



COINTER PDVAgro 2020

V CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 100% virtual | 02 a 05 de dezembro

ISSN:2526-7701 | PREFIXO DOI:10.31692/2526-7701

AJUSTE DE MODELOS NÃO-LINEARES AO PESO DE MATÉRIA SECA ACUMULADA DE SEMENTES DE MAXIXE (*CUCUMIS ANGURIA L.*)

AJUSTE DE MODELOS NO LINEALES AL PESO DE MATERIA SECA ACUMULADA DE MAXIXE SEMILLAS (*CUCUMIS ANGURIA L.*)

ADJUSTING NONLINEAR MODELS TO THE WEIGHT OF ACCUMULATED DRY MATTER FROM MAXIXE SEEDS (*CUCUMIS ANGURIA L.*)

Apresentação: Comunicação Oral

Lucas Silva do Amaral¹; Maria Marciele de Lima Silva²; Natália Moraes Cordeiro³; Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento⁴; Guilherme Rocha Moreira⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VCOINTERPDVAgro.0329>

RESUMO

O maxixe (*Cucumis anguria L.*) é uma hortalica de plantação anual, monoica, com hábitos de crescimento indeterminados e prostrados, como também é considerado como alimento rico em sais minerais e altamente energético. Dispondo de substâncias antioxidantes, suas propriedades medicinais são capazes de auxiliarem na cicatrização de ferimentos e reduzirem o colesterol, fazendo com que a depender de como utilizado, desperte o interesse nos produtores para sua exportação agroindustrial. Baseado em pesquisas voltadas ao acúmulo de matéria seca preponderantes na qualidade das sementes, percentual germinativo, teor de água, e emergência da plântula, o presente trabalho tem como objetivo determinar o ponto máximo de acúmulo e definir o modelo não-linear de melhor ajuste aos dados de matéria seca acumulada das sementes de maxixe, a fim de proporcionar ao agricultor maiores lucros em sua produção. Para isso, utilizou-se de dados de um experimento desenvolvido no período de dezembro de 2007 a março de 2008, em que as colheitas dos frutos foram realizadas nos respectivos períodos de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 dias após a antese. Posterior a verificação dos pressupostos residuais da normalidade por meio dos testes de Lillefors, Durbin-Watson e Breush-Pagan, aplicou-se os modelos não lineares sigmoidais de Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico, utilizando o Coeficiente de Determinação Ajustado (R_{aj}^2), Critério de Informação Bayesiano (BIC) e Quadrado Médio Residual (QMR) como critérios de ajuste de modelos. O melhor ajuste se deu pelo modelo de Von Bertalanffy, dado que o mesmo apresenta maior valor para R_{aj}^2 , e menores valores para BIC e para QMR. Dessa forma, conclui-se que as sementes coletadas entre o 35º e 40º dia após a antese apresentaram o ponto máximo de ganho de matéria seca acumulada, o que proporciona ao agricultor melhor semeadura e maiores lucros em sua

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, lucasihua@gmail.com

² Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, marciele.liima@gmail.com

³ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, natalia_mcordeiro@hotmail.com

⁴ Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, gabriela.isabel@ufrpe.br

⁵ Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, guirocham@gmail.com

AJUSTES DE MODELOS NÃO- LINEARES

produção.

Palavras-Chave: Maxixe, Massa seca, Modelos não-lineares.

RESUMEN

El pepinillo (*Cucumis anguria L.*) es una madreSelva de plantación anual, monoica, con hábitos de crecimiento indeterminados y postrados, además de ser considerado un alimento rico en sales minerales y altamente energético. Con sustancias antioxidantes, sus propiedades medicinales son capaces de ayudar en la cicatrización de heridas y reducir el colesterol, haciéndolo dependiente de cómo se use, despertando el interés de los productores por su exportación agroindustrial. Con base en investigaciones dirigidas a la acumulación de materia seca predominante en calidad de semilla, porcentaje de germinación, contenido de agua y emergencia de plántula, el presente trabajo tiene como objetivo determinar el punto máximo de acumulación y definir el modelo no lineal de mejor ajuste a acumuló datos de materia seca de semillas de pepinillo, con el fin de proporcionar al agricultor mayores ganancias en su producción. Para ello, se utilizaron datos de un experimento desarrollado desde diciembre de 2007 hasta marzo de 2008, en el cual las cosechas de frutos se realizaron en los respectivos períodos de 15, 20, 25, 30, 35 y 40 días posteriores a la antesis. Luego de verificar los supuestos normales de normalidad mediante las pruebas de Lillefors, Durbin-Watson y Breush-Pagan, se aplicaron los modelos no lineales de Gompertz, Von Bertalanffy y Logístico, utilizando el Coeficiente de Determinación Ajustado (R_{aj}^2), El Criterio de Información Bayesiano (BIC) y el Cuadrado Residual Promedio (CRP) como criterios de ajuste del modelo. El mejor ajuste lo dio el modelo de Von Bertalanffy, dado que tiene un valor más alto para R_{aj}^2 y valores más bajos para BIC y CRP. Así, se concluye que las semillas recolectadas entre el día 35 y 40 después de la antesis tuvieron el punto máximo de ganancia de materia seca acumulada, lo que proporciona al agricultor una mejor siembra y mayores ganancias en su producción.

