



## AJUSTE DOS MODELOS EXPOLINEAR E LOGÍSTICO NO CRESCIMENTO INICIAL DA JUREMA DURANTE UM PERÍODO CHUVOSO NO SEMIÁRIDO

### FIT OF MODELS EXPOLINEAR AND LOGÍSTIC TO THE INICIAL GROWNTH OF THE JUREMA DURING A RAINY PERIOD IN SEMIARID

João Paulo Alves de Barros<sup>1</sup>; Jéssica Vanessa Góis de Siqueira<sup>2</sup>; Maiara Tatiane Lima Silva<sup>2</sup>; Thieres George Freire da Silva<sup>3</sup>; Luciana Sandra Bastos de Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Produção Vegetal (UFRPE/UAST). [paulo\\_biohimet@hotmail.com](mailto:paulo_biohimet@hotmail.com);

<sup>2</sup>Graduando em Agronomia (UFRPE/UAST). [jessicasiqueira@hotmail.com](mailto:jessicasiqueira@hotmail.com); [maiaralima309@gmail.com](mailto:maiaralima309@gmail.com);

<sup>3</sup>Professor Pesquisador (UFRPE/UAST). [thieres\\_freire@yahoo.com.br](mailto:thieres_freire@yahoo.com.br); [sanddrabastos@hotmail.com](mailto:sanddrabastos@hotmail.com);

**RESUMO:** O excesso de água disponível para as plantas pode prejudicar processos biológicos gerais, como o crescimento. Esse fenômeno pode ser analisado por meio de equações matemáticas, as quais permitem uma simulação da dinâmica desse processo. Assim, o objetivo desse trabalho foi ajustar os modelos expolinear e logístico à biomassa seca da Jurema-Branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke) no Semiárido durante um período chuvoso. O experimento foi realizado entre março e julho de 2017 no município de Serra Talhada, PE onde 18 sementes de Jurema foram semeadas em recipientes de polipropileno e após 30 dias foram transplantadas para vasos. O delineamento do experimento foi inteiramente casualizado com 3 repetições. Por amostragem, 3 plântulas eram escolhidas ao acaso para determinação da biomassa seca. Dados relativos à precipitação pluviométrica eram monitorados por uma estação automática próxima a área experimental. Os parâmetros dos modelos foram ajustados aos dados de biomassa seca em função dos Graus-dia acumulados (GDA) a partir do teste de t-Student a 5%, com auxílio do software SigmaPlot v.10.0. Para validação, foram utilizados os índices estatísticos. Os coeficientes dos modelos foram significativos ( $p < 0,05$ ), e, além disso, os índices assumiram ótimos valores para ambos os modelos, próximos de 1, qualificando-os como excelentes ( $c > 0,85$ ). Com isso, os modelos expolinear e logístico podem ser usados para simular o crescimento da Jurema em condições de chuvas frequentes no Semiárido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa estimada; Estresse hídrico; *Piptadenia stipulacea*;

### INTRODUÇÃO

A baixa disponibilidade de água (déficit hídrico) é um fator abiótico limitante do crescimento vegetal e ocorre frequentemente em ambientes Semiáridos como a Caatinga (BARROS; SOARES, 2013), porém, o excesso desse recurso natural no solo, provenientes de grandes intensidades pluviométricas, pode ocasionar diversos distúrbios fisiológicos, como por exemplo, na estrutura radicular, alterando o nível de distribuição de biomassa seca para essa região (PIMENTEL et al., 2016).

Uma das formas de avaliar o ciclo de vida desses organismos em função das variáveis ambientais é por meio do ajuste de equações matemáticas aos dados relativos à biologia geral da planta, como biomassa e biometria (SILVA; SILVA; BARBOSA, 2015). Vários modelos matemáticos podem ser utilizados nos estudo relativos à produção vegetal, dentre eles, destacam-se a curva expolinear, sugerida por Goudriaan e Monteith (1990) (TEI; SCAIFE, 1996) e logística (PEARL; REED, 1920), as quais concentram informações relevantes sobre processos fisiológicos, anatômicos e ecológicos interpretados pelos parâmetros de suas equações, e consequentemente



dinâmica da curva quando comparadas com ajustes polinomiais (BATISTA et al., 2013). Adicionalmente, bons modelos podem ser caracterizados pelos altos valores dos parâmetros de validação obtidos por estatística descritiva, que explicam a precisão, exatidão e dispersão dos valores estimados em relação aos obtidos no campo (SILVA; SILVA; BARBOSA, 2015).

