

Superfície de resposta no desenvolvimento do capim Pangolão submetidos a déficit hídrico e aplicação de bioestimulante

Leandro R.R. Lucena¹, Maurício L.M.V. Leite², Caique R.S. Borja³, Álefe C.L. Costa⁴

GEFOR, UAST – UFRPE, 56.909-535, Serra Talhada/PE.

Resumo. O capim pangolão (*Digitaria pentzii*) é uma gramínea originária da África, é adaptada a uma ampla diversidade de solos. Os solos das regiões Semiáridas em sua maioria contem baixos teores de fósforo, um dos elementos que mais limita a produtividade das forrageiras. Assim para a obtenção de produtividades elevadas das forrageiras nestes solos torna-se necessária e imprescindível aplicação de bioestimulantes. Objetivou-se verificar a melhor lâmina de irrigação e melhor dosagem de bioestimulante que maximize o crescimento do capim pangolão. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 3 sendo três níveis de lâminas de irrigação (50%, 75% e 100% da ETc) e três níveis de bioestimulante (0, 4 e 8 ml por litro), com quatro repetições. Foi utilizado a superfície de resposta para avaliar o crescimento da altura de planta, comprimento e diâmetro de colmo, comprimento e largura de lâmina foliar. Altura foi maximizada em 42 cm utilizando 75,29% ETc e 3,6 ml/L, o comprimento de colmo teve seu máximo 12,59 cm quando utilizado 81,47% ETc e 1,61 ml/L, enquanto o diâmetro de colmo maximizou em 4,17 cm quando submetido a 79,79% ETc e 7,16 ml/L. O comprimento e largura foliar teve seus máximos utilizando 81,02% ETc e 62,57% ETc e 8,38 ml/L e 6,79 ml/L de bioestimulante. A utilização da lâmina de irrigação e do bioestimulante promovem incrementos no desenvolvimento de *Digitaria pentzii*.

Palavras-chave: *Digitaria pentzii*; Gramínea; Crescimento.

¹leandroricardo_est@yahoo.com.br

²nopalea21@yahoo.com.br

³caiqueborja@gmail.com

⁴alefechagas@outlook.com

1. Introdução

O capim pangolão (*Digitaria pentzii Stent.*) é uma gramínea originária da região da Rodésia, na África. É uma espécie adaptada a uma ampla diversidade de solos, necessitando de precipitação pluvial média anual superior a 380 mm e temperatura do ar entre 14 e 34°C para seu estabelecimento e desenvolvimento (Pupo, 1987).

O Semiárido pernambucano é uma região que possui grande potencial pecuário, entretanto, apresenta baixa disponibilidade e qualidade das forragens ao longo do ano decorrente da sazonalidade das chuvas e dos longos períodos de seca, com chuvas concentradas em determinadas épocas, geralmente de três a quatro meses ao ano (Lucena et al., 2016). Segundo Leite et al. (2014) a baixa capacidade de suporte forrageiro das caatingas, o manejo e aproveitamento inadequado das pastagens, além do reduzido uso de tecnologias de convivência com as secas ocasionam baixa produtividade dos rebanhos.

O déficit hídrico no semiárido Pernambucano é bastante comum, esse déficit, causado pelo estresse hídrico, provocam mudanças na anatomia, fisiologia e bioquímica das plantas (Lucena et al., 2019), podendo afetar todos os seus estágios de desenvolvimento ((Balardin et al., 2011),(Cavalcante et al., 2009)), até a produtividade (Bilibio et al., 2010), fazendo essas plantas desenvolverem mecanismos de tolerância ou até mesmo de adaptação à tais condições (Silva et al., 2011). O conhecimento do desempenho das plantas forrageiras em condições de estresse hídrico é de grande valia para auxiliar no entendimento do efeito do período "seco" na produção de forragem, permitindo assim o uso de práticas de manejo viáveis para melhorar o cultivo durante esse período Araújo et al. (2019).

Os solos das regiões Semiáridas, em sua maioria, contem baixos teores de fósforo, um dos elementos que mais limita a produtividade das forrageiras. O fósforo tem influência marcante no crescimento do sistema radicular e no perfilhamento das gramíneas forrageiras ((Cecato et al., 2008), (Volpe et al., 2008), (Patês et al., 2008), (Bezerra et al., 2017)). Assim, para a obtenção de produtividades elevadas das forrageiras nestes solos, torna-se necessária e imprescindível aplicação de bioestimulantes.