Palabras Clave: Pepinillo, Masa seca, Modelos no lineales.

ABSTRACT

The gherkin (*Cucumis anguria L.*) is a honeysuckle of annual plantation, monoica, with indeterminate and prostrate growth habits, as well as being considered a food rich in mineral salts and highly energetic. With antioxidant substances, its medicinal properties are able to assist in the healing of wounds and reduce cholesterol, making it dependent on how it is used, arousing the interest of producers for their agroindustrial export. Based on research focused on the accumulation of dry matter that are predominant in seed quality, germination percentage, water content, and seedling emergence, the present work aims to determine the maximum accumulation point and define the non-linear model of best adjustment to accumulated dry matter data from gherkin seeds, in order to provide the farmer with greater profits in his production. For that, we used data from an experiment developed from December 2007 to March 2008, in which the fruit harvests were carried out in the respective periods of 15, 20, 25, 30, 35 and 40 days after anthesis. After verifying the normal assumptions of normality using the Lillefors, Durbin-Watson and Breush-Pagan tests, the Gompertz, Von Bertalanffy and Logistic non-linear models were applied, using the Adjusted Determination Coefficient (R_{aj}^2), Bayesian Information Criterion (BIC) and Residual Average Square (RAS) as model adjustment criteria. The best fit was given by the Von Bertalanffy model, given that it has a higher value for R_{aj}^2 , and lower values for BIC and RAS at the 5% significance level. Thus, it is concluded that the seeds collected between the 35th and 40th day after anthesis had the maximum point of accumulated dry matter gain, which provides the farmer with better sowing and greater profits in his production.

Keywords: Gherkin, Dry mass, Nonlinear models.

INTRODUÇÃO

O maxixe (*Cucumis anguria L.*), é uma planta rústica, rasteira ou trepadeira e cultivada habitualmente em pequena escala, possui frutos ovalados e de casca verde com pequenos espinhos não pontiagudos (SOUZA NETA *et al*, 2016).

Por ter crescimento indeterminado e frutificação contínua é comum que essa espécie apresente, a cada fruto, sementes de padrões variados, o que ocasiona dificuldades quanto à especificação de seu ponto de maturação fisiológica e momento ideal para colheita (SILVA *et al*, 2019).

Nesse sentido, Souza Neta *et al* (2016) afirma que a qualidade fisiológica de sua semente é determinada de acordo com o vigor das diferentes condições em que a mesma é exposta, podendo estar relacionada à velocidade de germinação, herança de características genéticas, modo de colheita ou ainda método de secagem.

No Brasil, alguns fatores negativos, como o aumento do custo de produção e utilizações de sementes locais, impedem que o produtor tenha domínio de sua massa seca, ainda que a produção de sementes de maxixe se expanda como quando comparada a de outras hortaliças (TEIXEIRA *et al*, 2012).

Para Gurgel *et al* (2010), a determinação de matéria seca acumulada das plantações é muito importante para recomendações precisas acerca dos aspectos significativos para cultivares, permitindo construir curvas e estimativas de crescimento de matéria seca total, levando em consideração que, conhecer o teor de matéria seca e os processos de secagem do alimento influi em sua conservação.

Eventualmente, encontra-se na literatura, algumas pesquisas que analisaram o acúmulo de matéria seca da planta via regressão não-linear, como Sorato (2017) que analisou esse aspecto em cultivares de feijão a partir do modelo logístico; Rodrigues *et al* (2011) em que usaram modelagem não linear para a estimativas do crescimento de matéria seca total na cultura do meloeiro irrigado; e Reis *et al* (2014), com o acúmulo de matéria seca de diferentes partes do alho.

Dessa forma, o objetivo da presente pesquisa foi definir o modelo não-linear com melhor ajuste aos dados de matéria seca acumulada das sementes de maxixe e ainda determinar o ponto de máximo acúmulo de sua matéria seca, a fim de proporcionar ao agricultor maiores lucros em sua produção.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Maxixe (*Cucumis anguria L.*) é uma hortaliça pertencente à família das cucurbitáceas. Inicialmente foi considerado nativo das Américas, porém originou-se na África, sendo considerado um mutante não-amargo da espécie selvagem africana *Cucumis longipes* Hook. No Brasil, foi provavelmente introduzido há cerca de 300 anos, por ocasião do tráfico de escravos africanos (MODOLO; COSTA, 2003). Entretanto, quando transportado para o país, seu

AJUSTES DE MODELOS NÃO- LINEARES

cultivo adaptou-se tranquilamente ao clima e apesar da escassez de informações técnicas sobre o manejo da cultura, o maxixe apresenta alto potencial produtivo, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste (ALVES *et al*, 2014).

