

## Ácido giberélico no crescimento inicial de plantas de pinhão manso

### Giberelic acid in initial growth of jatropha plants

DOI:10.34117/bjdv7n3-533

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 20/03/2021

#### **Valfredo da Silva Pereira**

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Endereço: Rua Rui Barbosa, 710, Centro, Cruz das Almas - BA, Brasil

E-mail: valfredopereira@ufrb.edu.br

#### **Clovis Pereira Peixoto**

Doutor em Agronomia pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Endereço: Rua Rui Barbosa, 710, Centro, Cruz das Almas - BA, Brasil

E-mail: cppeixot@ufrb.edu.br

#### **Ademir Trindade Almeida**

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Endereço: Rua Rui Barbosa, 710, Centro, Cruz das Almas - BA, Brasil

E-mail: ademirtrindade777@gmail.com

#### **Elvis Lima Vieira**

Doutor em Agronomia pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Endereço: Rua Rui Barbosa, 710, Centro, Cruz das Almas - BA, Brasil

E-mail: elvieira@ufrb.edu.br

#### **Ellen Rayssa Oliveira**

Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Endereço: Rua Rui Barbosa, 710, Centro, Cruz das Almas - BA, Brasil

E-mail: ellen.rayoli@gmail.com

#### **Denio de Oliveira**

Mestre em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IF BAIANO)

Endereço: Rua Luíz Viana, 92, Catu - BA, Brasil

E-mail: oliveiradenio@gmail.com

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar a ação do GA3 no crescimento inicial de plantas de pinhão manso, via pré-embebição de sementes e em pulverizações foliares. O delineamento experimental utilizado no primeiro experimento foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (concentrações de GA3) e quatro repetições. No segundo ensaio o delineamento foi em

blocos casualizados em esquema fatorial  $6 \times 6$  (seis concentrações de GA3  $\times$  seis avaliações no tempo) com quatro repetições. As sementes foram pré-embebidas por oito horas, submetidas aos seguintes tratamentos: controle em água destilada (0,0) e as concentrações de giberelina líquida 0,8; 1,6; 2,4; 3,2 e 4,0 mL do produto L-1 de solução, as quais correspondem a 32,0; 64,0; 96,0; 128,0 e 160 mg de GA3 L-1 de solução, respectivamente. Após isso, as sementes foram semeadas em sacos de polietileno preto, previamente preenchidos com substratos distintos para cada experimento, os quais foram mantidos em casa de vegetação a temperatura ambiente para germinação das sementes. No primeiro experimento, além dos tratamentos com as sementes foram realizadas pulverizações das plantas de pinhão manso, com as mesmas concentrações de GA3 utilizadas na embebição das sementes. Aos 40 dias após a semeadura foram avaliadas as características agrônômicas em cinco plantas uniformes. No segundo experimento, as plantas foram avaliadas em seis fases de crescimento: 21, 31, 41, 51, 61 e 71 dias após a semeadura. De posse dos dados de massa da matéria seca total da planta e da área foliar foi possível calcular os índices fisiológicos taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de regressão, as quais foram ajustados a equações de regressão polinomial. O GA3 favorece a obtenção de plantas de pinhão manso mais altas, com maior número de folhas, menor diâmetro do caule, menor acúmulo de massa de matéria seca de raízes e folhas, além de antecipar as máximas taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida, acelerando o crescimento e desenvolvimento de mudas de pinhão manso.

**Palavras-chave:** *Jatropha curcas* L., giberelina, GA3, desenvolvimento.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the GA3 action on initial growth of jatropha plants, by pre-imbibing seeds and leaf sprays. The experimental design used in the first experiment was completely randomized, with six treatments (concentrations of GA3) and four replicates. In the second trial the design was randomized blocks in a  $6 \times 6$  factorial scheme (six concentrations of GA3  $\times$  six time evaluations) with four replications. The seeds were pre-soaked for eight hours and the following treatments were used: control in distilled water (0,0) and concentrations of liquid gibberellin 0.8, 1.6, 2.4, 3.2 and 4.0 mL product L-1 of solution, which correspond to 32.0; 64.0; 96.0; 128.0 and 160 mg GA3 L-1 of solution, respectively. After that the seeds were sown in black polyethylene bags, previously filled with different substrates for each experiment, which were kept in a greenhouse at room temperature for seed germination. In the first experiment, in addition to the treatments with the seeds sprays of the jatropha plants were carried out, with the same concentrations of GA3 used in the imbibition of the seeds. At 40 days after sowing the agronomic characteristics of five uniform plants were evaluated. In the second experiment, the plants were evaluated in six stages of growth: 21, 31, 41, 51, 61 and 71 days after sowing. With the data of mass of the total dry matter of the plant and the leaf area it was possible to calculate the physiological indexes relative growth rate and net assimilation rate. The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the regression test, which were adjusted to polynomial regression equations. GA3 favors obtaining higher jatropha plants with more height, higher leaf number, lower stem diameter, lower mass accumulation of root and leaf dry matter, as well as to anticipate the relative growth rate and net assimilation rate maximum, accelerating the growth and development of jatropha saplings.

