forrageira por meio de modelos preditores, encontrando a Tbi igual a 17,2 °C. Por outro lado, altas temperaturas na faixa de 30-35°C (VILLA NOVA et al., 1999), também comprometem a produção e qualidade de algumas plantas forrageiras. Contudo, essa variável climática não foi um fator limitante na produção, podendo-se verificar que a mesma permaneceu muito próxima à faixa ótima de produção.

A ET0 seguiu o curso da variação de radiação solar e temperatura. O dia de maior ET0 (6,03 mm) e radiação (7584 W m²)

ocorreu no dia 12/10 e a menor ET0 (1,01 mm) e radiação (1766 W m²) no dia 01/11 (Figura 2-B). Durante o período experimental, a ET0 totalizou 126,70 mm, podendo-se observar que a maior evapotranspiração se dava em dias mais quentes, acompanhada pela incidência solar e temperaturas elevadas. Nesse período não foram registradas precipitações, como apresentado na Figura 3, sendo a irrigação o único elemento de reposição de água ao solo e conseqüentemente às plantas. A irrigação constituiu o maior aporte hídrico às plantas até o dia 21/10. Posteriormente, foram realizadas apenas duas irrigações, nos dias 26/10 e 07/11.

Figura 3. Precipitação, irrigação e evapotranspiração de referência (ET0) registrados ao longo do período experimental em Rio Paranaíba - MG



A quantidade de água precipitada totalizou 92,80 mm, enquanto a irrigada no tratamento 100% da ET0 foi de 71 mm, como apresentado na Tabela 2. Dessa maneira, apesar de não ter sido uniformemente distribuída ao longo do experimento, pode-se verificar que o maior

aporte hídrico total do período de avaliação foi a precipitação. Por isso, a percentagem real de água aplicada nos tratamentos 1, 50, 75, 100 e 125 da ET0, em relação à lâmina total foi respectivamente igual a 55,5, 76,2, 86,7, 97,3 e 107,8%.

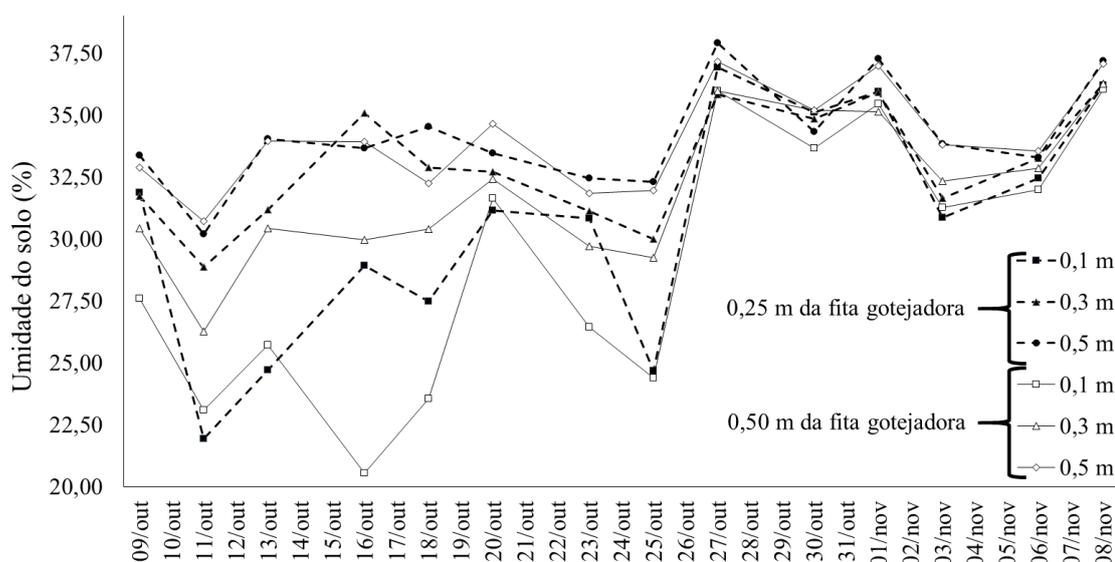
Tabela 2. Irrigação, precipitação e lâmina total (irrigação + precipitação) aplicada na cultura da *Brachiaria brizantha* ao longo da avaliação do experimento, em Rio Paranaíba (MG)