Quanto a classificação, o maxixe pertence à família Cucurbitaceae onde há cerca de 30 espécies pertencentes a nove gêneros, muitas das quais são utilizadas como alimento. Dentre os gêneros, destacam-se Cucurbita e Cucumis, ambos polimórficos e amplamente cultivado nos países desenvolvidos. Atualmente, apenas três espécies do gênero Cucumis são cultivadas em grande escala. O pepino (*Cucumis sativus*) e o melão (*Cucumis melo*) apresentam grande valor comercial sendo ambos cosmopolitas. Já o maxixe (*Cucumis anguria*) é utilizado como alimento em menor escala em algumas regiões do Brasil, no oeste da Índia e no Caribe (MODOLO; COSTA, 2003).

Esta espécie tem plantação anual, monoica, hábitos de crescimento indeterminado e prostrado. Apresenta folhas lobuladas e seus frutos possuem alta variabilidade quanto seu ao formato, sabor amargo, e ausência ou presença de espículos. Por se adaptar à altas temperaturas e pluviosidade, seu cultivo é preminentemente subespontâneo, consorciado como cultura de subsistência (MODOLO, 2014).

Considerado como alimento flexível, ele também pode ser consumido *in natura*, cozido ou como picles. É uma fonte rica em sais minerais (zinco, cálcio, ferro, fósforo, magnésio e sódio), além de vitamina C e vitaminas do complexo B, tido também como um alimento altamente energético (SILVA *et al*, 2019).

Suas sementes e folhas possuem diversos compostos secundários e fenólicos, contendo grande nível de atividade antioxidante. Assim como outras hortaliças, o maxixe apresenta propriedades medicinais, como ação anti-hemorroidal, emoliente, laxativa, anti-helmíntica e antimética, auxilia na cicratização de ferimentos e na redução do colesterol (NUNES, 2011).

Conforme Silva *et al* (2020), seus frutos possuem pouca caloria, e se, ainda *in natura*, transformado em farinha as perdas pós colheita poderão ser reduzidas consideravelmente, ocasionando no aumento da diversidade de consumo desta hortaliça, sendo possível incorporá-la sobretudo aos produtos de panificação. Além de que, se aproveitado em conservas pode ser capaz de despertar o interesse para sua exportação agroindustrial.

Alguns de seus consumos geralmente apresentam cortes variados como, rodela (A), fatias (B) e picado (C) destacados na figura 1.

Figura 1: formas de corte do fruto maxixe.



Fonte: Adaptado de Silva *et al* (2020).

Graças ao seu baixo rendimento e por possuir grande variabilidade genética do material cultivado, sua colheita é considerada secundária, o que leva à não uniformidade na produção de frutas e, conseqüentemente, baixa qualidade fisiológica na produção de sementes (MEDEIROS *et al*, 2010; PAIVA *et al*, 2017).

Devido ao desenvolvimento da semente, naturalmente seguir o desenvolvimento do fruto, muitos fatores influenciam na determinação de sua maturidade, dentre eles, tamanho e mudança de coloração dos frutos e o teor de água presente, sendo que um dos maiores dificultadores é a desuniformidade na coloração dos frutos (MEDEIROS *et al*, 2010).

Assim, durante a verificação do acúmulo de matéria seca das sementes, processo de acúmulo de proteínas, açúcares, lipídios e outras substâncias essenciais ao desenvolvimento das sementes, é possível obter grandes informações acerca da sua maturidade e qualidade fisiológica, e ainda o ponto máximo desse acúmulo, isto é, o momento em que elas atingem o melhor desempenho (SEED NEWS, 2001; MIGUEL, 2017).

Coskun (2018) aponta que, muitos estudos examinam o aumento da matéria seca ao longo do tempo com observações uniformemente espaçadas para alcançar conclusões fisiológicas. As curvas de crescimento sigmoidais têm sido amplamente usadas para ajustar-se aos dados, pois além de representar fidedignamente o crescimento, as mesmas apresentam parâmetros com interpretação biológica.

Algumas pesquisas direcionadas à qualidade fisiológica do maxixe, verificaram o acúmulo de matéria seca, dentre outros fatores preponderantes na qualidade das sementes, como o percentual germinativo das sementes, teor de água, emergência da plântula e condutividade elétrica, porém não abordaram o ajuste de modelos não-lineares em suas análises (MEDEIROS *et al*, 2010; PAIVA *et al*, 2017; SILVA *et al*, 2019).

Modelos não-lineares, como o Logístico, de Gompertz, Richards, Weibull, Von Bertalanffy e outros, são de uso costumeiro em estudos de crescimento por geralmente fornecerem melhores ajustes se comparados aos modelos lineares como também terem a vantagem de fornecer melhores estimativas de parâmetros com interpretação biológica, nas

AJUSTES DE MODELOS NÃO- LINEARES

quais as mesmas são obtidas por meio de processos iterativos, em que se destaca o de Gauss Newton (MUIANGA *et al.*, 2016).