**Keywords:** *Jatropha curcas* L., gibberellin, GA<sub>3</sub>, liquid gibberellin, development.

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por novas alternativas de recursos energéticos, oriundas de métodos não poluentes em substituição à exploração do petróleo, está cada vez mais em evidência na tentativa de diminuir a poluição do meio ambiente. Os recursos renováveis parecem ser a melhor saída para essa problemática, uma vez que muitas espécies apresentam características favoráveis para produção de óleo biocombustível (DRUMOND et al., 2016).

Dentre as espécies promissoras está o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), a qual tem despertado o interesse de pesquisadores, sobretudo no que se refere aos aspectos genéticos, agrônômicos e fisiológicos, com o objetivo de torná-la uma cultura competitiva e economicamente viável para os produtores (FRANCIS et al., 2013). A planta apresenta característica arbustiva, perene, de crescimento rápido e potencial capacidade de produzir grãos, de onde pode ser extraído óleo com características propícias para produção de biodiesel (LAVIOLA et al., 2014; VIRGENS et al., 2017).

A propagação do pinhão manso pode ser realizada via sexuada ou assexuada, no entanto, para a produção de mudas, o sistema mais recomendado é por meio de sementes, o que confere maior resistência à planta, com raízes mais vigorosas, uma vez que é essencial o uso de mudas para plantio em boas condições morfofisiológicas e de qualidade assegurada (ARRUDA et al., 2004; COROMOTO et al., 2010; PAULINO et al., 2011).

As culturas podem passar por alterações no seu crescimento e desenvolvimento, com reflexos na produção, influenciadas pela ação do balanço hormonal endógeno das plantas (ALMEIDA e VIEIRA, 2009). Pesquisas sobre a aplicação exógena de fitoreguladores ou biorreguladores vegetais de crescimento via pré-embebição de sementes ou por meio de pulverização das plantas, podem auxiliar no processo de produção de mudas de várias espécies por esses produtos apresentarem ações similares aos fitohormônios de produção endógena (CASTRO e VIEIRA, 2001).

Os efeitos da giberelina podem ser observados no crescimento e desenvolvimento de mudas, em especial no alongamento caulinar, expansão da área foliar e consequente acúmulo de massa da matéria seca (STEFANINI et al., 2002). Desempenho parecido pode ser alcançado com a aplicação exógena da giberelina líquida (GA<sub>3</sub>), uma vez que, nesse caso, pode ocorrer um excesso no alongamento do caule e consequente diminuição do diâmetro (WAGNER JÚNIOR et al., 2008).

A quantificação do incremento da massa da matéria seca e da área foliar, em função do tempo, são pré-requisitos utilizados para estimar alguns índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho entre cultivares ou diferentes materiais da mesma espécie e das comunidades vegetais, nos diversos estudos ecofisiológicos (LIMA et al., 2007). Os índices fisiológicos fornecem subsídios para o entendimento das adaptações experimentadas pelas plantas sob diferentes condições do meio, tais como: luz, temperatura, umidade e fertilidade do solo (PEIXOTO et al., 2012). Esses índices podem ser utilizados como ferramentas adicionais no acompanhamento do crescimento vegetal (SOUZA et al., 2013).

Para o plantio definitivo no campo, é necessário que a muda apresente condições morfofisiológicas adequadas para enfrentar as adversidades edafoclimáticas, o que pode ser consolidado por meio do uso de reguladores de crescimento, os quais possibilitam a formação de mudas de boa qualidade em menor espaço de tempo. Assim, objetivou-se avaliar a ação do GA<sub>3</sub> no crescimento inicial de plantas de pinhão manso, via pré-embebição de sementes e em pulverizações foliares.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação do campus do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas, Bahia.

Foram utilizadas sementes de pinhão manso obtidas na Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S.A. (EBDA), município de Alagoinhas-BA. O regulador vegetal utilizado no tratamento das sementes e nas pulverizações foi a giberelina líquida (GA<sub>3</sub>), composta de 4% de GA<sub>3</sub> e 96% de ingredientes inertes.

As sementes passaram por uma assepsia, imersas em solução de hipoclorito de sódio a 2,0%, por dois minutos e posteriormente lavadas em água corrente. Em seguida as sementes foram embebidas por oito horas, submetidas aos seguintes tratamentos: controle em água destilada (0,0) e as concentrações de giberelina líquida (0,8; 1,6; 2,4; 3,2 e 4,0 mL do produto L<sup>-1</sup> de solução). Na Tabela 1 é possível observar a quantidade de ácido giberélico (mg L<sup>-1</sup>) presente nas soluções utilizadas (tratamentos).

**Tabela 1.** Soluções (tratamentos) de giberelina líquida ( $\text{mL L}^{-1}$  de solução) e suas respectivas concentrações de ácido giberélico ( $\text{mg L}^{-1}$ ) utilizadas e controle. Cruz das Almas, BA, 2021.