Os bioestimulantes são complexos à base de hormônios que podem promover uma resposta benéfica à planta, muitas vezes, podem fazer com que a planta expresse melhor o seu potencial genético ou simplesmente fazer com que a planta responda melhor a uma situação adversa de estresse. O emprego de bi-

bioestimulantes vem sendo cada vez mais estudado e aplicado na agricultura moderna com o objetivo de otimizar a produção em diversas culturas (Neto et al., 2004). Os bioestimulantes podem ter ação direta na atividade meristemática e influência nos processos fisiológicos, alterando assim a morfologia dos órgãos vegetais das plantas e promovendo seu desenvolvimento ou inibindo-os (Castro et al., 2008). Todos esses aspectos supracitados (estresse hídrico e aplicação de bioestimulante) nos solos do semiárido Pernambucano faz necessário o estudo de superfície de resposta a fim de definir a melhor lâmina de irrigação e melhor dosagem de bioestimulante que maximizam o rendimento das culturas.

A metodologia de superfície de resposta (MSR) é uma coleção de técnicas estatísticas úteis para modelagem e análise nas aplicações em que a resposta de interesse seja influenciada por duas ou mais variáveis. O objetivo é otimizar essa resposta, podendo ser representada graficamente e utilizadas de três formas: descrever como as variáveis em teste afetam as respostas, determinar as inter-relações entre as variáveis em teste e descrever efeitos combinados das variáveis em teste sobre a resposta (Achcar et al., 2016).

Nas últimas décadas o crescimento de gramíneas forrageiras vem sendo bastante estudado como relatado nos trabalhos de Ikeda et al. (2013) avaliando o crescimento inicial de *Urochloa* spp., Mata et al. (2011) e Portes et al. (2000) avaliando o crescimento de *Brachiaria brizantha*, Oliveira et al. (2000) avaliando o crescimento de Tifton 85' Bermudagrass (*Cynodon* spp.), Dall'Agnol et al. (2004) estudaram o crescimento de capim-elefante, Rosa et al. (2007) estudaram o crescimento de Capim-Tanzânia, Almeida et al. (2017) estudaram o crescimento de *Pennisetum galucum* e Lucena et al. (2019) avaliaram o crescimento de sorgo.

2. Objetivos

- Verificar a melhor lâmina de irrigação e melhor dosagem de bioestimulante que maximize o crescimento forrageiro do capim pangolão

3. Metodologia

3.1 Área de Estudo

O experimento foi conduzido de maio a julho de 2019, na área experimental do Grupo de Estudos em Forragicultura (GEFOR), na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), localizada nas coordenadas geográficas $07^{\circ} 57' 01''\text{S}$, $38^{\circ} 17' 53''\text{O}$, a uma altitude de 523 m, Figura 1. Conforme classificação de Köppen, o clima da região é tipo BSw_h, com média anual de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar de 632.2 mm, 26 °C e 60%, respectivamente (Leite et al. 2017).

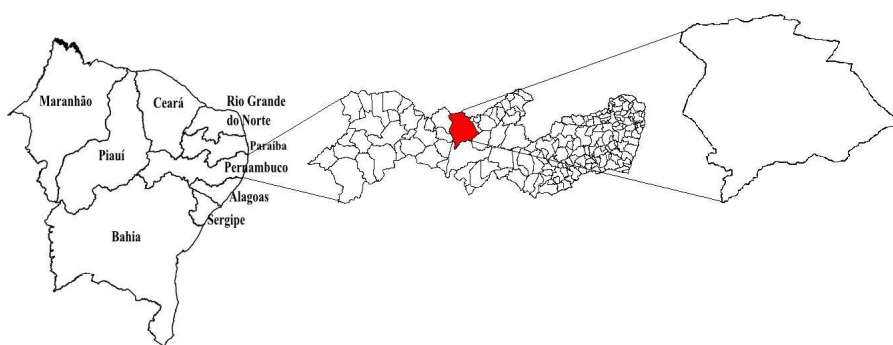


Figura 1: Distribuição espacial do município de Serra Talhada (Lucena, 2016)