Ademais, as funções não-lineares normalmente se aplicam de diversas formas em estudos voltados a plantas e animais, com ajustes ponderados ou não ponderados, levando em consideração inúmeras variáveis, como idade, tempo, peso e volume (CARVALHO *et al.*, 2014).

METODOLOGIA

Caracterização do experimento

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio de propriedades quantitativas, utilizando-se de um banco de dados oriundo de um experimento realizado por Medeiros *et al* (2010), em um campo de produção de sementes, instalado na Horta Didática do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró - RN, no período de dezembro de 2007 a março de 2008, com sementes de maxixe, cultivar do Norte.

Durante o ciclo da cultura, as flores foram etiquetadas no dia de sua antese, ou seja, no dia em que ocorreu a maturação de cada uma, e as colheitas dos frutos foram realizadas nos respectivos períodos de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 dias após a antese (DAA) (Figura 2).

Figura 2: Maxixe nas diferentes colheitas nos respectivos DAA.



Fonte: Adaptado de Medeiros *et al* (2010).

Após a colheita, os frutos tiveram suas sementes extraídas, lavadas e submetidas à assepsia com solução de hipoclorito de sódio a 10% por dez minutos, e secadas à temperatura ambiente de laboratório por 48 horas. O peso da matéria seca, determinado em repetições de 30 sementes, com base no resultado final das sementes após secagem a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, geraram resultados expressos em g/30 sementes. Os dados de matéria seca acumulada

nos diferentes DAA estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Peso acumulado de Matéria Seca em g\30 sementes em DAA.

Dias após Antese	Pesos (g\30 sementes)
15	0,29
20	0,67
25	1,11
30	1,62
35	2,21
40	2,86

Fonte: Adaptado de Medeiros *et al* (2010).

Contudo, os modelos utilizados para o ajuste da massa de matéria seca das sementes de maxixe em relação ao tempo, são funções não-lineares sigmoidais, descritas por Gompertz (1), Von Bertalanffy (2), e Logístico (3):

$$Y = Ae^{-Be^{kt}} + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y = A(1 - Be^{-kt})^3 + \varepsilon \quad (2)$$

$$Y = \frac{A}{(1 + Be^{-kt})} + \varepsilon \quad (3)$$

Em que, Y é o peso predito pelos modelos em um determinado tempo; A é o parâmetro que significa o peso assintótico, ou seja, o peso a maturidade de matéria seca acumulada; B é o parâmetro do intercepto sem interpretação biológica, importante para o formato da curva; k é a taxa de maturidade de matéria seca acumulada das sementes de maxixe; t corresponde ao dias de pesagens pós antese; e ε é o erro associado ao experimento.

Verificação de pressupostos e Estimação dos parâmetros

A análise residual é extremamente importante para verificação das estimativas afim de evitar conclusões viesadas, daí faz-se necessária a verificação da homocedasticidade, independência e normalidade (PASTERNAK;SHALEV, 1994).

A homocedasticidade é um pressuposto no qual afirma que a diferença entre os resultados observados e os resultados preditos pelo modelo devem variar uniformemente. A independência dos resíduos pressupõe-se que não deve existir correlação entre os termos de erro e por fim a normalidade residual afirma que os resíduos devem seguir uma distribuição aproximadamente normal, sendo assim uma garantia que os resultados encontrados a partir do método de mínimos quadrados ordinários sejam não-viesados e eficientes (FIGUEIREDO FILHO *et al*, 2011).

AJUSTES DE MODELOS NÃO- LINEARES

Com isso, a verificação de pressupostos residuais da normalidade, independência e homocedasticidade, foi realizada, respectivamente, por meio dos testes de Lillefors, Durbin-Watson e Breush-Pagan.

Estimação dos parâmetros

Para a estimação dos parâmetros foi necessário um método numérico iterativo, visto que os parâmetros não conseguem ser estimados de maneira analítica.

O processo iterativo utilizado para estimação dos parâmetros, foi o método de Gauss-Newton realizado pelo procedimento (nls), ambos no Software livre R.

Críterios de Ajuste dos modelos

Após a estimação dos parâmetros para cada um dos modelos não lineares, é necessário que se avalie a qualidade do ajuste, na literatura especializada, a maioria das pesquisas realizadas que envolvem a comparação de modelos não lineares de curvas de crescimento utilizam-se apenas do coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), porém outros avaliadores estão sendo comumente usados, dentre eles destacam-se o Quadrado Médio Residual (QMR), Critério de informação Bayesiano (BIC), Percentual de Convergência (CG%), e Desvio Médio Absoluto (DMA) (REIS *et al*, 2014).