	Volume aplicado (mm)				
	1% ET0	50% ET0	75% ET0	100 % ET0	125 % ET0
Irrigação	0,70	35,50	53,20	71,00	88,70
Precipitação	92,80	92,80	92,80	92,80	92,80
Lâmina Total	93,50	128,30	146,00	163,80	181,50

A determinação da umidade do solo é fundamental no manejo da água, pois representa a quantidade de água presente em determinado volume de solo. A Figura 4 apresenta o monitoramento do teor de água

na parcela referente à lâmina de 100% da ET0 em duas distâncias da fita gotejadora (0,25 e 0,50 m) e em três profundidades (0,1, 0,3 e 0,5 m).

Figura 4. Média da umidade do solo referente ao tratamento de 100% da ET0, coletada ao longo do período experimental, em duas distâncias da fita gotejadora e em três profundidades



Verifica-se maior variação do teor de água nas camadas mais próximas à superfície (0,10 m) e mais distantes da fita gotejadora (0,5 m), principalmente quando a fonte hídrica é apenas a irrigação. De acordo com Lemon (1956) e Yang & Yanful (2002), os fatores de solo que afetam o teor e o fluxo de água no perfil do solo, bem como a evaporação são a estrutura, a densidade, a porosidade e a condutividade hidráulica não saturada.

Como não foram encontrados trabalhos na literatura quanto ao

espaçamento de fitas gotejadoras de sistemas irrigados em subsuperfície para pastagem plantada a lanço, cujo cálculo deve ser realizado por mm de água m⁻², pode-se inferir que a distância de 1,0 m entre as fitas gotejadoras foi superior à capacidade do solo em transmitir água por capilaridade às camadas mais próximas da superfície, provavelmente devido à boa condutividade hidráulica associada às demais características físicas desse solo. Ou seja, com o sistema de irrigação instalado nessa profundidade em solos de mesmas

características físicas e hídricas, mesmo com o aumento da lâmina por m^2 a água está mais sujeita a ser drenada ao longo do perfil do que ser ascendida por capilaridade. Este fato pode ser observado pelo teor de água para as duas distâncias da fita nas profundidades de 0,50 m (Figura 4). Por isso, estudos mais aprofundados quanto ao espaçamento e profundidade de irrigações subsuperficiais em pastagens sem espaçamento de plantio devem ser realizados para que, de fato, a irrigação por gotejamento subsuperficial possa ser eficiente quanto ao uso da água.

Por outro lado, os dias de maior variação da umidade ocorreram quando a pastagem estava praticamente rente à superfície do solo. Nesses dias, a demanda hídrica por parte da planta é menor, devido

à menor estrutura de seus componentes, mas a exposição da superfície do solo à radiação solar é maior, sendo esta em média igual a 7720 W m^2 . De acordo com Stone et al. (2006), a cobertura do solo altera a relação solo-água-plantas, diminuindo a taxa de evapotranspiração. Além disso, Dalmago et al. (2010) afirmam que a evaporação da água do solo é maior sob preparo convencional, preparo este realizado na área experimental.

A análise de variância dos dados de produtividade de massa seca da forragem apresentou efeito significativo das lâminas de irrigação ao longo dos dias avaliados ($p < 0,001$), porém não houve interação significativa entre os fatores ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) e comparação de médias de produtividade de massa seca (MS) de *Brachiaria brizantha* (kg ha^{-1}), pelo teste de Tukey, em função das lâminas, ao longo dos dias de avaliação.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio	
		Produtividade MS	
Lâmina (L)	4	$< 1,8 \times 10^{-5}^{***}$	
Tempo (T)	4	$< 2,2 \times 10^{-16}^{***}$	
Lâmina x Tempo (L x T)	16	0,05305*	
CV (L) (%)		17,68	
CV (T) (%)		15,19	

Produtividade de Matéria Seca (kg ha^{-1})						
Lâminas	Dias de avaliação					Média
	5	14	21	28	34	
1	193,29	1082,97	1429,67	1581,60	1888,96	1235,30 d
50	364,00	1219,39	1545,07	1771,12	2021,89	1384,29 cd
75	361,90	1476,61	1903,31	2034,85	2345,21	1624,37 bc
100	544,38	1529,83	1932,87	2259,36	2811,74	1815,64 ab
125	538,12	1725,08	2388,08	2559,77	3307,68	2103,75 a
Média	400 d	1406,78 c	1839,80 b	2041,34 b	2475,10 a	

GL - grau de liberdade; significativo a 0,1 (*) e 0,001 (***) de probabilidade; CV - coeficiente de variação; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ($p < 0,001$), pelo teste de Tukey.