3.2 Caracterização do Solo

O tipo de solo é classificado como *Typical Haplic Cambisol Ta Eutrophic*, as amostras analisadas foram coletadas a uma profundidade de 20 cm, em seguida, homogeneizado e passado em peneira de 2,0 mm. Posteriormente, cerca de 10,0 Kg desse solo foi acondicionado em vasos plásticos com volume de $14,42 \text{ dm}^3$, perfurados no fundo e com uma camada de 2,0 cm de brita para drenagem da água de irrigação.

As análises mostraram as seguintes características: $pH(\text{água}) = 7,20$; $P(\text{extrator Mehlich I}) = 40 \text{ mg.dm}^{-3}$; $K^+ = 0,45$; $Ca^{2+} = 5,3$; $Mg^{2+} = 1,1$; $Na^+ = 0,06$; $Al^{3+} = 0,0$; $H^+ = 1,23$; $SB = 6,91$; $CTC = 8,14(\text{cmolc.dm}^{-3})$ e $V = 84,89$.

3.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 3 x 3, com três níveis de lâminas de irrigação (50%, 75% e 100% da ETc) e três níveis de bioestimulante (0, 4 e 8 ml por litro), com quatro repetições, totalizando 36 unidades experimentais, representadas por vasos Figura 2.

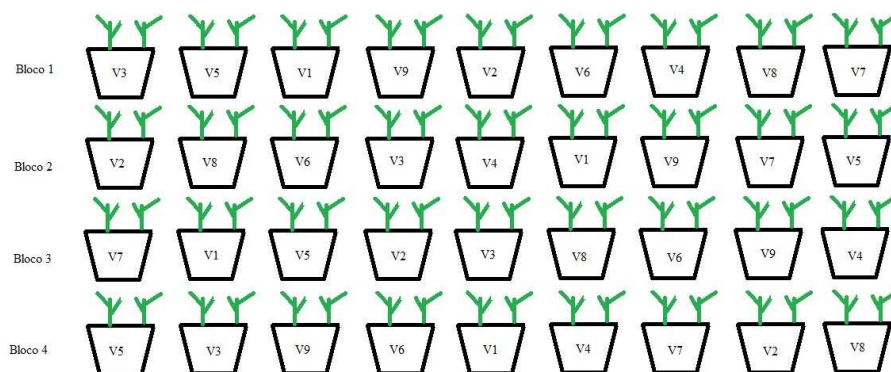


Figura 2: Delineamento amostral (V1- 50% Etc e 0 ml/L ; V2- 50% Etc e 4 ml/L ; V3- 50% Etc e 8 ml/L; V4- 75% Etc e 0 ml/L ; V5- 75% Etc e 4 ml/L ; V6- 75% Etc e 8 ml/L; V7- 100% Etc e 0 ml/L ; V8- 100% Etc e 4 ml/L ; V9- 100% Etc e 8 ml/L)

Inicialmente foram transplantados dois perfilhos de capim pangolão por vaso. Para evitar condição de estresse hídrico nos primeiros 30 dias após implantação do experimento todas as plantas foram mantidas sob condição de capacidade de campo, com base no método gravimétrico, utilizando-se balança com precisão de 20,0 g. O conteúdo de água no vaso foi controlado diariamente pelo peso do conjunto vaso + solo + água repondo-se o volume de água consumido (evapotranspiração) pelo sistema solo-planta conforme Casaroli e Lier (2008).

Aos 30 dias após o plantio (DAP) com o pleno pegamento das mudas todas as plantas foram submetidas ao corte de uniformização, os mesmos foram realizados com a utilização de tesoura de poda e régua milimétrica. Em seguida foram realizadas de 7 em 7 dias após o corte de uniformização a aferição do comprimento de lâmina foliar (CF), largura de lâmina foliar (LF), compri-

mento de colmo (CC), diâmetro de colmo (DC) e altura de plantas (AP). O comprimento da lâmina foliar foi considerado como a distância entre a lígula e a extremidade do ápice foliar, para a largura da lâmina foliar foi considerada como a maior medida intermediária central do limbo. O comprimento do colmo foi considerado o início do colmo próximo à superfície do solo até a lígula da última folha completamente expandida, para o diâmetro do colmo, a avaliação foi feita a 1,0 cm do colo, a altura de planta foi medida da superfície do solo até a parte mais alta da planta.