Neste trabalho, foram utilizados o Coeficiente de Determinação ajustado (R_{aj}^2) (4), o Critério de Informação Bayesiano (BIC) (5) e o Quadrado Médio Residual (QMR) (6), de forma que o modelo de melhor ajuste é aquele que apresenta o maior valor para o R_{aj}^2 , e menores valores para BIC e QMR (SANTOS *et al*, 2018).

$$R_{ajust.}^2 = R^2 - \frac{p-1}{n-p} (1 - R^2) \quad (4)$$

$$BIC = -2l(\hat{\theta}) + p \log(n) \quad (5)$$

$$QMR = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p} \quad (6)$$

Em que, $l(\hat{\theta})$ é a log-verossimilhança maximizada de θ ; \hat{y}_i é o número de casos esperados em um tempo t ; y_i é número de casos observados no mesmo tempo t ; n é o tamanho amostral; e p é o número de parâmetros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primordialmente, a partir dos pressupostos residuais, mediante os testes de Lillefors, Durbin-Watson e Breush-Pagan foi possível determinar se houve alguma violação (Tabela 2).

Tabela 2: Testes de normalidade, independência e homocedasticidade dos resíduos dos modelos.

Modelos	Testes		
	Lillefors (p-valor)	Durbin-Watson (p-valor)	Breusch-Pagan (p-valor)
Von Bertallanfy	0,2069(0,582)	2,017(0,509)	0,752(0,386)
Gomperz	0,21396(0,528)	1,9378(0,466)	1,7202(0,190)
Logístico	0,20394 (0,605)	1,7685(0,377)	3,4026(0,065)

Fonte: Própria (2020)

De acordo com os dados descritos na Tabela 2, os p-valores apresentaram resultados maiores que 0,05, dessa forma pode-se afirmar que o comportamento dos resíduos não infringiu os pressupostos verificados (Amaral *et al*, 2020).

O parâmetro A que corresponde ao peso acumulado assintótico de matéria seca das sementes do maxixe em relação ao tempo, ou seja, o máximo de peso acumulado livre de variações sazonais. Nas estimações deste parâmetro nota-se que o maior valor estimado foi obtido pelo modelo de Von Bertallanfy (11,51 g), seguido pelo modelo de Gompertz (6,57 g) e por fim o Modelo Logístico estimou um valor de (4,00 g).

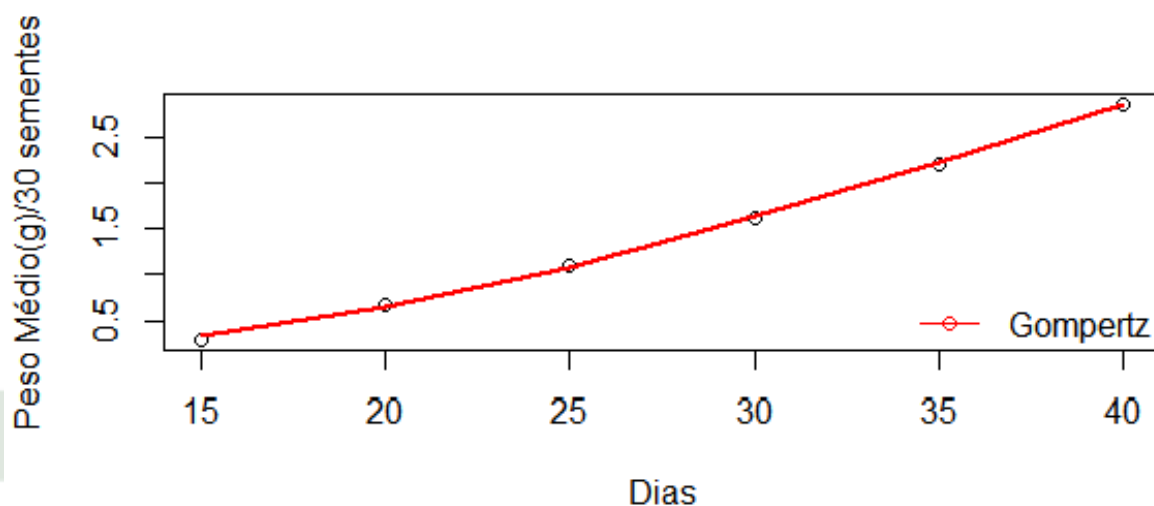
Além deste, k é outro parâmetro de grande importância para a avaliação biológica, o qual corresponde a taxa de crescimento do acúmulo de matéria seca, seus valores estimados para os modelos de Von Bertallanfy, Gompertz, e Logístico foram de 0,03; 0,05; e 0,13, respectivamente.

Percebe-se uma inversão na ordem dos valores se comparados à estimacão do parâmetro A, isto é, quanto menor a taxa de crescimento, maior o peso assintótico, e quanto maior a taxa de crescimento, menor será o peso em um período de longa duracão, sendo esta, apontada na literatura, como a relacão biológica de maior relevância no estudo dos parâmetros (MCMANUS *et al*, 2003; TEXEIRA NETO *et al*, 2016).

Quanto aos valores apresentados pelos critérios, nota-se que o melhor ajuste é dado pelo modelo de Von Bertallanfy, pois o mesmo apresenta, dentre os demais modelos, o maior valor de R_{aj}^2 , apesar de os modelos terem bons ajustes (Figuras 3, Figura 4 e Figura 5), além disso, o modelo de Von Bertallanfy também apresentou menores valores para BIC e para QMR (Tabela 3).