Tratamentos	Giberelina Líquida com 4% de $\text{GA}_3$	Concentrações de $\text{GA}_3$
	$\text{mL L}^{-1}$	$\text{mg L}^{-1}$
T1	Controle (água destilada)	0
T2	0,8	32
T3	1,6	64
T4	2,4	96
T5	3,2	128
T6	4,0	160

No primeiro momento, foram semeadas três sementes em sacos de polietileno preto, com capacidade de um quilo, previamente preenchidos com areia lavada. Os sacos foram mantidos em casa de vegetação a temperatura ambiente para germinação das sementes. As irrigações foram realizadas diariamente nos períodos da manhã e da tarde para manutenção da umidade em torno de 60%.

Aos quatorze dias após a semeadura (14 DAS), foi efetuado o desbaste deixando-se apenas uma planta por saco. Foram realizadas cinco pulverizações consecutivas diariamente. A primeira foi realizada aos 21 dias após a semeadura (21 DAS), sempre pela parte da manhã, com as mesmas concentrações de  $\text{GA}_3$  utilizadas na embebição das sementes.

De cada tratamento e repetição foram avaliadas cinco plantas aleatórias, excluindo-se as da bordadura, observando-se as características: altura de planta (cm), medida com auxílio de uma régua graduada em milímetros; o diâmetro do caule (mm), medido com o auxílio de um paquímetro e o número de folhas fotossinteticamente ativas contadas numericamente. A massa seca total das plantas (MST) (g) e de suas diversas frações (raízes, caules e folhas) foi obtida após as plantas permanecerem em estufa de ventilação forçada, na temperatura de  $65 \pm 5^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante. A área foliar ( $\text{dm}^2$ ) foi determinada com uso de um extrator de área conhecida (1,1 centímetros de diâmetro), em que foram extraídos 10 discos foliares para posterior relação entre a massa da matéria seca total da folha e dos discos foliares. Essas avaliações foram realizadas aos 40 dias após a semeadura (DAS).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos (concentrações de  $\text{GA}_3$ ) e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, foi utilizada a análise de regressão para avaliação das características estudadas, as quais foram ajustados a equações de regressão

polinomial. Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

Paralelo a esse trabalho foi desenvolvido outro experimento para a avaliação dos índices fisiológicos. Os procedimentos de semeadura e desbaste foram os mesmos empregados no primeiro ensaio, porém os sacos utilizados no segundo experimento tinham capacidade de dois quilos, previamente preenchidos com um substrato contendo duas partes de esterco bovino, uma parte de areia lavada e uma parte de terra vermelha (barro), que foram previamente misturados homogeneamente. Nesse experimento, os tratamentos foram realizados somente nas sementes por meio de embebição nas concentrações de GA<sub>3</sub> já apresentadas neste estudo, de forma que não houve tratamento das mudas com pulverizações. As plantas foram avaliadas em seis fases de desenvolvimento: 21, 31, 41, 51, 61 e 71 DAS, com amostragens de cinco plantas para cada tratamento e repetição.

Em cada fase de desenvolvimento foram avaliadas as características: massa da matéria seca total das plantas (g), obtida por meio de suas frações (folhas, hastes e raízes), após permanecer em estufa de ventilação forçada na temperatura de  $65 \pm 5^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante e a área foliar (AF), determinada por meio da relação entre a massa da matéria seca total das folhas e a massa da matéria seca de dez discos foliares, coletados com o auxílio de um perfurador de área conhecida (CRUZ et al., 2011; PEIXOTO, 2020).

De posse dos dados de massa da matéria seca e da área foliar em intervalos regulares de tempo, foi possível calcular os índices fisiológicos taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL) (PEIXOTO, 2020; CRUZ et al., 2011 e SOUZA et al., 2013), utilizando-se as seguintes fórmulas matemáticas:  $\text{TCR} = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1) = \text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ; e Taxa Assimilatória Líquida:  $\text{TAL} = [(W_2 - W_1) \times (\ln L_2 - \ln L_1)] / [(L_2 - L_1) \times (T_2 - T_1)] = \text{g cm}^2 \text{ dia}^{-1}$ ; em que, W = massa da matéria seca nos respectivos tempos de avaliação; L = área foliar e T = tempo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial  $6 \times 6$  (seis concentrações de GA<sub>3</sub>  $\times$  seis avaliações no tempo) com quatro repetições. Os índices fisiológicos foram apresentados sem serem submetidos à ANAVA por não obedecerem às pressuposições da análise de variância (BANZATTO e KRONKA, 2008), optando-se ajustá-los por meio de funções polinomiais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fonte de variação devido a tratamentos apresentou efeito significativo pelo teste F da ANAVA ( $p < 0,05$ ), para as características altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e massa da matéria seca de raiz (MSR), conforme pode ser observada na Tabela 2. Foi verificado efeito significativo também para a característica massa da matéria seca de folhas (MSF) (Tabela 3).

**Tabela 2.** Quadrados médios da análise de variância, média e coeficiente de variação das características altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa seca de raiz (MSR) e massa seca do caule (MSC), em resposta a tratamentos com água destilada e diferentes concentrações de giberelina líquida ( $GA_3$ ). Cruz das Almas, BA, 2021.

