

USO DA MODELAGEM PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-BUFFEL CV. ARIDUS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Magno José Duarte Cândido¹, Leydiane Bezerra de Oliveira¹, Francisco Gleyson da Silveira Alves¹, Samuel Rocha Maranhão², Cláudia Gabriela Andrade Bastos¹, Josias Wéricles Lima Freitas³

RESUMO: Diante da incerteza quanto à produção de forragem ao longo do ano, torna-se necessária a utilização de softwares capazes de gerar modelos de simulação da produção vegetal, como o PHYGROW. Objetivou-se avaliar a aplicabilidade do modelo PHYGROW na estimativa da produção de biomassa do capim-buffel (*Pennisetum ciliare*) cultivar Aridus no Semiárido brasileiro. Foram utilizados dados de quatro Unidades de Referência Tecnológica (URTs), com informações climáticas, edáficas e de manejo da cultura. As simulações indicaram subestimativas da biomassa nas URTs Itapetinga-BA, São João-PE e São Raimundo Nonato-PI, enquanto Ibaretama-CE apresentou leve superestimativa. A simulação em Itapetinga apresentou maior proximidade com os dados observados. O desvio padrão da biomassa colhida foi superior a 900 kg MS ha⁻¹ em todos os locais, indicando heterogeneidade nas pastagens amostradas. As simulações obtiveram valores elevados para o Índice de Willmott (acima de 0,90), refletindo boa concordância entre dados observados e estimados. Os resultados sugerem que o modelo PHYGROW possui boa capacidade preditiva e pode ser utilizado como ferramenta de planejamento a longo prazo na produção forrageira do Semiárido.

PALAVRAS-CHAVE: *Cenchrus ciliaris*, modelos matemáticos, PHYGROW

USE OF MODELING TO ESTIMATE FORAGE PRODUCTION OF BUFFEL GRASS CV. ARIDUS IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION

ABSTRACT: Given the uncertainty of forage production throughout the year, it is necessary to use software capable of generating plant production simulation models, among which PHYGROW stands out. This study aimed to evaluate the use of the PHYGROW model to

¹ Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará;

² Secretaria de Desenvolvimento Rural e Recursos Hídricos de Tauá;

³ Serviço Nacional de Aprendizagem Rural-SENAR/AR Ceará

estimate the biomass production of buffel grass (*Pennisetum ciliare*) cultivar Aridus in the Brazilian semiarid region. Crop data were collected from four technological reference units (TRUs) located in the Brazilian semiarid region. Climate and soil data from the TRUs were used as input variables for model parameterization, in addition to data related to the buffelgrass crop. The TRUs Itapetinga-BA, São João-PE, and São Raimundo Nonato-PI showed a tendency to underestimate the amount of biomass available in the location. The simulation for Ibaretama showed a slight overestimated the field-observed values. The simulation for Itapetinga demonstrated the greatest similarity to actual field conditions. All scenarios presented a standard deviation value of the harvested biomass greater than 900 kg DM ha⁻¹, demonstrating a lack of homogeneity of the pasture in which the samples were collected. The simulations in Itapetinga, São João and São Raimundo Nonato obtained higher values for the Willmott Index (above 0.90). The positive result for the efficiency of the estimate allows us to infer that the growth model generated has good prediction capacity. PHYGROW can be used to estimate the biomass production of buffel grass in the Brazilian semiarid region, serving as a tool for long-term planning by rural producers.

KEYWORDS: *Cenchrus ciliaris*, mathematical models, PHYGROW

INTRODUÇÃO

Os sistemas produtivos, em sua grande maioria, são desenvolvidos em sistemas a pasto, onde as práticas de manejo e a eficiência de uso da forragem são que determinam o sucesso da atividade. As variáveis climáticas como a precipitação pluvial, luminosidade e temperatura afetam diretamente o acúmulo de biomassa, causando estacionalidade na produção de forragem ao longo do ano, principalmente na região semiárida. Uma ferramenta importante para estimar a produção de forragem diante das variações climáticas é o uso de modelos matemáticos que utilizam parâmetros climáticos para prever a produção de biomassa, permitindo que estratégias de manejo possam ser definidas. Esses modelos permitem quantificar e compreender as interações existentes entre as plantas e o ambiente onde são cultivadas. Uma importante ferramenta para estimar o crescimento da planta forrageira é o PHYGROW, que possibilita a previsão da produção de forragem (Angerer, 2008). Essa ferramenta vem sendo utilizado para gerar dados que auxiliam em sistemas de alerta precoce a partir dos dados de biomassa, produzindo resultados satisfatórios diante das variações climáticas (Stuth et al., 2003; Butt et al., 2005; Angerer, 2008). O PHYGROW é uma ferramenta importante para que os produtores