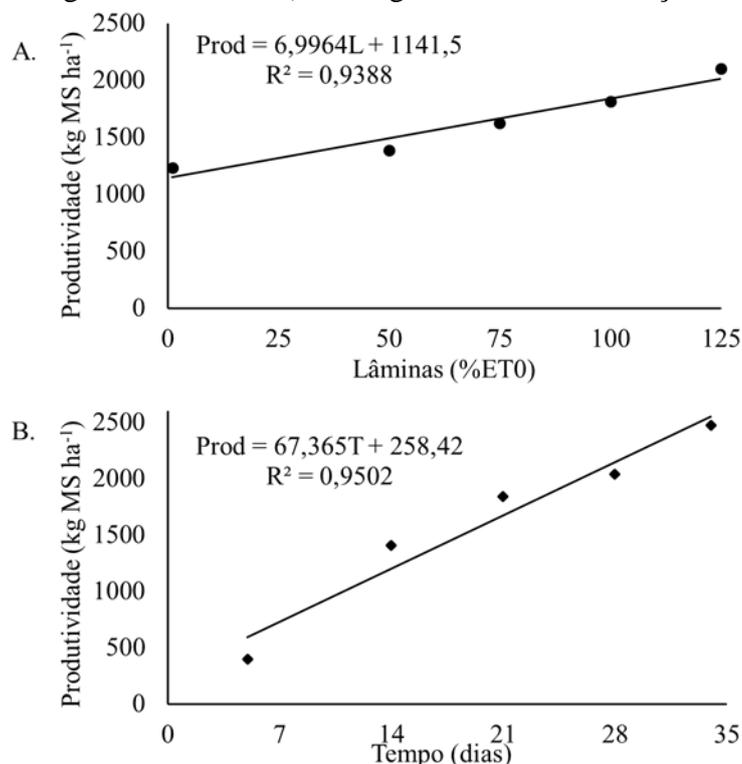
Nos primeiros 21 dias de avaliação, a temperatura média do ar e a radiação solar média foram maiores que o período dos 21 a 34 dias. A taxa de acúmulo de massa seca da pastagem aos 21 dias foi igual a 87,61 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹ sendo aos 34 dias igual a 72,80 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹, podendo-se inferir que o efeito desses fatores climáticos influenciou nos resultados. Drumond & Aguiar (2005) afirmam que espécies tropicais têm crescimento ótimo dentro de uma faixa de temperatura, sendo este um dos principais fatores responsáveis pela estacionalidade da produção das pastagens (TONATO 2003). Santos et al. (2010) concluíram que a redução de 1% da radiação fotossintética ativa nas plantas promoveu a redução de 1,35% na massa seca de forragem, mostrando a importância e influência dessa variável climática na produção de plantas forrageiras.

Apesar do significativo volume de água precipitado no período de avaliação, pode-se verificar que a irrigação proporcionou incrementos na produtividade à medida que se disponibilizava mais água à pastagem (Tabela 3), ou seja, a maior média de produtividade ocorreu aos 34 dias na lâmina equivalente a 125% da ET₀, apesar desta lâmina ser estatisticamente igual a de 100% da ET₀. Comparando-se a produção média dos tratamentos 1% da ET₀

e 125% da ET₀, constata-se que 48,48% a mais de água, proporcionou o aumento de 41,28% da produção. MELO et al. (2009) verificaram que a produção de massa seca dos capins Mombaça e Marandu aumentaram linearmente de acordo com o aumento dos percentuais de umidade do solo. Além disso, Dantas et al. (2016), ao estudarem a *Brachiaria brizantha* com diferentes lâminas de irrigação, abordam que essa forrageira exige a manutenção do armazenamento de água no solo acima de 50% da água disponível no período de outono e inverno para suprir suas necessidades hídricas.