FV	GL	QM				
		AP	DC	NF	MSR	MSC
TRAT.	5	23,941667**	0,022987**	0,998667*	0,004373**	0,437037 <sup>ns</sup>
ERRO	18	0,935878	0,002889	0,255556	0,001015	0,245761
MÉDIA		16,60	0,76	5,22	0,26	2,66
CV(%)		5,83	7,04	9,69	12,06	18,67

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Quadrados médios da análise de variância, média e coeficiente de variação das características altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa seca de raiz (MSR) e massa seca do caule (MSC), em resposta a tratamentos com água destilada e diferentes concentrações de giberelina líquida ( $GA_3$ ). Cruz das Almas, BA, 2021.

FV	GL	QM		
		MSF	AF	MST
TRAT.	5	0,013902*	1,085000 <sup>ns</sup>	0,590499 <sup>ns</sup>
ERRO	18	0,004185	0,672886	0,285397
MÉDIA		0,62	7,99	3,54
CV(%)		10,36	10,26	15,08

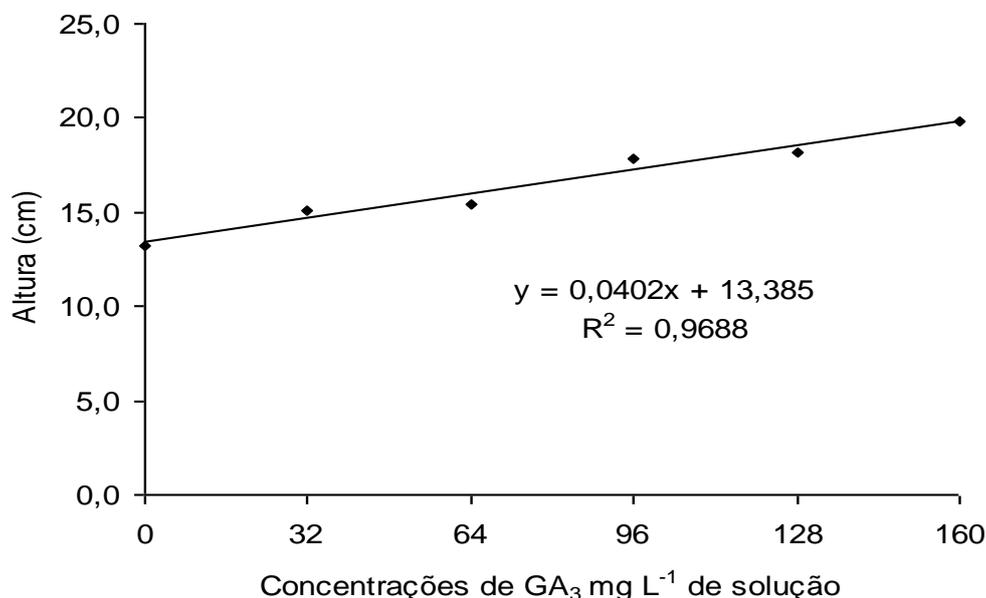
\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

A forma como é instalado e desenvolvido o experimento, assim como é realizada a coleta de dados vão refletir, dentre outros fatores, na precisão dos resultados encontrados. Isso pode ser verificado mediante os valores do coeficiente de variação (CV) e, conforme pode ser observado nas Tabelas 2 e 3, esses valores apresentam-se numa faixa considerada aceitável, uma vez que quanto menores forem os CV mais confiáveis são os resultados adquiridos. Para as características estudadas neste trabalho, os valores encontrados estão menores que os observados por outros autores que também trabalharam com pinhão manso, avaliando características como altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e massa da matéria seca das plantas e de suas frações (NERY et al., 2009; COROMOTO et al., 2010; DALRI et al., 2012).

Os resultados referentes à altura de plantas (AP) estão apresentados na Figura 1. É possível observar que os dados se ajustaram ao modelo linear ( $\hat{y} = 0,0402x + 13,385$ ), apresentando aumento constante à medida que foi elevada a concentração de GA<sub>3</sub> nas soluções utilizadas na embebição das sementes e posteriores pulverizações das mudas. Nota-se que houve um aumento de 13,39 cm para 19,82 cm entre o tratamento testemunha (água destilada) e a maior concentração de GA<sub>3</sub> utilizada na solução (160 mg L<sup>-1</sup>) respectivamente, o que resulta em um aumento de aproximadamente 32%. Isso indica que o GA<sub>3</sub> promoveu um efeito positivo na altura de plantas de pinhão manso e pode ser um produto eficiente na produção de mudas da espécie em um menor espaço de tempo.

Os resultados verificados nesta pesquisa revelam que a ação do regulador vegetal foi eficiente no crescimento das mudas de pinhão manso, avaliadas aos 40 dias após a semeadura (DAS). Isso pode ser constatado ao se observar os resultados de AP verificados por Dalri et al. (2012), quando avaliaram a produção de mudas de pinhão manso em diferentes recipientes, os quais encontraram valores abaixo dos observados nesta pesquisa, referente aos tratamentos em que foi utilizado o GA<sub>3</sub>, cuja avaliações foram realizadas no mesmo período em ambos estudos.