3.4 Superfície de Resposta

Para análise das variáveis supracitadas foi utilizado a metodologia de análise de superfície de resposta. A superfície de resposta para este estudo foi definida pela equação 3.1 sendo a representação geométrica obtida quando uma variável resposta é plotada como uma função de dois fatores quantitativos.

$$Y = f(X_1, X_2) + \epsilon \quad (3.1)$$

onde,

Y é a resposta (altura de planta, diâmetro e comprimento de colmo, largura e comprimento de folha); X_1 e X_2 são os fatores (lâmina de irrigação e doses de bioestimulante) e ϵ é o erro aleatório independente com distribuição normal.

Denota-se a resposta esperada por:

$$E(Y) = f(X_1, X_2) = \eta$$

então,

$$\eta = f(X_1, X_2)$$

é chamada de superfície de resposta (Achcar et al., 2016).

No presente estudo a função $f(X_1, X_2)$ é definida pela equação 3.2

$$Y = f(X_1, X_2) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2 + \beta_4 X_1^2 + \beta_5 X_2^2 + \epsilon \quad (3.2)$$

em que, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 são os parâmetros desconhecidos e ϵ é o erro aleatório independente que segue distribuição normal de média 0 e variância $\sigma^2 > 0$ constante.

Codificando as variáveis X_1 e X_2 por:

$$x_{1u} = \frac{(X_{1u} - \bar{X}_1)}{s_{X_1}} \quad \text{e} \quad x_{2u} = \frac{(X_{2u} - \bar{X}_2)}{s_{X_2}}$$

onde, $u = 1, 2, \dots, N$; N é o total de observações e X_{1u} e X_{2u} é o u -ésimo nível das variáveis independentes (lâmina de irrigação e doses de bioestimulante), respectivamente.

A média amostral e o desvio padrão das variáveis X_1 e X_2 são representados por:

$$\bar{X}_1 = \sum_{u=1}^N \frac{X_{1u}}{N} \quad \text{e} \quad \bar{X}_2 = \sum_{u=1}^N \frac{X_{2u}}{N}$$

$$s_{X_1} = \sqrt{\sum_{u=1}^N \frac{(X_{1u} - \bar{X}_1)^2}{N}} \quad \text{e} \quad s_{X_2} = \sqrt{\sum_{u=1}^N \frac{(X_{2u} - \bar{X}_2)^2}{N}}$$

Assim a variável resposta Y fica definida depois da codificação das variáveis pela equação 3.3:

$$Y_u = \beta_0 + \beta_1 x_{1u} + \beta_2 x_{2u} + \beta_3 x_{1u} x_{2u} + \beta_4 x_{1u}^2 + \beta_5 x_{2u}^2 + \epsilon_u \quad (3.3)$$

onde, ϵ_u é o erro aleatório independente e segue distribuição normal com média zero e variância $\sigma^2 > 0$ constante.

O modelo descrito em 3.3 pode ser reescrito na forma matricial pela equação 3.4.

$$Y = \beta X + \epsilon \quad (3.4)$$

em que,

$Y' = [Y_1, Y_2, \dots, Y_N]$, X é a matriz $N \times p$; $p = 6$; β é um vetor $p \times 1$ de parâmetros desconhecidos e $\epsilon' = [\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_N]$.

3.4.1 Estimação dos parâmetros

Utilizando o estimador de mínimos quadrados para o modelo tem-se que a estimativa dos parâmetros é definida pela equação 3.5.