possam conhecer os padrões de resposta das plantas forrageiras ao manejo e decidir se uma determinada espécie deve ser cultivada ou não em sua propriedade rural. Assim sendo, se faz necessário calibrar e validar um modelo com dados de diversas espécies forrageiras cultivadas na região semiárida para gerar resultados e incorpora-los ao modelo de simulação, que servirá como ferramenta para os produtores nas decisões sobre a produção de forragem diante da sazonalidade. Objetivou-se com o presente estudo avaliar a viabilidade da utilização do modelo PHYGROW para estimar a produção de biomassa do capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*) cultivar Aridus no Semiárido Brasileiro

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados colhidos em campo foram obtidos em quatro unidades de referência tecnológica (URTs), localizadas nos municípios de Itapetinga-BA (15°15'41.8"S, 40°14'27.6"W), São Raimundo Nonato-PI (9°05'04.9"S, 42°42'58.7"W), Ibaretama-CE (4°44'21.1"S, 38°44'46.7"W) e São João-PE (8°49'26.4"S, 36°25'24.2"W), entre os anos de 2018 a 2021. Para geração dos modelos foi utilizado os dados do capim buffel cultivar Aridus cultivado nas URTs. Os dados climáticos das URTs durante os anos de colheitas estão apresentados na Tabela 1. Para determinar o tempo de corte foi levada em consideração a altura de 60 cm. Para coleta da biomassa foi utilizado uma moldura de 0,50 x 0,50 m. Todo o material presente no interior da moldura foi cortado a 20 cm de altura do solo, pesado e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até atingir peso constante, para a obtenção da biomassa pré-seca. Foram realizadas adubações anuais com 100 kg ha⁻¹ de NPK (N: 8; P: 28; K: 16). Após cada corte foi realizada adubação de cobertura com adubo nitrogenado (ureia) na dose equivalente a 50 kg ha⁻¹. Com os dados coletados foram gerados os modelos de produção de biomassa com dados com auxílio do programa de simulação PHYGROW, para estimativa da biomassa de forragem total.

Tabela 1. Precipitação acumulada e temperatura média nos anos de colheita de dados nas unidades de referência tecnológica

URTs	Precipitação acumulada (mm)				Temperatura média (°C)			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
São João-PE	287,4	542,0	877,0	442,6	22,4	22,8	24,9	22,3
Ibaretama-CE	737,3	830,1	809,6	631,7	27,5	27,5	27,5	27,1
Itapetinga-BA	527,8	548	989	187,8	23,6	24,6	24	24,1
São Raimundo Nonato-PI	576,2	573,2	1158,0	362,0	26,8	27,4	25,7	-

No modelo PHYGROW foi utilizada a versão PHYWEB 2.0 do software para simulação. O PHYGROW é alimentado diariamente com dados da *Climate Hazards Group Infrared Precipitation* (CHIRPS), onde foram inseridos os dados de vegetação, solo e pastejo (corte) para simular crescimento da cultura, considerando o seu crescimento sob condições ótimas e o resultado da biomassa simulada depende do grau de estresse hídrico e térmico. Os dados coletados nas unidades experimentais foram utilizados para calibrar o modelo de estimativa da biomassa total. Inicialmente o procedimento de parametrização do modelo envolveu os dados de caracterização local e da biomassa vegetal colhida nas URTs para fins de geração do modelo (calibração). O modelo foi considerado calibrado quando a biomassa simulada apresentou um erro padrão da média de ± 1 em relação a biomassa forrageira colhida nas URTs. Após a calibração foi realizado os testes de desempenho dos modelos através dos seguintes parâmetros estatísticos: erro médio da previsão (%), raiz quadrada do erro médio, erro médio absoluto, índice de concordância de Willmott (Willmott et al., 1985). Os testes estatísticos para avaliação do desempenho do modelo foram realizados utilizando-se o software Statistica (versão 7) e apresentados através de métodos gráficos e numéricos com auxílio do software Sigma plot (versão 11.0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações da produção de biomassa do capim-buffel proveniente das URTs Ibaretama-CE, Itapetinga-BA, São João-PE e São Raimundo Nonato-PI estão apresentadas na Tabela 2. Observou-se que as simulações da produção de biomassa em Itapetinga, São João e São Raimundo Nonato apresentaram uma tendência a subestimar a quantidade de biomassa disponível na localidade (erro médio de previsão com valor negativo). Já a simulação para Ibaretama apresentou uma leve superestimação para com os valores observados em campo (erro médio de previsão com valor positivo) (Tabela 2). Dentre os cenários estudados, a simulação para Itapetinga demonstrou a maior similaridade com a realidade, apresentando os melhores valores para Raiz Quadrada do Erro Médio, Índice de Willmott e Eficiência de estimativa (Tabela 2). A acurácia do modelo PHYGROW para com o cenário mencionado anteriormente foi alta. Quanto aos outros cenários, a simulação para a UTR Ibaretama apresentou o menor valor de eficiência de estimativa, parâmetro utilizado para quantificar a acurácia do modelo para com a realidade apresentada pela localidade (Tabela 2). De acordo com Morais et al. (2025), o Raiz Quadrada do Erro Médio é um parâmetro estatístico importante e permite