O objetivo desse trabalho foi ajustar os modelos polinomial e expolinear aos dados de biomassa da *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke (Jurema-Branca) durante um período de ocorrência de eventos de precipitação pluviométrica frequentes.

## METODOLOGIA

O experimento ocorreu no município de Serra Talhada, PE, especificamente na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) entre o período de 06/04/2017 a 18/07/2017. Para tanto, sementes de Jurema foram submetidas à escarificação mecânica para quebra da dormência tegumentar e semeadas em recipientes de polipropileno contendo solo peneirado, areia lavada e vermiculita, os quais se localizavam dentro de um viveiro contendo sombrite comercial 70%. Aos 30 dias após a semeadura (DAS), as plântulas foram transplantadas para vasos que continham solo peneirado e adubo orgânico.

As variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura do ar e umidade relativa) foram monitoradas por uma estação automática localizada a 300m da área experimental. O delineamento do experimento foi inteiramente casualizado, com 3 repetições, sendo 6 unidades experimentais/repetição. Posteriormente, 3 plântulas foram escolhidas ao acaso a cada amostragem para determinação da biomassa.

O material foliar, caulinar e radicular foram alocados em sacos de papel. O material vegetal foi transportado para uma estufa de ventilação forçada a 60°C por um período médio de 48 horas para determinação da biomassa seca observada. Logo, o peso seco total de cada órgão foi mensurado com auxílio de uma balança de precisão 0,001g (Acculab VIC-303) para o cálculo da fitomassa seca total ( $W=W_{fo}+W_c+W_r$ ). Onde: W: biomassa seca total da planta,  $W_{fo}$ : biomassa seca da folha (g),  $W_c$ : biomassa seca do caule (g),  $W_r$ : biomassa seca da raiz (g).

Para determinação da biomassa estimada ( $\ln(W_e)$ , g  $pl^{-1}$ ), foram ajustados dois modelos (Tabela 1): expolinear e logístico. Os coeficientes das equações foram submetidos ao teste de t-Student ao nível de 5% e posteriormente, foram calculados os parâmetros de validação: Coeficiente de correlação de Pearson (R), Coeficiente de determinação ajustado ( $r_{aj}^2$ ) (SILVA; SILVA; BARBOSA, 2015), Índice de concordância de Willmontt (d) (WILLMONTT et al., 1985) e o Coeficiente de desempenho (c) (CAMARGO; SENTELHAS, 1997), ambas as etapas realizadas com auxílio do software SigmaPlot v.10.0. Foi considerada como variável independente os Graus-dia acumulados (GDA, °C), obtida pela fórmula:  $GDA=\Sigma(T_{méd}-T_b)$ , onde:  $T_{méd}$ : Temperatura média diária,  $T_b$ : Temperatura base (10°C) (SOUZA et al., 2015).



**Tabela 1** – Equações dos modelos (M) expolinear (E) e logístico (L) na forma logarítmica, parâmetros do modelo (P) e seus significados biológicos para estimativa da biomassa seca total ( $W_e$ ) da Jurema em Serra Talhada, PE em função dos GDA durante um período chuvoso, conforme Batista et al. (2013).

M	Equação	P	Significado Biológico
E	$\ln(W_e) = \ln(c_m/r_m) + \ln(\ln(1 + \exp(r_m * (GDA - t_b))))$	$c_m$	Taxa de crescimento absoluto ( $g\ pl^{-1}C^{-1}$ )
		$r_m$	Taxa de crescimento relativo ( $g\ g^{-1}C^{-1}$ )
		$t_b$	Tempo térmico para fechamento do dossel ( $^{\circ}C$ )
L	$\ln(W_e) = \ln(W_f) - \ln(1 + (W_f/(W_0 - 1)) * \exp(-r * GDA))$	$W_f$	Biomassa total máxima ( $g\ pl^{-1}$ )
		$W_0$	Biomassa total inicial ( $g\ pl^{-1}$ )
		$r$	Taxa de crescimento relativo ( $g\ g^{-1}C^{-1}$ )