Com base na significância e ajustes do modelo, a função de resposta entre a produtividade média de massa seca e lâminas de água (Figura 5-A) apresentou comportamento linear, apresentando máxima produção média com a aplicação da lâmina de 125% ET₀ igual a 2016,06 kg MS ha⁻¹. A função de resposta entre a produtividade média de massa seca ao longo dos dias de avaliação (Figura 5-B) também apresentou comportamento linear, com maior produção aos 34 dias correspondendo a 2548,83 kg MS ha⁻¹. Respostas como esta também foram encontradas por Lopes et al. (2014) e Alencar et al. (2009b).

Figura 5. Produtividade de matéria seca de forragem de *Brachiaria brizantha* em função A) das lâminas de água recebidas e B) ao longo dos dias de avaliação.



A altura e a taxa de expansão da forragem (TEF) diferiram significativamente em função das lâminas de irrigação ao longo dos dias avaliados ($p < 0,001$), havendo interação entre esses fatores ($p < 0,001$), como observado na Tabela 4. Aos cinco dias após a uniformização, pôde-se verificar que a

Brachiaria Brizantha teve melhor capacidade de rebrota dos perfilhos nas lâminas correspondentes a 100 e 125% da ET0 (Tabela 4). Como a radiação e temperatura eram as mesmas para todos os tratamentos, pode-se inferir que a disponibilidade hídrica foi a variável climática que influenciou nesses resultados.

Tabela 4. Altura (cm) e taxa de expansão da forragem TEF (cm dia⁻¹) da *Brachiaria Brizantha* sob lâminas de irrigação ao longo dos dias de avaliação.

Altura (cm)							
	0	5	14	21	28	34	CV (%)
Lâminas	----- Dias -----						
1	7 ^{ns}	8,67 ^{Bcd}	10,83 ^{Bc}	13,33 ^{Cb}	15,33 ^{Db}	22,67 ^{Ea}	
50	7 ^{ns}	10,67 ^{ABd}	12,67 ^{Bd}	15,00 ^{BCc}	18,33 ^{Cb}	26,00 ^{Da}	
75	7 ^{ns}	10,67 ^{ABd}	12,67 ^{Bd}	16,33 ^{Bc}	20,33 ^{Cb}	29,00 ^{Ca}	8,66
100	7 ^{ns}	11,33 ^{Ae}	16,00 ^{Ad}	22,00 ^{Ac}	24,33 ^{Bb}	37,00 ^{Ba}	
125	7 ^{ns}	12,17 ^{Ae}	16,67 ^{Ad}	23,33 ^{Ac}	27,00 ^{Ab}	43,33 ^{Aa}	
CV (%)	5,304						
Taxa de expansão da forragem (cm dia ⁻¹)							
	0	5	14	21	28	34	CV (%)
Lâminas	----- Dias -----						
1	-	0,33 ^{Cab}	0,30 ^{Bb}	0,30 ^{Bab}	0,30 ^{Cab}	0,46 ^{Da}	
50	-	0,73 ^{Ba}	0,38 ^{Bbc}	0,38 ^{Bc}	0,40 ^{Cbc}	0,56 ^{CDb}	
75	-	0,73 ^{Ba}	0,44 ^{Bb}	0,44 ^{Bb}	0,48 ^{BCb}	0,65 ^{Ca}	15,10
100	-	0,87 ^{ABab}	0,71 ^{Ac}	0,71 ^{Abc}	0,62 ^{Abc}	0,88 ^{Ba}	
125	-	1,03 ^{Aa}	0,78 ^{Ab}	0,78 ^{Ab}	0,71 ^{Ab}	1,07 ^{Aa}	
CV (%)	11,93						

CV - coeficiente de variação; médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