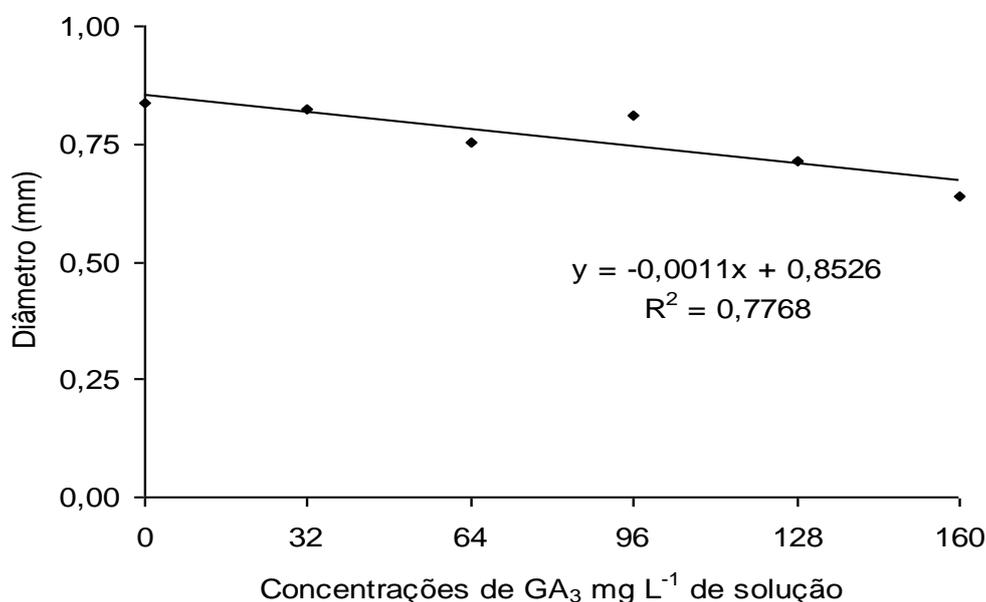
**Figura 1.** Altura de plantas (AP) de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2021.



A variação do diâmetro do caule (DC) pode ser observada na Figura 2. O modelo matemático que melhor explicou a variação dos dados de DC também foi o linear ( $\hat{y} = -$

0,0011x + 0,8526). No entanto, diferente do que ocorreu na AP (Figura 1), o DC apresentou uma tendência decrescente à medida que se aumentou a concentração do GA<sub>3</sub> nas soluções utilizadas como tratamento na embebição de sementes e pulverização das plantas de pinhão manso. O uso da maior concentração de GA<sub>3</sub> neste estudo (160 mg L<sup>-1</sup>) resultou em um DC de 0,67 mm, enquanto que o tratamento com água destilada proporcionou um DC de 0,85 mm. Essa variação detectada entre os tratamentos supracitados expressa uma diminuição de 21% e demonstra que o uso do GA<sub>3</sub> não promoveu ação favorável ao aumento do DC das plântulas de pinhão manso.

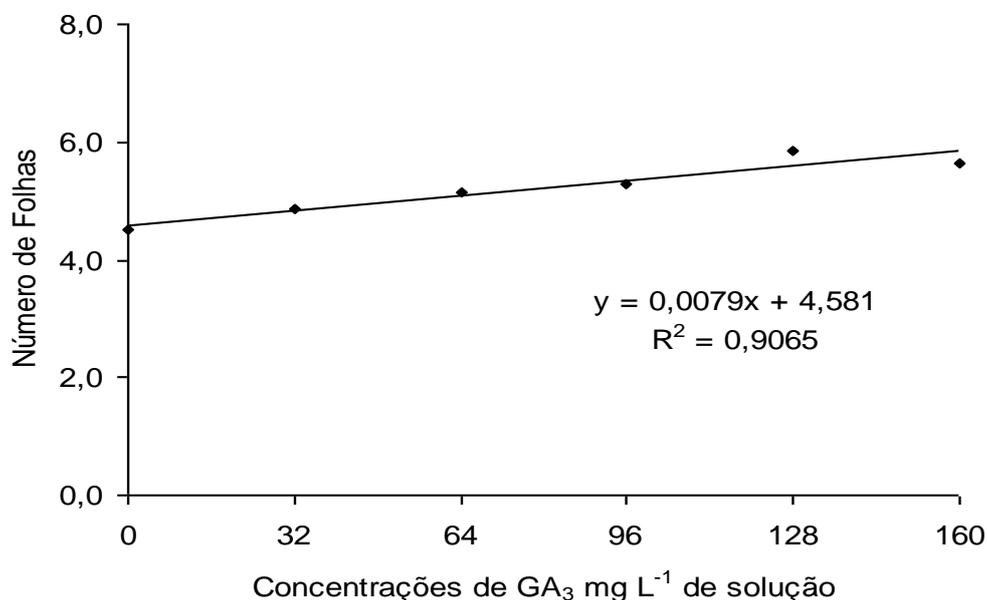
**Figura 2.** Diâmetro do caule (DC) de plantas de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2021.