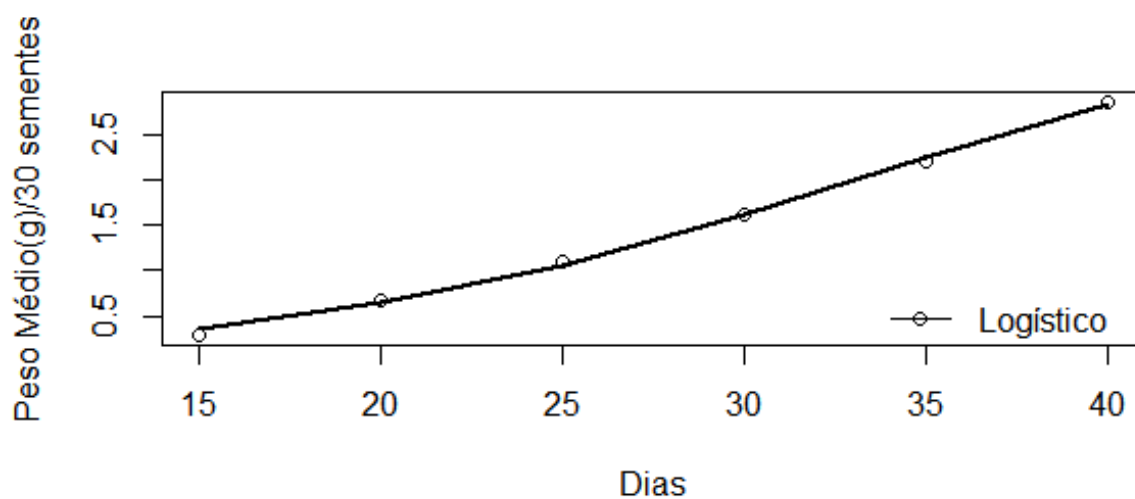
Figura 3: Ajuste do modelo Gompertz aos pesos em g\30 de sementes de matéria seca acumulada durante a colheita dos DAA.

AJUSTES DE MODELOS NÃO- LINEARES



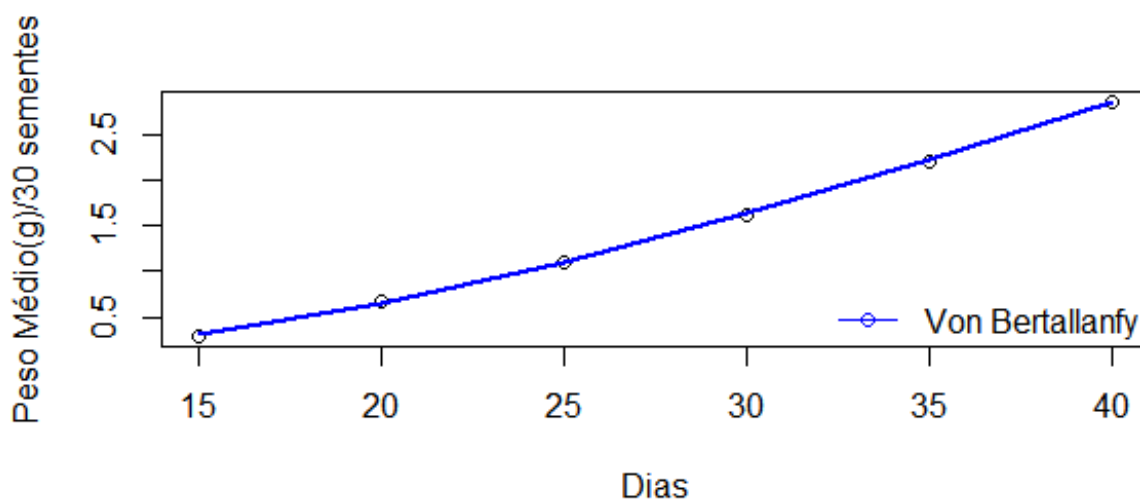
Fonte: Própria (2020).

Figura 4: Ajuste do modelo Logístico aos pesos em g\30 de sementes de matéria seca acumulada durante a colheita dos DAA.



Fonte: Própria (2020).

Figura 5: Ajuste do modelo Von Bertalanfy aos pesos em g\30 de sementes de matéria seca acumulada durante a colheita dos DAA.



Fonte: Própria (2020).

Não obstante, na tabela 3 estão presentes as estimações dos parâmetros A, B e k, nas quais todos obtiveram valores significativos a um nível de significância de 5%. Esta constatação, segundo Santiago *et al* (2020), permite afirmar que os modelos ajustados podem ser utilizados para realizar estimativas.