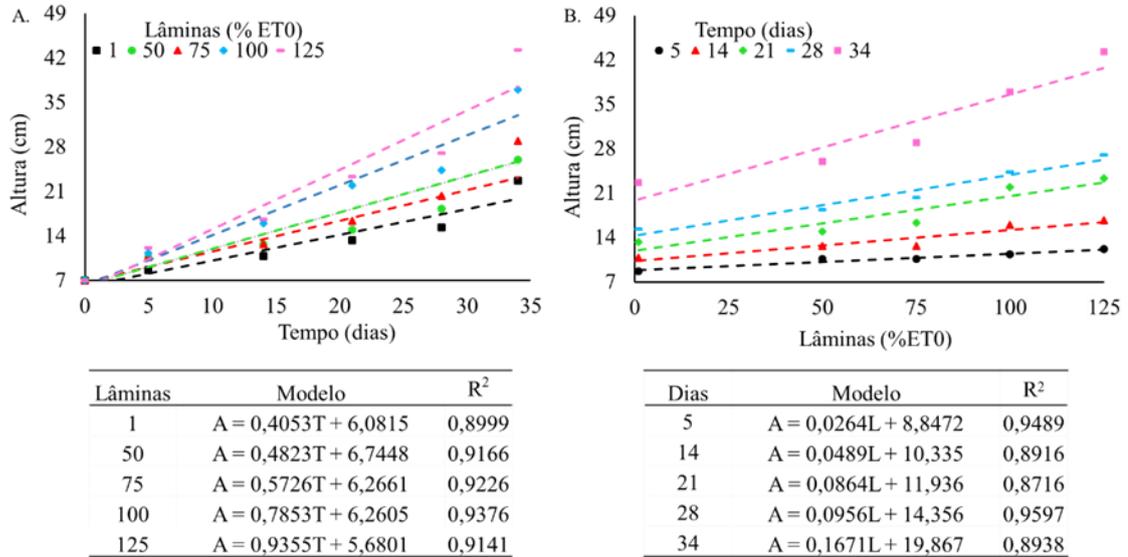
O crescimento aos cinco dias, nas duas maiores lâminas 100 e 125% da ET₀, permitiu que a forrageira se expandisse 67,96 e 62,07% a mais que o tratamento a 1% da ET₀, mostrando a influência da água quanto ao vigor e potencial de crescimento. De acordo com Paiva e Oliveira (2006), a umidade no solo é fundamental para o crescimento vegetal, o qual se dá pelo aumento de volume das células, provocado por fatores bioquímicos como afrouxamento da estrutura da parede celular, aumento da síntese proteica e da respiração e, principalmente, pela ação física da entrada de água nas células, causando grande expansão das estruturas do vegetal.

A função de resposta do crescimento ao longo dos dias de avaliação (Figura 6 A) e sob lâminas de água (Figura 6 B) apresentaram comportamento linear ($p < 0,001$). Os tratamentos 100 e 125% da ET₀ foram as lâminas cujas regressões apresentaram maior coeficiente angular da reta, respectivamente iguais a 0,94 e 0,97, com crescimento máximo aos 34 dias iguais a 43,33 e 37,00 cm respectivamente. Aguiar et al. (2005), Luz et al. (2008), Alencar et al. (2009c) e Melo et al. (2009) também encontraram aumento das alturas nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica. Alencar et al. (2009b) obtiveram resposta linear positiva para altura das plantas com a elevação nas lâminas de irrigação ao estudar as gramíneas dos

gêneros *Brachiaria* (capim-xaraés), *Panicum* (capim-tanzânia e capim-mombaça), *Pennisetum* (capim-pioneiro) e

Cynodon (capim estrela) na estação outono/inverno.