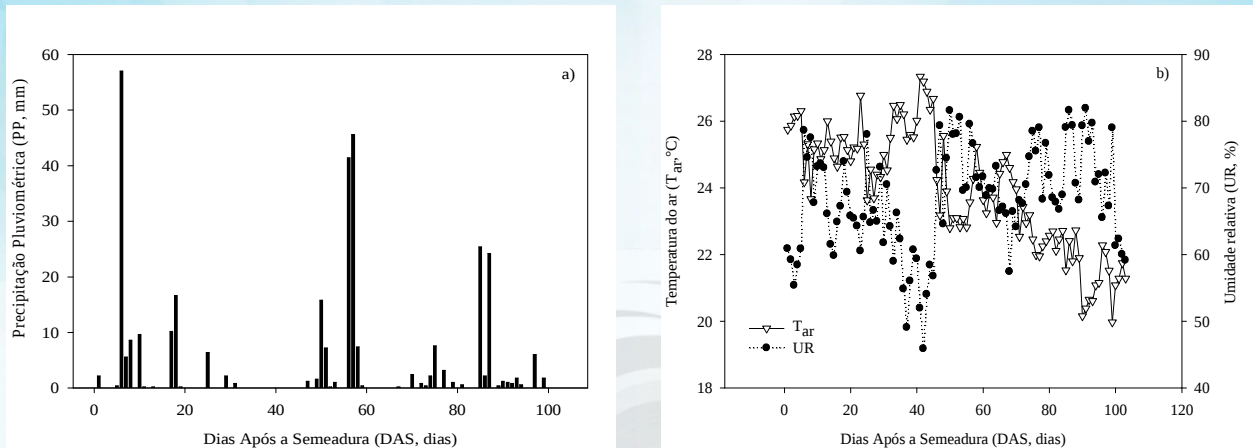
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento, foi observada uma precipitação pluviométrica (PP, mm) total de 325,8mm com valor máximo de 57mm aos 6 DAS (Figura 1a). Adicionalmente, os valores de temperatura do ar ( $T_{ar}$ ,  $^{\circ}C$ ) e umidade relativa (UR, %) apresentaram valores médios de 23,92 $^{\circ}C$  e 68,28%, respectivamente. Com mínimos de 19,97 $^{\circ}C$  nos 99 DAS e 45,87% nos 42 DAS e máximos de 27,33 $^{\circ}C$  nos 41 DAS e 81,91% nos 91 DAS respectivamente (Figura 1b).

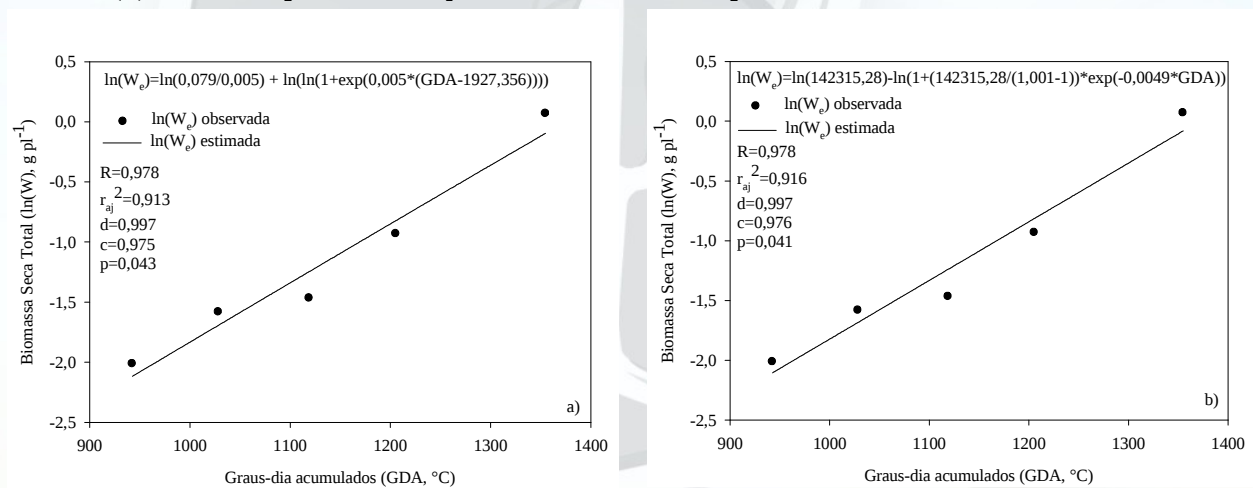
Os parâmetros dos modelos expolinear e logístico foram significativos a 5% quando submetidos ao teste de t-Student ( $p < 0,05$ ) e, além disso, os coeficientes estatísticos apresentaram ótimos valores para ambos os modelos (próximos de 1) (Figura 2). A partir dos valores de  $r_m$  (0,005  $g\ g^{-1}C^{-1}$ ) e  $r$  (0,0049  $g\ g^{-1}C^{-1}$ ), nota-se que há um incremento relativo de biomassa semelhante quando se ajustam os modelos expolinear e logístico. A equação expolinear não apresenta coeficientes relacionados à extensão do ciclo de vida da planta em relação ao modelo logístico, o qual fornece valores de biomassa inicial (1,001  $g\ pl^{-1}$ ) e máxima (142,315  $kg\ pl^{-1}$ ) (Figura 2b). Adicionalmente, foi observada ótima precisão ( $R = 0,978$  e  $r_{aj}^2 = 0,913$ ), exatidão ( $d = 0,997$ ) e desempenho ( $c = 0,975$ ) para o modelo expolinear (Figura 2a) assim como o modelo logístico ( $R = 0,978$ ,  $r_{aj}^2 = 0,916$ ,  $d = 0,996$  e  $c = 0,976$ ) (Figura 2b). O coeficiente  $c$ , por explicar simultaneamente a precisão e a exatidão, foi usado como parâmetro de validação padrão para classificar os modelos analisados, logo, estes se qualificam como excelentes ( $c > 0,85$ ) (CAMARGO; SENTELHAS, 1997). Silva, Silva e Barbosa et al. (2015) avaliando o crescimento de *Caesalpinia pyramidallis* Tul. (Caatingueira), verificaram que o maior acúmulo de biomassa seca total ocorre quando há uma reposição de água ao nível de 125%, e que nestas condições, modelos físicos podem simular o seu comportamento ( $R = 0,951$ ,  $d = 0,961$  e  $c = 0,914$ ). Em contraste, Dutra et al. (2012) estudando variáveis de crescimento de cultivares de girassol *Helianthus annuus*