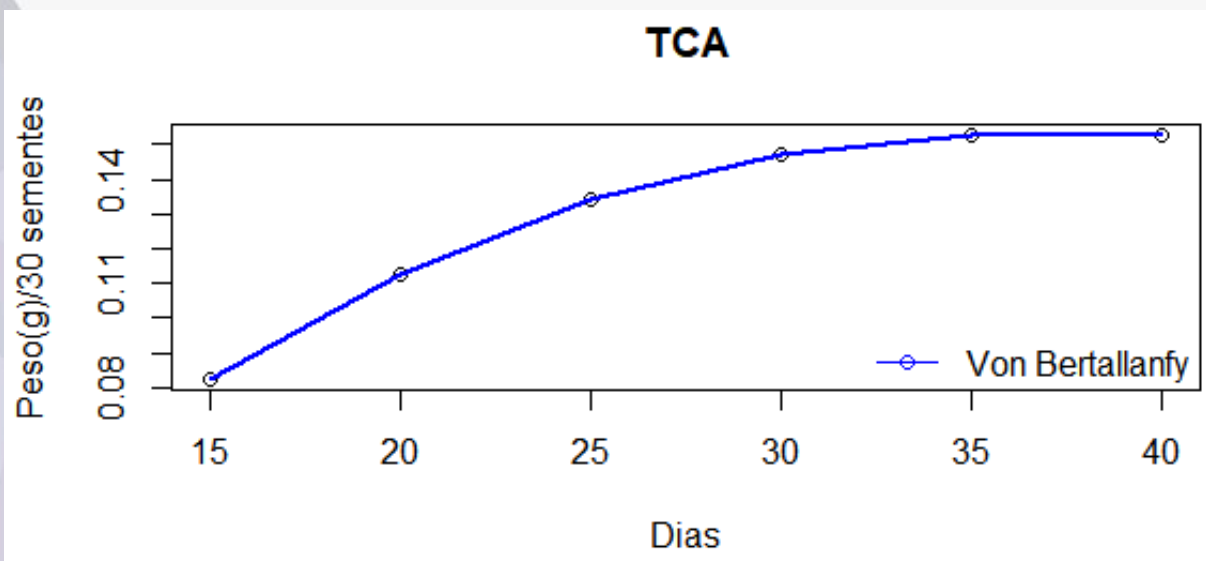
Tabela 3: Estimação dos parâmetros e critérios de ajuste dos modelos não-lineares.

Modelos	Parâmetros			Critérios		
	A	B	k	R_{aj}^2	BIC	QMR
Von Bertallanfy	11,51	1.01	0,03	0,9996	-25,88	0,0004
Gompertz	6,57	6,45	0,05	0,9991	-20,67	0,001
Logístico	4,00	66,96	0,13	0,9969	-13,31	0,004

Fonte: Própria (2020).

Dado que os critérios de ajustes apontaram o modelo de Von Bertallanffy como aquele que obteve o melhor ajuste, foi verificado a Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), que é extraída a partir da primeira derivada da referida função de crescimento em relação ao tempo. Essa taxa permite a análise do crescimento médio em gramas por dia de matéria seca, assim como possibilita verificar o ponto em que a matéria seca atinge o ganho máximo (ponto de inflexão), no qual é possível notar o desaceleramento do ganho de matéria seca (Muniz *et al*, 2011) (Figura 6).

Figura 6: Taxa de crescimento de absoluto(TCA) de matéria seca das sementes de maxixe, utilizando o modelo de Von Bertallanfy.



Fonte: Própria, 2020.

AJUSTES DE MODELOS NÃO- LINEARES

Por conseguinte, ao analisar a TCA, verificou-se que o ganho de matéria seca das sementes é alcançado nas colheitas que ocorreram entre 35° e 40° DAA, o que corrobora com o que afirma Medeiros *et al* (2010), sendo este o período recomendável para a colheita e seleção das sementes de maxixe.

CONCLUSÕES

Dentre os modelos não-lineares analisados, os critérios apontam que o modelo de Von Bertalanffy apresentou melhor ajuste, apresentando o maior valor de R_{aj}^2 , e menores valores de *BIC* e *QMR*.

Posteriormente, tomado o respectivo modelo a partir da derivada de primeira ordem em relação ao tempo a partir da obtenção da TCA, as sementes coletadas entre o 35° e 40° DAA apresentaram o ponto máximo de ganho de matéria seca acumulada.

A seleção dessas sementes previstas pela modelagem não-linear como a de maior potencial fisiológico, podem proporcionar ao agricultor melhor semeadura, e subsequentemente uma produção mais lucrativa. Futuros estudos com modelos não-lineares podem ser realizados para verificar a taxa de germinação acumulada, outro impactante fator na qualidade das sementes.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. Z. *et al.* **Efeito do estresse hídrico e salino na germinação e vigor de sementes de maxixe.** Interciencia, v. 39, n. 5, p. 333, 2014.

AMARAL, L. S. *et al.* **Interiorização do Covid-19: Uma análise da evolução dos casos/10 mil habitantes em municípios da Microrregião de Garanhuns no Estado de Pernambuco, através de modelos de Regressão não linear.** Research, Society and Development, v. 9, n. 9, p. e293996582-e293996582, 2020.

CARVALHO, L. R. *et al.* **Ajustes de modelos não lineares de efeitos fixos, com ponderação e misto-aplicações.** Revista Brasileira de Biometria, p. 296-307, 2014.