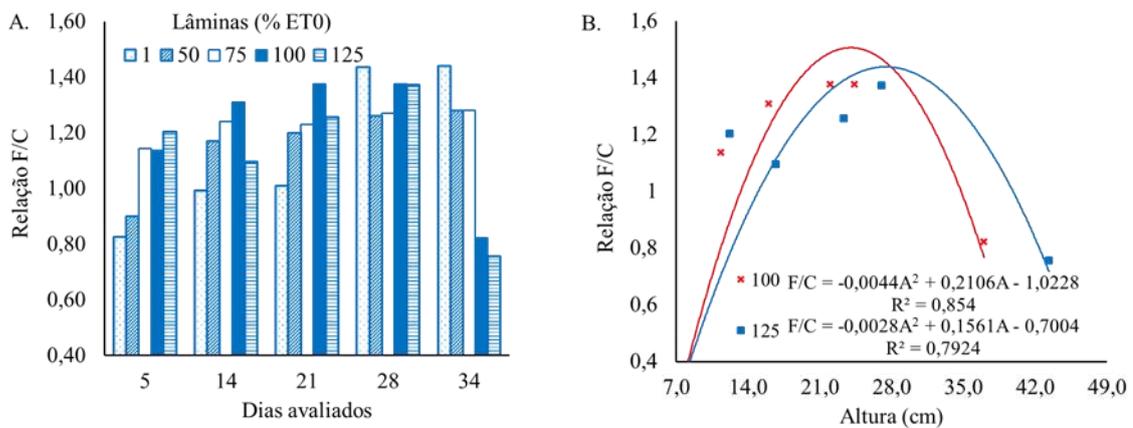
Figura 6. Modelo da resposta do crescimento da *Brachiaria Brizantha* A) ao longo dos dias de avaliação nas diferentes lâminas de água e B) sob lâminas de água ao longo dos dias de avaliação.



A resposta da relação folha/colmo em função da altura do relvado da *Brachiaria Brizantha* ao longo dos dias de avaliação nas diferentes lâminas são apresentadas na Figura 7 A. Todas as

lâminas se ajustaram ao modelo quadrático (Figura 7 B), porém, nas lâminas referentes a 1, 50 e 75% da ET0, não houve adequação ao sentido teórico dos fenômenos em estudo.

Figura 7. Relação folha/colmo (F/C) da *Brachiaria Brizantha* A) ao longo dos dias de avaliação sob lâminas de irrigação e B) resposta da relação F/C em função da altura para os tratamentos 100 e 125% ET0.



Pode-se verificar que a relação F/C variou ao longo dos dias nas diferentes lâminas (Figura 7 A). As lâminas 1, 50 e

75% da ET0 obtiveram máxima relação aos 34 dias. Já nos tratamentos 100 e 125% da ET0, essa relação foi máxima aos 28 dias.

Esta diferença está relacionada a dois fatores climáticos: água e radiação solar. A disponibilidade hídrica permitiu que a planta expressasse seu potencial. Com o aumento da massa de forragem as folhas começaram a se sobrepor e se sombrearem. Na busca pela maior luminosidade, as forrageiras acabaram aumentando suas proporções de colmo. Segundo Pereira et al. (2014), no interior de dosséis altos ocorre maior sombreamento, o que gera competição entre os perfilhos por luz. Como resposta, os perfilhos alongam seu colmo a fim de expor as novas folhas na porção superior do dossel, onde a luminosidade é maior.

Pinto et al. (1994) aborda que o limite crítico da relação F/C é considerado igual a 1,0 e este considera a qualidade e quantidade de forragem produzida. No presente estudo, a relação F/C foi superior a 1 para todos os tratamentos aos 14, 21 e 28 dias, porém na próxima coleta, aos 34 dias, a relação F/C dos tratamentos 100 e 125% da ET₀ reduziu drasticamente. Santos et al. (2010) aborda que a maior participação relativa de colmo vivo na massa de forragem é desfavorável à produção animal em pastagem, porque prejudica o consumo dos animais em pastejo e o valor nutritivo da planta. Sendo assim, é recomendável que cada espécie forrageira tenha uma altura ideal de entrada dos animais, representada pela máxima relação F/C.

De acordo com Euclides et al. (2010), o momento adequado para pastejo é quando o relvado está interceptando em torno de 95 % da luz incidente. Neste trabalho, apesar do ajuste do modelo quadrático da resposta da relação F/C, em função da altura em todas as lâminas, pode-se observar que a relação F/C dos tratamentos 1, 50 e 75% não diminuiu no intervalo de tempo estudado (Figura 7A), impossibilitando a adequação ao sentido teórico da relação F/C e altura, ou seja, aos 34 dias, como a relação F/C ainda é superior a 1, as alturas de pré-pastejo

correspondentes a esses tratamentos são respectivamente iguais a 22,67, 26,00 e 29,00 cm (Tabela 4).

