

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SORGO CV. PONTA NEGRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO POR MEIO DA MODELAGEM

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: A produção de forragem apresenta variação ao longo do ano, o que torna fundamental sua estimativa para o adequado planejamento alimentar dos rebanhos. Nesse contexto, destaca-se o uso de softwares capazes de simular a dinâmica da produção vegetal, como o PHYGROW. Objetivou-se, neste estudo, avaliar a aplicabilidade do modelo PHYGROW na estimativa da produção de biomassa do sorgo (*Sorghum bicolor*) cultivar Ponta Negra no semiárido brasileiro. Os dados agronômicos foram coletados em duas Unidades de Referência Tecnológica (URTs) localizadas na região semiárida, e, juntamente com variáveis climáticas e edáficas, serviram de entrada para a parametrização do modelo via plataforma PHYWEB 2.0. A URT de Ibaretama apresentou maior produção de biomassa, enquanto Itapetinga demonstrou tendência à subestimação dos valores observados. A simulação para Ibaretama resultou em menor eficiência de estimativa. Em ambos os cenários, os desvios-padrão da biomassa estimada superaram 1000 kg MS ha⁻¹, refletindo a heterogeneidade da pastagem. Os índices de Willmott foram 0,77 para Ibaretama e 0,89 para Itapetinga, demonstrando desempenho satisfatório do modelo. Conclui-se que o PHYGROW é eficaz para estimar a produção de biomassa do sorgo em condições do semiárido, podendo ser uma ferramenta estratégica para o planejamento forrageiro de longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: modelos matemáticos, PHYGROW, *Sorghum bicolor*

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

ESTIMATION OF SORGHUM CV. PONTA NEGRA PRODUCTION IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION THROUGH MODELING

ABSTRACT: Forage production varies throughout the year, making it essential to estimate yield in order to ensure effective feed planning. Thus, the use of software capable of generating plant production simulation models has gained increasing prominence. This study aimed to evaluate the use of the PHYGROW model to estimate biomass production of sorghum (*Sorghum bicolor*) cultivar Ponta Negra in the Brazilian semiarid region. Crop data were collected from two technological reference units (TRU) located in the Brazilian semiarid region. Climate and soil data from both TRUs were used as input variables for model parameterization, in addition to data related to sorghum crop. The biomass data collected from the two TRUs were used to calibrate the PHYGROW model through its online interface, PHYWEB 2.0. The TRU located in Ibaretama showed the highest biomass production (kg ha^{-1}). The Itapetinga TRU showed a tendency to underestimate the amount of available biomass, while the Ibaretama TRU overestimated biomass production. The simulation for the Ibaretama TRU showed a lower estimation efficiency value. All simulated scenarios presented an estimated standard deviation value greater than $1000 \text{ kg DM ha}^{-1}$. It was observed that the simulations presented values for the Willmott Index of 0.77 for Ibaretama and 0.89 for Itapetinga. PHYGROW presents satisfactory accuracy in estimating sorghum biomass production under the conditions of the Brazilian semiarid region, serving as a valuable tool for long-term planning by rural producers.

KEYWORDS: mathematical models, PHYGROW, *Sorghum bicolor*

INTRODUÇÃO

A produção de forragem é um processo complexo, amplamente influenciado por fatores climáticos como precipitação, temperatura e radiação fotossinteticamente ativa, que afetam a sobrevivência, o crescimento e a produtividade das plantas forrageiras (Tonato et al., 2010). A compreensão de como essas variáveis interferem na produção e acúmulo de biomassa é essencial para estimativas acuradas ao longo do ano, permitindo a adoção de práticas de manejo mais eficientes (Medeiros et al., 2005). Nesse contexto, os modelos matemáticos de simulação da produção vegetal têm ganhado relevância, por possibilitarem a quantificação e compreensão das interações entre a planta e o ambiente. Modelos mecanísticos têm sido aplicados com êxito

na simulação do crescimento de forrageiras tropicais (Lara et al., 2012), ainda que demandem conhecimento detalhado dos processos fisiológicos afetados por variáveis climáticas (Pedreira et al., 2011). Desde que devidamente calibrados, esses modelos permitem estimar os impactos de variações climáticas sobre a produção de forragem (Zhang et al., 2007; Stuth et al., 2003). Um dos modelos de estimativa da produção de forragem mais utilizados em regiões áridas e semiáridas é o ‘Phytomass Growth Model’ - PHYGROW. O PHYGROW é um modelo de simulação, de base diária, que usa informações climáticas, da vegetação, do solo e dados do rebanho para estimar o crescimento vegetal, consumo de forragem e processos hidrológicos (STUTH et al., 2003). O modelo permite simular o crescimento de várias espécies forrageiras e o efeito do pastejo por uma gama de herbívoros domésticos e silvestres e taxas de lotação. Considerando a escassez de estudos com o modelo PHYGROW no Brasil, especialmente em regiões semiáridas, torna-se relevante o desenvolvimento de pesquisas voltadas à sua calibração e validação. Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho do modelo PHYGROW na estimativa da produção de biomassa do sorgo cultivar Ponta Negra no Semiárido Brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de campo foram obtidos entre 2018 e 2021 em duas unidades de referência tecnológica (URTs) localizadas nos municípios de Itapetinga-BA (15°15'41.8"S, 40°14'27.6"W) e Ibaretama-CE (4°44'21.1"S, 38°44'46.7"W). O cultivar utilizado foi o sorgo Ponta Negra (*Sorghum bicolor*), cultivado sob espaçamento de 70 cm entre linhas e com oito plantas por metro linear. Os dados climáticos das URTs durante os anos de colheitas estão apresentados na Tabela 1. A colheita foi realizada no ponto de silagem, com corte a 20 cm do solo. Todo o material presente no interior da moldura foi cortado, pesado e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até atingir peso constante, para a obtenção da biomassa pré-seca. As variáveis climáticas utilizadas na simulação foram provenientes do Climate Hazards Group Infrared Precipitation (CHIRPS). A modelagem foi realizada por meio da interface PHYWEB 2.0, com inserção de dados de vegetação, solo e manejo (pastejo/corte). O modelo foi considerado calibrado quando a biomassa estimada apresentou erro padrão da média de ± 1 em relação à biomassa observada. A validação do modelo foi conduzida com base nos seguintes indicadores estatísticos: erro médio de previsão (%), raiz quadrada do erro médio (RQEM), erro