COSKUN, Y. **Evaluation of different sigmoidal growth models and climate parameters for dry matter accumulation of oat.** Genetika, 50(3), 1045-1054, 2018.

FIGUEIREDO FILHO, D. *et al.* **O que fazer e o que não fazer com a regressão: pressupostos e aplicações do modelo linear de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).** Revista Política Hoje, v. 20, n. 1, 2011.

GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. **Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio.** Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010.

MCMANUS, C. *et al.* **Curvas de crescimento de ovinos Bergamácia criados no Distrito Federal.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, p.1207- 1212, 2003.

MEDEIROS, M. A. D. *et al.* **Maturação fisiológica de sementes de maxixe (Cucumis anguria L.).** Revista Brasileira de Sementes, v. 32 n.3, 17-24, 2010.

MIGUEL, J. A. D. C. **Variabilidade para o momento de máximo acúmulo de matéria seca de grãos entre linhagens de feijoeiro do tipo carioca.** Dissertação de mestrado (Pós Graduação em Genética e melhoramento de plantas) –Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais. 2017.

MODOLO, V. A. Tecnologia de produção de maxixe paulista (Cucumis anguria L.). **Doutorado.** Universidade de São Paulo. 2014.

MODOLO, V. A.; COSTA, C.P. **Maxixe: uma hortaliça de tripla forma de consumo.** Série Produtor Rural, nº 19 – 2003. Disponível em: <file:///D:/Downloads/SPR19.pdf>. Acesso em: Setembro de 2020.

MUIANGA, C. A. *et al.* **Descrição da curva de crescimento de frutos do cajueiro por modelos não lineares.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 38, n. 1, p. 22-32, 2016.

MUNIZ, L. M. S *et al.* **Modelos não Lineares alternativos para descrever o crescimento de Caprinos da raça Mambrina.** PUBVET, v. 5, p. Art. 1231-1237, 2011.

NUNES, R. G. F. L. *et al.* **Elaboração e avaliação química, biológica e sensorial de conserva de maxixe (Cucumis anguria L.).** Acta Tecnológica, v. 6, n. 1, p. 123-136, 2011.

PAIVA, E. P. D. *et al.* **Teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade de sementes de maxixe.** Revista Ciência Agronômica, v. 48, n.1, p. 118-124. 2017.

PASTERNAK, H., & SHALEV, B. A. **The effect of a feature of regression disturbance on the efficiency of fitting growth curves.** Growth, development, and aging: GDA, v.58, n.1, p.33-39.1994.

REIS, R. M. *et al.* **Modelos de regressão não linear aplicados a grupos de acessos de alho.** Horticultura Brasileira, v. 32, n. 2, p.178-183. 2014.

RODRIGUES, K. K. R. P.; MAIA, C. E.; LACERDA, V. S. **Comparação de modelos de crescimento para o meloeiro irrigado.** In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 21, 2011. Anais... ABID, 2011.

SANTOS, A.L.P. *et al.* **Generation of models from existing models composition: An application to avgrarian sciences.** PloS one, v. 14, n. 12, p. e0214778. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214778>. 2018.

SANTIAGO, E. J. P. *et al.* **Non-linear models applicable to mortality and cases of COVID-19 in Brazil, Italy and the world.** Research, Society and Development, v.9, n.6, 117963561. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3561>. 2020.

SEED NEWS. **Maturação de Sementes.** Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/2179-maturacao-de-sementes-edicao-novembro-2001>. 2001. Acesso em: Setembro de 2020.

SILVA, A. P. F. *et al.* **Obtenção de farinha do fruto do maxixe (*Cucumis anguria L.*) por diferentes métodos de secagem.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 50983-51000, 2020.

SILVA, C. D. D. *et al.* **Estádio de maturação do fruto na qualidade fisiológica de sementes de maxixe.** Pesquisa Agropecuária Tropical, 49. 2019.

SILVA, E. C. s. *et al.* **Repouso de frutos e qualidade de sementes de maxixe.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) –Instituto Federal de Goiás. Goiás. 2019.

SORATO, A. M. D. C. **Ajuste de modelo logístico ao acúmulo de massa seca de cultivares de feijoeiro via regressão isotônica.** 2017. Tese de Doutorado (Pós Graduação em Estatística e experimentação Agrícola) –Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais. 2016.

SOUZA NETA, M. L. *et al.* **Ação do bioestimulante na cultura do maxixeiro (*Cucumis anguria L.*) sob condições de estresse salino.** Dissertação de mestrado(Pós Graduação em Fitotecnia) –Universidade Federal Rural do Semi-árido Campus Mossoró. Rio Grande do Norte. 2016.

TEIXEIRA NETO, M. R. *et al.* **Descrição do crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelos não-lineares selecionados por análise multivariada.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.17, n.1, p. 26-36. 2016.

TEIXEIRA, F. J. V. *et al.* **Condicionamento osmótico em sementes de maxixe (*Cucumis anguria L.*).** Agropecuária científica no semiárido, v. 7, n. 4, 2012.