Para as lâminas 100 e 125% ET₀, o ponto de máximo da equação (Figura 7 B) representa o tempo necessário para que a relação F/C seja máxima, sendo as alturas respectivamente iguais a 23,93 e 27,87 cm. Substituindo-se estas alturas nos modelos ajustados na Figura 6 A, verifica-se que os tratamentos de 100 e 125% ET₀ necessitam de 23 e 24 dias respectivamente para alcançarem a melhor relação F/C no mês que representa a primavera de 2017 de Rio Paranaíba. Giacomini et al. (2009) estabeleceu alturas de pré e pós pastejo da *Brachiaria Brizantha* à lotação rotacionada iguais a 25 e 15 cm respectivamente, sendo essas alturas bem próximas às encontradas neste trabalho.

6 CONCLUSÃO

Os fatores climáticos, temperatura e radiação solar, não foram limitantes à produção da forrageira em estudo.

Para aumentar a eficiência quanto ao uso da água, em cultivos de pastagens intensivas plantadas a lanço, o espaçamento entre fitas gotejadoras de sistemas irrigados subsuperficialmente, devem ser melhor estudados para garantir que toda a lâmina aplicada seja fornecida as plantas. Além disso, apesar do considerável volume de água precipitado ao longo da avaliação da pastagem, conclui-se que a irrigação foi determinante em aumentar a produtividade de matéria seca da forrageira.

As lâminas de 100% ET₀ e 125% ET₀ proporcionaram incrementos na produção de 31,96% e 41,28% respectivamente, em relação à lâmina de 1% ET₀, a qual foi considerado como cultivo em sequeiro, sendo a média produzida na maior lâmina igual a 2103,75 kg MS ha⁻¹ ao longo de 34 dias.

A produtividade e altura da forrageira em relação às lâminas no período de 34 dias apresentaram respostas lineares positivas. Já a relação F/C das lâminas 100 e 125% ET0 se ajustou ao modelo

quadrático, sendo a melhor relação aos 23 dias com altura de 23,93 cm para a lâmina 100% ET0 e aos 24 dias com altura de 27,78 cm para a lâmina 125% ET0.

7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. A.; DRUMOND, L. C. D.; FELIPINI, T. M.; PONTES, P. O.; SILVA, A. M. Características de crescimento de pastagens irrigadas e não irrigadas em ambiente de cerrado. **Fazu em Revista**, Uberaba, v.2, n.1, p. 22-26, 2005.

ALENCAR, C. A. B.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; OLIVEIRA, R. A. Altura de capins e cobertura do solo sob adubação nitrogenada, irrigação e pastejo nas estações do ano irrigação e pastejo nas estações do ano. **Acta Scientiarum, Agronomy**, Maringá, v. 32, n.1, p. 21-27, 2010.

ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F.; MARTINS, C. E. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. spe, p. 98-108, 2009a. Suplemento Especial.

ALENCAR, C. A. B.; CÓSER, A. C.; OLIVEIRA, R. A.; MARTINS, C. E.; CUNHA, F. F.; FIGUEIREDO, J. L. A. Produção de seis gramíneas manejadas por corte sob efeito de diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. **Ciência Agrotetecnológica**, Lavras, v.33, n.5, p.1307-1313, 2009b.

ALENCAR, C. A. B.; OLIVEIRA, R. A.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; FIGUEIREDO, J. L. A.; CUNHA, F. F. Lâminas de irrigação e estações anuais na cobertura do solo e altura de gramíneas cultivadas sob corte. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.3, p.467-472, 2009c.

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

ASTM D5298-03, Standard Test Method for Measurement of Soil Potential (Suction) Using Filter Paper, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2003. doi: 10.1520/D5298-03 AYARS, J.E.; FULTON, A; TAYLOR, B. Subsurface drip irrigation in California - Here to stay? **Agricultural Water Management**, Amsterdam v. 157, n. spe, p. 39-47, 2015. doi: 10.1016/j.agwat.2015.01.001

COOPER, J. P.; TAINTON, N. M. Ligth and temperature requeriments for growth of tropical and temperate grasses. Review article. **Herbage Abstracts**, Wallingford, v. 38, n. 3, p. 167-176, 1968

CRUZ, P. G.; SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; OLIVEIRA, P. P. A.; ARAUJO, L. C. Modelos empíricos para estimar o acúmulo de matéria seca de capim-marandu com

variáveis agrometeorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 7, p.675-681, 2011.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; KRÜGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J. I.; FLÁVIA COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 780-790, 2010.