médio absoluto (EMA) e índice de concordância de Willmott (Willmott et al., 1985), com análise realizada nos softwares Statística 7 e SigmaPlot 11.0.

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

URT's	Precipitação acumulada (mm)				Temperatura média (°C)			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações da produção de biomassa do sorgo proveniente das URTs Ibaretama-CE e Itapetinga-BA estão apresentadas na Tabela 2. A URT de Ibaretama apresentou maior produção de biomassa (kg ha^{-1}), provavelmente devido a maior precipitação anual. Observou-se que entre as duas simulações da produção de biomassa das URTs, a do município de Itapetinga apresentou tendência a subestimar a quantidade de biomassa disponível na localidade (erro médio de previsão negativo). Já a simulação referente a URT Ibaretama apresentou um valor de 0,21% para a variável erro médio de previsão, evidenciando uma leve superestimação com os valores observados em campo.

Tabela 2. Produção de biomassa (kg ha^{-1}) e estatística para avaliação da capacidade do modelo PHYGROW de simular o crescimento vegetal do sorgo nas URTs

Parâmetro Estatístico	URT's	
	Ibaretama-CE	Itapetinga-BA
Produção de biomassa colhida	11.252,92	7.058,08
Produção de biomassa estimada	11.276,20	7.036,50
Desvio padrão ¹ (kg MS ha^{-1})	1908,22	1525,6
Desvio padrão ² (kg MS ha^{-1})	1283,4	1891,51
RQEM	466,21	387,98
Erro médio absoluto (kg MS ha^{-1})	134,58	112
Erro médio da previsão (%)	0,21	-0,31
Índice de Willmott	0,77	0,89
Eficiência da estimativa	0,58	0,75

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

A URT de Itapetinga demonstrou a maior similaridade com a realidade, apresentando os melhores valores para as variáveis de Raiz quadrada do erro médio e Eficiência de estimativa (Tabela 2). A acurácia do modelo PHYGROW para com o cenário mencionado pode ser considerada relativamente alta. A simulação para a UTR Ibaretama apresentou menor valor de eficiência de estimativa, parâmetro utilizado para quantificar a acurácia do modelo para com a realidade apresentada pela localidade (Morais et al., 2025). A variável raiz quadrada do erro médio permite verificar a diferença entre o resultado da biomassa colhida e da biomassa estiada (Willmott et al., 2012). Todos os cenários simulados apresentaram um valor para o desvio padrão estimado maior que $1000 \text{ kg MS ha}^{-1}$, o que pode caracterizar falta de homogeneidade dos pastos onde foram coletadas as amostras, apresentando uma variação muito alta dentre a condição da pastagem. Observou-se que as simulações apresentaram valores para o Índice de Willmott de 0,77 para Ibaretama e 0,89 para Itapetinga, indicando que nas simulações a soma das magnitudes de erro é maior que metade da soma das magnitudes do desvio do modelo perfeito e do desvio observado, 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). Dessa forma pode-se inferir uma boa concordância entre os valores de coleta e estimativa. A simulação para a URT Itapetinga apresentou uma maior coesão geral entre os dados coletados e os estimados pelo modelo PHYGROW, o que configura uma alta taxa de acurácia entre o que foi simulado pelo modelo e a situação real observada nas localidades citadas.

CONCLUSÕES

O modelo PHYGROW apresentou desempenho satisfatório na estimativa da produção de biomassa do sorgo em condições do semiárido brasileiro, configurando-se como uma ferramenta viável para subsidiar o planejamento forrageiro de longo prazo em propriedades rurais da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lara, M. A. S.; Pedreira, C. G. S.; Boote, K. J.; Pedreira, B. C.; Moreno, L. S. B.; Alderman, P. D. Predicting growth of *Panicum maximum*: an adaptation of the CROPGRO-forage model. **Agronomy Journal**, v.104, n.3, p.600-611, 2012.

Medeiros, H. R.; Pedreira, C. G. S.; Villa Nova, N. A. Avaliação de um modelo matemático para estimar o acúmulo de forragem em função de variáveis climáticas. **Pasturas Tropicales**, v.27, n.2, p.12-17, 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.

Pedreira, B. C.; Pedreira, C. G. S.; Boote, K. J.; Lara, M. A. S.; Alderman, P. D. Adapting the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. **Field Crops Research**, v.120, n.3, p.370-379, 2011.

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

Stuth, J. W.; Schmitt, D.; Rowan, R. C.; Angerer, J. P.; Zander, K. **PHYGROW. Users Guide and Technical Documentation**. Texas A&M University, 2003. 79 p.

Tonato, F.; Barioni, L. G.; Pedreira, C. G. S.; Dantas, O. D. D.; Malaquias, J. V. Development of forage accumulation prediction models in tropical pastures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.5, p.522-529, 2010.

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.

Zhang, B. S.; Valentine, I.; Kemp, P. D. Spatially explicit modelling of the impact of climate changes on pasture production in the North Island, New Zealand. **Climatic Change**, v.84, n.2, p.203-216, 2007.