L., por meio de regressões polinomiais, concluíram que em solos alagados a fotossíntese é limitada pela redução dos pigmentos por ação de fitohormônios (clorose), causando perda de biomassa, fenômeno também observado nesse experimento, entre 96 e 103 DAS. Em adição, Batista et al. (2013) analisaram o crescimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) em um período de ocorrência de chuvas (1334mm no total) e obtiveram ótimos ajustes com os modelos expolinear e logístico ( $r_{aj}^2 > 0,92$ ).



**Figura 1** – Comportamento da precipitação pluviométrica (a), temperatura do ar e umidade relativa (b) durante o período em que foi conduzido o experimento em Serra Talhada, PE.



**Figura 2** – Ajuste e validação dos modelos expolinear (a) e logístico (b) na forma logarítmica para estimar a biomassa seca total ( $W_e$ ) da Jurema em escala em função dos GDA durante um período chuvoso em Serra Talhada, PE.

## CONCLUSÕES

Os modelos expolinear e logístico podem expressar com boa precisão o crescimento inicial da Jurema-Branca sob influência da precipitação pluvial.

## AGRADECIMENTOS

A UFRPE/UAST e o CNPq/CAPES, como também ao PGPV/UAST e o grupo de pesquisa BioHiMet.





## REFERÊNCIAS

III SINPROVS  
III SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EM  
PRODUÇÃO VEGETAL NO SEMI-ÁRIDO

BARROS, I. O.; SOARES, A. A. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da Caatinga Brasileira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 192-198, 2013.

BATISTA, E. L. S. et al. Modelagem do crescimento de cultivares de cana-de-açúcar no período de formação da cultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1080-1087, 2013.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

DUTRA, C. C. et al. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2657-2668, 2012.

GOUDRIAAN, J.; MONTEITH, J. L. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. **Annals of Botany**, v. 66, p. 695-701, 1990. PEARL, R.; REED, L. J. Skew growth curves. **Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States**, v. 6, p.16-22, 1920.

PIMENTEL, R. M. et al. Ecologia de plantas forrageiras. **PUBVET**, v. 10, n. 9, p. 666-679, 2016

SILVA, J. W. L.; SILVA, T. G. F.; BARBOSA, M. L. Espécies *Caesalpinia pyramidalis* Tul. e *Prosopis juliflora* Sw (DC.) sob diferentes regimes hídricos: crescimento e ajuste de modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 6, p. 1692-1710, 2015.

SOUZA, L. S. B. et al. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 151-160, 2015.

TEI, F.; AIKMAN, D. P.; SCAIFE, F. Growth of lettuce, onion and red beet. 2 . Growth modelling. **Annals of Botany**, v. 78, n. 5, p. 645-652, 1996.

WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.