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (3.5)$$

A fim de encontrar a melhor lâmina de irrigação (LI) e a dose de bioestimulante ideal (B) que maximize a altura da planta, diâmetro e comprimento de colmo, largura e comprimento de folha de campim pangolão recorreremos ao ponto estacionário. Este ponto se existir será calculado através da equação 3.6.

$$\frac{\partial \hat{Y}}{\partial X_1} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{\partial \hat{Y}}{\partial X_2} = 0 \quad (3.6)$$

ou seja, resolver o sistema de equações definido pelas equações 3.7 e 3.8:

$$\frac{\partial \hat{Y}}{\partial X_1} = \hat{\beta}_1 + 2\hat{\beta}_3X_1 + \hat{\beta}_5X_2 = 0 \quad (3.7)$$

$$\frac{\partial \hat{Y}}{\partial X_2} = \hat{\beta}_2 + 2\hat{\beta}_4X_2 + \hat{\beta}_5X_1 = 0 \quad (3.8)$$

3.4.2 Teste de hipótese

Para testar a significância do modelo ajustado é realizado um procedimento de análise de variância (ANOVA). Considerando o sistema de equações normais na equação 3.9 definida abaixo.

$$X'X\hat{\beta} = X'Y \quad (3.9)$$

Pode-se obter as somas de quadrados total (SQT), regressão (SQReg) e resíduos (SQR) pela ANOVA utilizando as equações 3.10, 3.11 e 3.12.

$$SQT = Y'Y - \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)^2}{N} \quad (3.10)$$

$$SQR = Y'Y - \hat{\beta}'X'Y \quad (3.11)$$

$$SQReg = \hat{\beta}'X'Y - \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)^2}{N} \quad (3.12)$$

O teste individual de significância de cada coeficiente pode conduzir a otimização do modelo através da eliminação ou adição de termos. As hipóteses utilizadas para testar qualquer um dos coeficientes de regressão são:

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad (3.13)$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

O teste utilizado para realizar o teste de hipótese em 3.13 é definido pela equação 3.14.

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_i)}} = \frac{\hat{\beta}_i}{\sqrt{c_{ii}\hat{\sigma}^2}} \quad (3.14)$$

em que c_{ii} é o elemento da diagonal da matriz $(X'X)^{-1}$ correspondente ao coeficiente em teste. A estatística do teste segue distribuição t com o número de graus de liberdade do resíduo.

3.4.3 Adequação do modelo

Para avaliar a adequação do modelo foi utilizado o coeficiente de determinação do modelo ajustado R_{aju}^2 definido pela equação 3.15.

$$R_{aju}^2 = \frac{R^2(N-1)-p}{N-p-1}; \quad 0 \leq R_{aju}^2 \leq 1 \quad (3.15)$$

onde, $R^2 = \frac{SQReg}{SQT}$.

4. Resultados

Verifica-se na Figura 3 comportamento quadrático da altura de planta, atingindo seu máximo de 42 cm quando utilizado uma lâmina de irrigação de 75,29% ETc e 3,6 ml/L de bioestimulante.

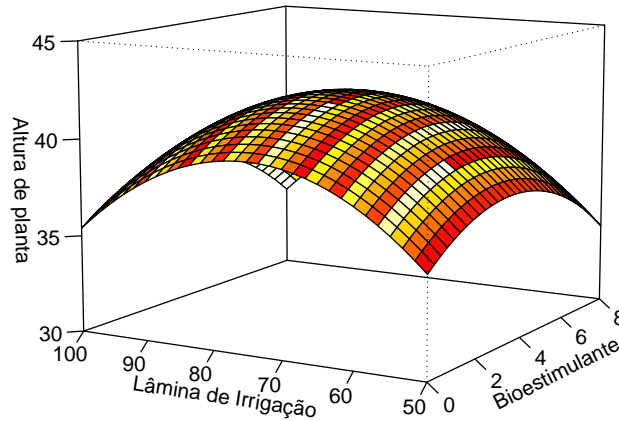


Figura 3: Superfície de resposta para altura de planta do capim pangolão em função da lâmina de irrigação e do bioestimulante

A superfície de resposta definida pela equação 4.16 para altura de planta do capim pangolão mostrou uma precisão de 97,86% sugerindo um ótimo ajuste.

$$AP = 1,29B + 1,054LI - 0,179B^2 - 0,007LI^2 \quad (4.16)$$

Verifica-se na Figura 4 um comportamento quadrático para o comprimento de colmo, atingindo seu máximo de 12,59 cm quando utilizado uma lâmina de irrigação de 81,47% ETc e 1,61 ml/L de bioestimulante.