DALRI, A.B.; CRUZ, R.L.; GARCIA, C.J.B.; DUENHAS, L.H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, p.1-11, 2008.

DANTAS, G. F.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. Produtividade e qualidade da brachiaria irrigada no outono/inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 469-481, 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p469-481/2016>

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia, 2014.

DRUMOND, L. C. D.; AGUIAR, A. P. A. **Irrigação de pastagens**. Uberaba: FAZU, 2005. EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. v. 2, Rio de Janeiro, 2006.

EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. spe, p. 151-168, 2010.

GARDNER, A. L. **Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistema de produção**. Brasília: IICA/EMBRAPA-CNPGL, p.197, 1986.

GIACOMINI A. A.; DA SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. L.; ZEFERINO, C. V.; SOUZA JÚNIOR, S. J.; TRINDADE, J. K.; GUARDA, V. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermitente stocking. **Scientia Agricola**, Piracicaba v. 66, n. 6, p. 733-741, 2009.

JARQUE, C.; BERA, A. Efficient tests for normality homoskedasticity and serial independence of regression residuals. **Econometric Letters**, Amsterdam, v. 6, n. 3, p. 255-259, 1980.

KELLER, J.; BLIESNER, I. D. Sprinkler and trickle irrigation. **New York: Van Nostrand Reinhold**, 1990. 652p.

LEMON, E. R. The potentialities for decreasing soil moisture evaporation loss. **Soil Science Society of America Journal**, Madson, v. 20, n. 1, p. 120-125, 1956.

- LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; REGADAS FILHO, J. G. L.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A. Fluxo de biomassa e estrutura do dossel em capim braquiária manejado, sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 490-500, 2014.
- LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; FARIA, L. A.; LIMA, C. G. Resposta da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) à irrigação por aspersão e adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 421-426, 2008.
- MELO, J. C.; SANTOS, A. C.; ALMEIDA, J. A.; MORAIS NETO, L. R. Desenvolvimento e produtividade dos capins mombaça e marandu cultivadas em dois solos típicos do Tocantins com diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 4, p. 786-800, 2009.
- PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; MALAQUIAS JUNIOR, J. D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 44, n. 11, p. 1528-1535, 2009.
- PAIVA, R.; OLIVEIRA L.M. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2006.
- PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J.; GEREMIA, E. V.; SILVA, S. C. Components of herbage accumulation in elephant grass cv. Napier subjected to strategies of intermittent stocking management. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 152, n. 6, p. 954-966, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859613000695>.
- PINTO, J. C.; GOMIDE, J. A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 313-326, 1994.
- RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P. H. de C.; HERLING, V. R. Produção de matéria seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizanthacv*. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 394-400, 2008.
- ROLIM, F.A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.533-565.
- SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BALBINO, E. M.; SILVA, S. P.; MONNERAT, J. P. S. Valor nutritivo de perfilhos e componentes morfológicos em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 9, p. 1919-1927, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000900009>
- SILVA, F. F.; SÁ, J. F.; SCHIO, A. R.; ÍTAVO, L. C. V.; SILVA, R. R.; MATEUS, R. G. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. spe, p. 371-389, 2009.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.

TONATO, F. **Determinação de parâmetros produtivos de Cynodon spp. em função de variáveis climáticas**. 2003. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; PEREIRA, A. R. Modelo para previsão da produtividade de capim elefante em função da temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 75-79, 1999.

WILSON, J.R.; T'MANNETJE, L. Senescence, digestibility and carbohydrate content of buffel grass and green panic leaves in swards. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria v. 29, n. 3, p. 503-519, 1978.

YANG, M.D.; YANFUL, E.K. Water balance during evaporation and drainage in cover soils under different water Table conditions. **Advances in Environmental Research**, Berkeley, v. 6, n. 4, p. 505-521, 2002.