Esse efeito depressivo do DC em resposta ao uso do GA<sub>3</sub> pode ser considerado como um resultado esperado, uma vez que esse regulador vegetal, ao promover o maior alongamento do caule e conseqüente aumento da altura da planta (STEFANINI et al., 2002), pode provocar um efeito contrário em relação ao diâmetro caulinar, resultando em sua diminuição em função do tratamento exógeno com o regulador vegetal. Ao avaliar a ação do GA<sub>3</sub> em mudas de pessegueiro, Wagner Júnior et al. (2008) chegaram a conclusão que o regulador vegetal não promoveu efeito no diâmetro do caule das plantas tratadas. Para esses autores, o maior crescimento em altura observado nas mudas foi decorrente do alongamento celular, sem que, no entanto, refletisse em recíproco aumento em diâmetro.

A curva referente ao número de folhas (NF), em função dos tratamentos com diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> está apresentada na Figura 3. Assim como foi verificado para AP e DC, o modelo matemático que melhor explicou a variação dos dados foi o linear ( $\hat{y} = 0,0079x + 4,581$ ), em que pode ser observado um desempenho ascendente à medida que se aumentou a concentração do regulador vegetal nas soluções utilizadas como tratamento, podendo apresentar respostas ainda mais significativas caso fossem utilizadas concentrações ainda maiores que as testadas neste estudo (160 mg L<sup>-1</sup> de solução).

**Figura 3.** Número de folhas (NF) de plantas de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2021.



O resultado encontrado para NF pode estar relacionado, provavelmente, ao estímulo da produção e desenvolvimento de novas gemas foliares. Além disso, a variação do número de folhas pode ser ocasionada por fatores intrínsecos das plantas, relacionada às características morfofisiológicas, dentre elas a ação hormonal, que está de certa forma envolvida no processo de produção de novas folhas e consequente interceptação luminosa para realização da fotossíntese. No processo de formação de mudas, o uso de reguladores vegetais poderá promover efeitos similares aos hormônios de produção endógena, o que irá retardar o plantio definitivo da muda no campo.

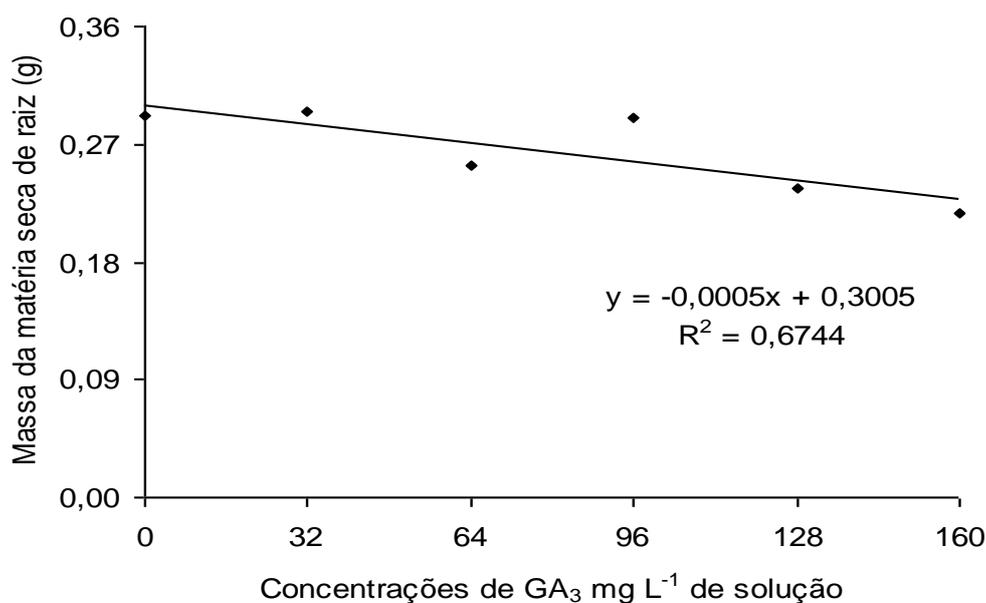
Para Peixoto et al., (2015), o maior número de folhas, a depender da sua distribuição, vai refletir na área foliar da planta que pode ser considerada a superfície

disponível para interceptação e absorção de luz solar, com consequente acúmulo de fotoassimilados.

Os dados adquiridos de massa da matéria seca de raiz (MSR) estão apresentados na Figura 4, os quais se ajustaram ao modelo matemático linear ( $\hat{y} = -0,0005x + 0,3005$ ). Observa-se que ocorreu redução contínua da MSR ao passo em que se elevou a concentração do GA<sub>3</sub> nas soluções utilizadas. Esse desempenho, assim como o verificado na característica DC, indica que o GA<sub>3</sub> não promoveu efeito positivo na MSR, ao contrário do que foi constatado para AP e NF.

O decréscimo encontrado para massa da matéria seca de raiz de pinhão manso neste trabalho pode estar relacionado às características fisiológicas intrínsecas da própria espécie, assim como das concentrações do GA<sub>3</sub> utilizadas, uma vez que a mesma concentração de um regulador vegetal pode causar efeitos distintos, a depender do órgão da planta em estudo. Para Vendruscolo et al. (2016), a ação do GA<sub>3</sub>, que resulta no alongamento celular, pode promover o crescimento da parte aérea da planta e inibir a formação de novas raízes, o que resulta, conseqüentemente, em uma desproporcionalidade no crescimento do vegetal e uma menor massa da matéria seca de raiz.