Assim como para altura de planta a superfície de resposta do comprimento de colmo definida pela equação 4.17 se mostrou bastante adequada, pois a mesma apresentou poder de precisão de 94,93%.

$$CC = 0,81B + 0,293LI - 0,0017LI^2 - 0,00994B : LI \quad (4.17)$$

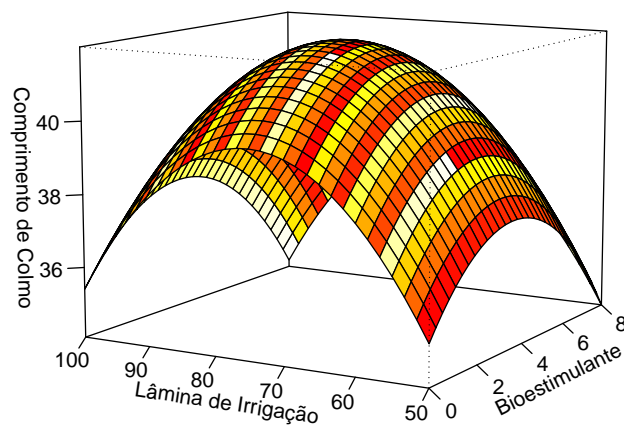


Figura 4: Superfície de resposta para comprimento de colmo do capim pangolão em função da lâmina de irrigação e do bioestimulante

Avaliando o diâmetro de colmo do capim pangolão verifica-se na Figura 5 que o mesmo atingiu seu máximo de 4,17 cm quando submetido a uma lâmina de irrigação de 79,79% ETc e uma dose de 7,16 ml/L de bioestimulante.

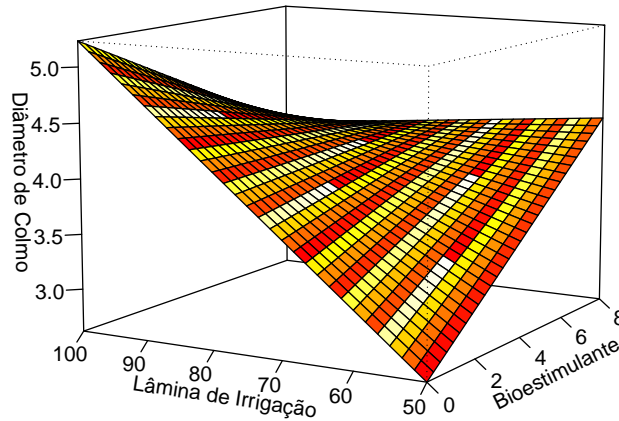


Figura 5: Superfície de resposta para diâmetro de colmo do capim pangolão em função da lâmina de irrigação e do bioestimulante

A superfície de resposta do diâmetro de colmo apresentou precisão de 87,88% além de um comportamento linear crescente tanto para a lâmina de irrigação quanto para o uso de bioestimulante, porém com uma interação negativa entre as duas variáveis explicativas. A superfície de resposta para o diâmetro de colmo é expressa pela equação 4.18.

$$DC = 0,583B + 0,0523LI - 0,0073B : LI \quad (4.18)$$

Verifica-se na Figura 6 que o comprimento de lâmina foliar atinge seu máximo de 31,84 cm quando utilizado uma lâmina de irrigação de 81,02% ETc e uma dosagem de 8,38 ml/L de bioestimulante. A superfície de resposta do comprimento de lâmina foliar apresentou elevado poder de precisão ($R^2 = 97,93\%$) indicando um bom ajuste.

A superfície do comprimento de lâmina foliar apresentou comportamento semelhante ao diâmetro de colmo (crescente para lâmina de irrigação e bioestimulante e negativo para interação). A superfície de resposta para o comprimento de lâmina foliar é definida pela equação 4.19.