verificar a diferença observada entre a biomassa colhida e a biomassa estimada. Todos os cenários apresentaram valor de desvio padrão da biomassa colhida maior que 900 kg MS ha⁻¹, demonstrando falta de homogeneidade da pastagem na qual foram coletadas as amostras. As simulações feitas em Itapetinga, São João e São Raimundo Nonato obtiveram valores para o Índice de Willmott acima da casa dos 0,90, o que caracterizaria as simulações como satisfatórias, uma vez que o valor a ser considerado como uma ótima concordância entre os valores coletados e valores estimados varia entre 0 e 1, sendo 1 o melhor valor a ser obtido (Willmott et al., 2012). Considerando todos os valores obtidos, as simulações para as URTs Itapetinga e São Raimundo Nonato apresentaram uma maior concordância geral entre os dados coletados e os estimados pelo modelo PHYGROW, o que configura uma adequada acurácia entre o que foi simulado pelo modelo e a situação real observada nas URTs citadas. Por meio do resultado positivo para a eficiência da estimativa é possível inferir que o modelo de crescimento gerado apresenta boa capacidade de predição.

Tabela 2. Produção de biomassa (kg ha⁻¹) e estatística para avaliação da capacidade do modelo PHYGROW de simular o crescimento vegetal do capim-buffel

Variáveis	URT's			
	Ibaretama	Itapetinga	São João	São Raimundo Nonato
Produção de biomassa colhida	3.888,95	3.053,40	3.585,38	3.257,15
Produção de biomassa estimada	3.918,00	3.001,71	3.209,50	3.094,00
Desvio padrão ¹ (kg MS ha ⁻¹)	964,72	1106,89	966,91	1235,94
Desvio padrão ² (kg MS ha ⁻¹)	245,2	800,02	118,36	1018,66
RQEM	331,66	82,88	185,95	144,81
Erro médio absoluto (kg MS ha ⁻¹)	135,4	22,15	92,98	59,12
Erro médio da previsão (%)	0,75	-1,69	-10,48	-5,01
Índice de Willmott	0,6	0,98	0,92	0,97
Eficiência da estimativa	0,4	0,95	0,81	0,9

RQEM: Raiz quadrada do erro médio (kg MS ha⁻¹); ¹referente aos valores colhidos; ²referente aos valores simulados

CONCLUSÕES

O modelo PHYGROW demonstrou desempenho satisfatório na estimativa da produção de biomassa do capim-buffel, evidenciando-se como uma ferramenta tecnológica promissora para o planejamento forrageiro de longo prazo em sistemas produtivos no Semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angerer, J. P. **Examination of high resolution rainfall products and satellite greenness indices for estimating patch and landscape forage biomass**. 2008. 143 p. Dissertation (Rangeland Ecology and Management) – Texas A&M University, College Station, Texas, 2008.

Butt, T. A.; Mccarl, B. A.; Angerer, J.; Dyke, P. T.; Stuth, J. W. The economic and food security implications of climate change in Mali. **Climatic Change**, v.68, n.3, p.355-378, 2005.

Morais, L. F.; Cavalcante, A. C. R.; Leyton, J. M. O.; Costa, C. A. G.; Silva, R. G.; Macedo, V. H. M.; Maranhão, S. R.; Cândido, M. J. D. Modeling techniques for simulating total forage biomass in rangelands of the Caatinga Biome, Brazil. **Scientia Agricola**, v.82, e20230300, 2025.

Stuth, J. W.; Schmitt, D.; Rowan, R. C.; Angerer, J. P.; Zander, K. **PHYGROW Users Guide and Technical Documentation**. Texas A&M University, 2003.

Willmott, C. J.; Ackleson, S. G.; Davis, R. E.; Feddema, J. J.; Klink, K. M.; Legates, D. R.; Odonnell, J.; Rowe, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v.90, n.5, p.8995–9005, 1985.

Willmott, C. J.; Robeson, S. M.; Matsuura, K. Short Communication: A Refined Index of Model Performance. **International Journal of Climatology**, v.32, p.2088-2094, 2012.