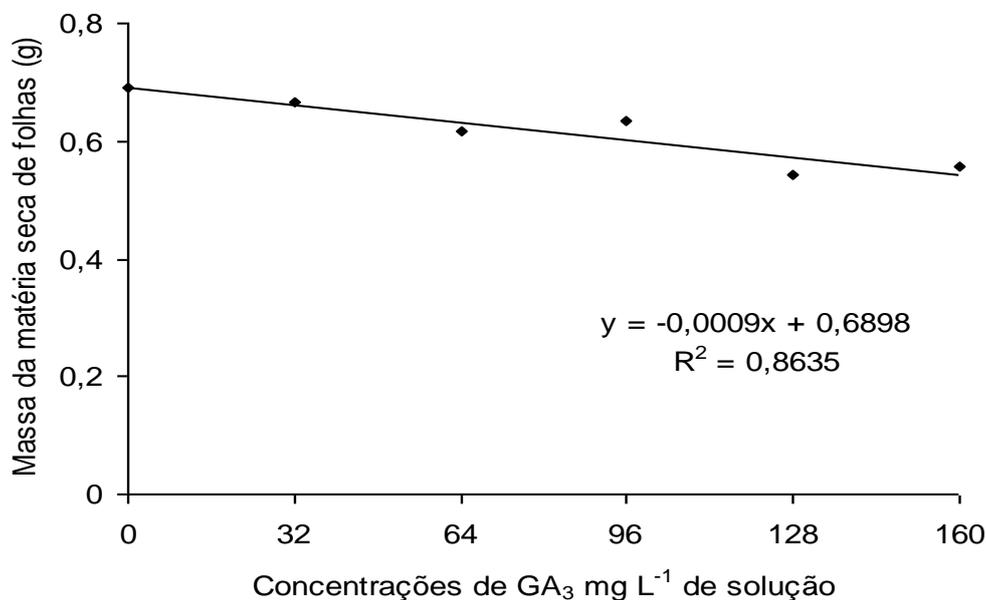
**Figura 4.** Massa da matéria seca de raiz (MSR) de plantas de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2021.



A variação da massa da matéria seca de folhas está apresentada na Figura 5, em que houve um ajuste adequado dos dados ao modelo matemático linear ( $\hat{y} = -0,0009x + 0,6898$ ). Nota-se que à medida que se elevou a concentração de GA<sub>3</sub> na solução dos tratamentos, foi verificada uma recíproca tendência de decréscimo imutável da curva, chegando a uma redução de 21% entre o tratamento em que foi utilizada somente água destilada (0,70 g) e a solução com concentração de 160 mg de GA<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> (0,55 g).

Essa diminuição na MSF pode ser ocasionada pela alongação do caule da planta de pinhão manso, pois, em que pese tenha aumentado o número de folhas (Figura 3), não necessariamente deveria haver incremento em sua massa da matéria seca, uma vez que as folhas podem ser menores e menos densas, não promovendo maior massa comparada às plantas não tratadas. Como observado neste estudo, Lima et al. (2009) também não obtiveram resultado satisfatório de MSF em mudas de jaqueira, ao utilizar GA<sub>3</sub> no tratamento de sementes. Para Moterle et al. (2011), a presença da giberelina promove maiores taxas de crescimento em decorrência do aumento na formação de novas células e de maior alongamento celular.

**Figura 5.** Massa da matéria seca de folha (MSF) de plantas de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2021.



Alguns dos parâmetros utilizados para aferir o crescimento vegetal são basicamente a massa da matéria seca da planta, também chamada de fitomassa e a dimensão do aparelho fotossintetizante ou área foliar. A partir do pressuposto da análise

de crescimento, a qual considera que em média 90% da matéria orgânica acumulada ao longo do crescimento da planta resultam da atividade fotossintética, a coleta de dados referentes ao acúmulo de massa de matéria seca, assim como o incremento de área foliar, em função do tempo, torna-se imprescindíveis para se estimar alguns índices fisiológicos para diferenciar o desempenho entre cultivares (CRUZ et al., 2011).

Na Tabela 4 encontram-se as equações referentes à variação da taxa de crescimento relativo (TCR) e da taxa assimilatória líquida (TAL), na qual estão apresentados os coeficientes de determinação ( $R^2$ ), de acordo com a análise de regressão que, além de corrigir as oscilações normais, permite avaliar a tendência do crescimento em função dos tratamentos (PEIXOTO et al., 2011) e permite uma melhor expressão do desempenho das plantas durante seu ciclo (LIMA et al., 2007; LESSA et al., 2008; SOUZA et al., 2013).

**Tabela 4.** Equações polinomiais Taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de pinhão manso submetidas a tratamentos com o ácido giberélico ( $GA_3$ ) mais o controle. Cruz das Almas, BA, 2021.