$$CF = 3,8B + 0,393LI - 0,0469B : LI \quad (4.19)$$

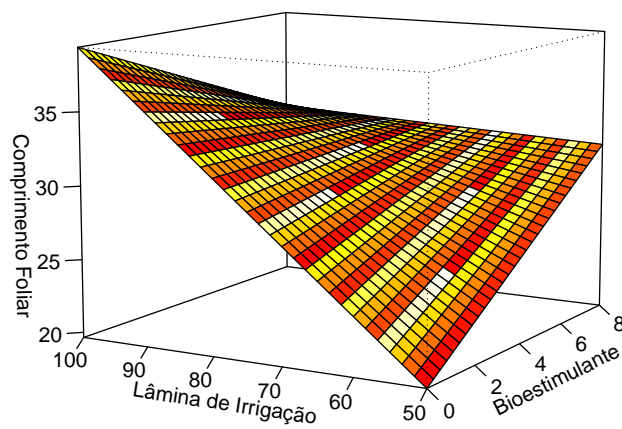


Figura 6: Superfície de resposta para comprimento de lâmina foliar do capim pangolão em função da lâmina de irrigação e do bioestimulante

Verifica-se na Figura 7 um comportamento quadrático negativo em função do bioestimulante e linear em função da lâmina de irrigação para a largura de lâmina foliar do capim pangolão, atingindo sua largura máxima de 1,65 cm quando utilizado uma lâmina de irrigação de 62,57% ETc e uma dose de 6,79 ml/L de bioestimulante.

A superfície de resposta da largura de lâmina foliar apresentou elevado

poder de precisão ($R^2 = 95,87\%$) indicando uma adequação no ajuste. A superfície de resposta para a largura de lâmina foliar do capim pangolão é expressa pela equação 4.20.

$$LF = 0,311B + 0,019LI - 0,01B^2 - 0,0028B : LI \quad (4.20)$$

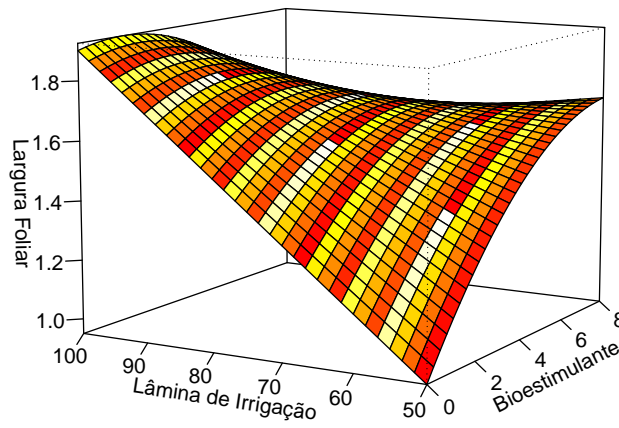


Figura 7: Superfície de resposta para largura de lâmina foliar do capim pangolão em função da lâmina de irrigação e do bioestimulante

5. Conclusões

A utilização da lâmina de irrigação e do bioestimulante promovem incrementos no desenvolvimento de *Digitaria pentzii*. A utilização da lâmina de irrigação no intervalo de 75 e 82 % de ETc promovem o crescimento de *Digitaria pentzii*. As doses de bioestimulante entre 1,6 a 3,6 ml/L provomem o

crescimento da altura e comprimento de colmo de *Digitaria pentzii*, enquanto que doses no intervalo de 6,8 a 8,4 ml/L auxiliam no crescimento do diâmetro de colmo, largura e comprimento de lâmina foliar.

Referências

- Achcar, J. A., Faria, R. F., e Piratelli, C. L. (2016). Metodologia de superfícies de respostas aplicadas em usinagem de metais. *Revista Brasileira de Biometria*, 34(3):435–454.
- Almeida, M. C. R., Leite, M. L. M. V., Sá, E. H. J., Cruz, M. G., Moura, G. A., Moura, E. A., Sá, G. A. S. ., e Lucena, L. R. R. (2017). Crescimento vegetativo de cultivares de milho sob diferentes disponibilidades hídricas. *Magistra*, 29(2):161–171.
- Araújo, G. N. J., Gomes, F. T., Silva, M. J., Jardim, A. M. F. R., oes, V. J. L. P. S., Izidrio, J. L. P. S., Leite, M. L. M. V., Teixeira, V. I., e Silva, T. G. F. (2019). Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. *PUBVET*, 13(1):1–10.
- Balardin, R. S., Silva, F. D. L., Debona, D., Corte, G. D., Favera, D. D., e Tormen, N. R. (2011). Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. *Ciência Rural*, 41(7):1120–1126.
- Bezerra, F. J. S. M., Leite, M. L. M. V., Lucena, L. R. R., Pereira, J. S., e Silva, M. J. A. (2017). Características agronômicas de *Urochloa mosambicensis* em função do nitrogênio e fósforo. *Agrarian Academy*, 4(7):92–102.
- Bilibio, C., Carvalho, J. A., Martins, M., Resende, F. C., Freitas, E. A., e Gomes, L. A. A. (2010). Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(7):730–735.
- Castro, G. S. A., Bogiani, J. C., Silva, M. G., Gazola, E., e Rosolem, C. A. (2008). Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(10):1311–1318.
- Cavalcante, A. C. R., Cavallini, M. C., e Lima, N. R. C. B. (2009). *Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras*. Embrapa Caprinos e Ovinos, S.Paulo.

- Cecato, U., Skrobot, V. D., Fakir, G. R., Branco, A. F., Galbeiro, S., e Gomes, J. A. N. (2008). Perfilamento e características estruturais do capim-mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 30(1):1-7.
- Dall'Agnol, M., Scheffer-Basso, S. M., Nascimento, J. A. L., Silveira, C. A. M., e Fischer, R. G. (2004). Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio. curva de crescimento e valor nutritivo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(5):1110-1117.
- Ikeda, F. S., Filho, R. V., Vilela, L., Marchi, G., Cavalieri, S. D., e Silva, A. A. (2013). Emergência e crescimento inicial de cultivares de urochloa em diferentes profundidades de semeadura. *Planta Daninha*, 31(1):71-78.
- Leite, M. L. M. V., Silva, D. S., Andrade, A. P., Pereira, W. E., e Ramos, J. P. F. (2014). Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. *Revista Caatinga*, 27(2):192-200.
- Lucena, L. R. R. (2016). Utilização de lacunaridade na caracterização do vento em serra talhada-pe. *Biomatemática*, 26(1):53-64.
- Lucena, L. R. R., Leite, M. L. M. V., Pereira, J. S., e Cavalcante, A. B. (2016). Ajuste de curvas de crescimento do comprimento do cladódio de nopalea cochenillifera. *Biomatemática*, 26(1):39-52.
- Lucena, L. R. R., Simplício, J. B., e Leite, M. L. M. V. (2019). Desenvolvimento de sorgo forrageiro submetido à aplicação de manipueira. *Agrarian Academy*, 6(11):133-144.
- Mata, J. F., Erasmo, E. A. L., Siebeneichler, S. C., Saraiva, A. S., e Gonçalves, R. C. (2011). Análise de crescimento da brachiária em diferentes densidades e épocas de semeadura em consorcio com a cultura da soja. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 4(3):7-30.
- Neto, D. D., Dario, G. J. A., Júnior, P. A. V., Manfron, P. A., Martin, T. N., Bonnacarrère, R. A. G., e Crespo, P. E. N. (2004). Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia*, 11(1):1-9.
- Oliveira, M. A., Pereira, O. G., Gomide, J. A., Huaman, C. A. M., Garcia, R., e Cecon, P. R. (2000). Análise de crescimento do capim-bermuda tifton 85(cynodon spp.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(6):1930-1938.

Patês, N. M. S., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P., Oliveira, A. C., Fonseca, M. P., e Veloso, C. M. (2008). Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(1):1934–1939.

Portes, T. D., Carvalho, S. I. C., Oliveira, I. P., e Kluthcouski, J. (2000). Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(7):1349–1358.

Pupo, N. H. I. (1987). *Manual de pastagens e forrageiras*. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, S.Paulo.

Rosa, S. R. A., Castro, T. A. P., e Oliveira, I. P. (2007). Análise de crescimento em capim-tanzânia nos sistemas de plantio solteiro e consórcio com leguminosas. *Ciência Animal Brasileira*, 8(2):251–260.

Silva, E. M. B., Silva, T. J. A., Cabral, C. E. A., Kroth, B. E., e Resende, D. (2011). Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. *Revista Caatinga*, 24(2):180–186.

Volpe, E., Marchetti, M. E., Macedo, M. C. M., e Lempp, B. (2008). Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(2):228–237.