TCR		TAL	
EQUAÇÃO	$R^2$	EQUAÇÃO	$R^2$
$yT1 = -0,0062x^2 + 0,0504x - 0,0241$	0,77	$yT1 = -6E-06x^2 + 0,0007x - 0,0092$	0,82
$yT2 = -0,0092x^2 + 0,0686x - 0,046$	0,89	$yT2 = -1E-05x^2 + 0,0013x - 0,0187$	0,9
$yT3 = -0,0132x^2 + 0,0901x - 0,0636$	0,83	$yT3 = -2E-05x^2 + 0,0018x - 0,0272$	0,93
$yT4 = -0,0102x^2 + 0,0714x - 0,0416$	0,89	$yT4 = -2E-05x^2 + 0,0014x - 0,0215$	0,91
$yT5 = -0,0114x^2 + 0,0807x - 0,0552$	0,92	$yT5 = -1E-05x^2 + 0,0013x - 0,0192$	0,85
$yT6 = -0,0129x^2 + 0,0896x - 0,0699$	0,9	$yT6 = -2E-05x^2 + 0,0016x - 0,0252$	0,84

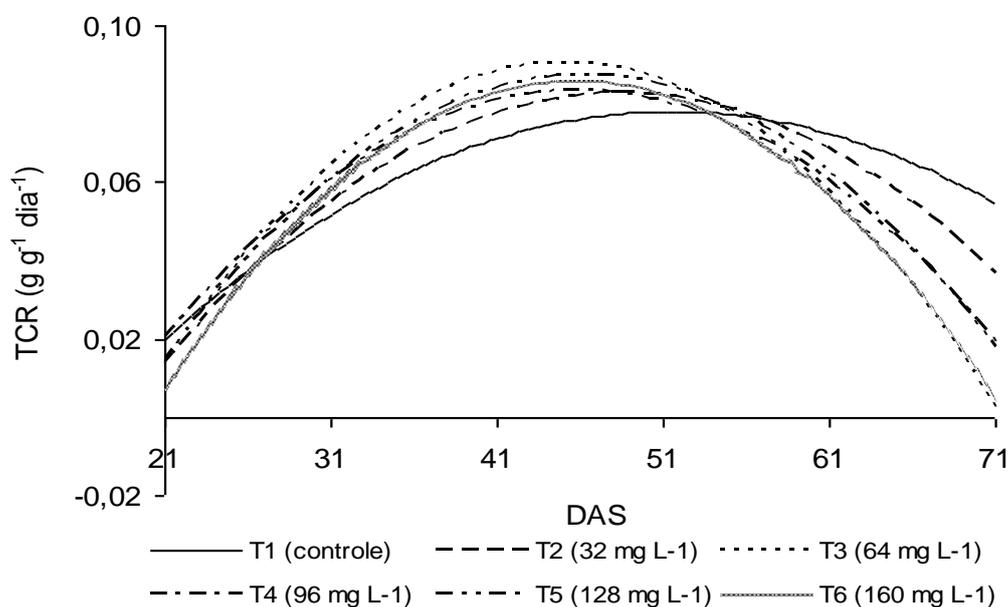
A taxa de crescimento relativo (TCR) é considerada uma das ferramentas mais apropriadas para avaliar o crescimento vegetal, a qual é dependente da quantidade de material acumulado gradativamente em um período de tempo, levando em consideração a massa da matéria seca que a planta já havia produzido (PEIXOTO et al., 2011).

A variação da TCR de mudas de pinhão manso, oriundas de sementes tratadas com diferentes concentrações de  $GA_3$  e controle (água destilada) pode ser observada na Figura 6. Os dados de todos os tratamentos ajustaram-se ao modelo matemático quadrático ( $\hat{y} = ax^2 + bx + c$ ), em que houve um aumento até alcançar um pico, com posterior decréscimo até o último dia de avaliação (71 DAS). Os valores médios máximos foram constatados no período compreendido entre os 41 e 51 DAS, os quais variaram entre 0,08 e 0,09  $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$ . No caso do controle (T1), esse valor máximo foi observado posteriormente, entre os 51 e 61 DAS, uma vez que, a partir desse ponto, a curva do T1

manteve-se superior aos demais tratamentos, chegando a uma maior TCR aos 71 DAS. Isso indica que o uso do GA<sub>3</sub> promoveu efeito incisivo no incremento de massa de matéria seca no período compreendido entre os 31 e 51 DAS sem, no entanto, manter esse maior acúmulo até o final do estudo.

A taxa de crescimento relativo tende a decrescer com aumento da idade da planta, o que está relacionado com o aumento gradual dos tecidos não fotossintéticos e do auto-sombreamento, levando a maior taxa de respiração. No início do desenvolvimento das plantas, a área foliar é composta por folhas jovens, com uma elevada capacidade fotossintética e taxa de crescimento, o que faz as mesmas apresentarem altas taxas de crescimento relativo nesta fase do ciclo (PEDÓ et al., 2015). Entretanto, quando se trata do estudo de mudas é normal ocorrer tendências distintas, uma vez que o número de folhas no começo da avaliação é bem reduzido, da mesma forma que o crescimento é mais lento, o que pode ocasionar curvas de tendências como as observadas neste estudo.

**Figura 6.** Variação da taxa de crescimento relativo (TCR) ( $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ) e dias após a semeadura (DAS) de plantas de pinhão manso, oriundas de sementes pré-embebidas em água destilada (T1) e cinco concentrações de GA<sub>3</sub> (T2 a T6) em casa de vegetação. Cruz das Almas, BA, 2021.



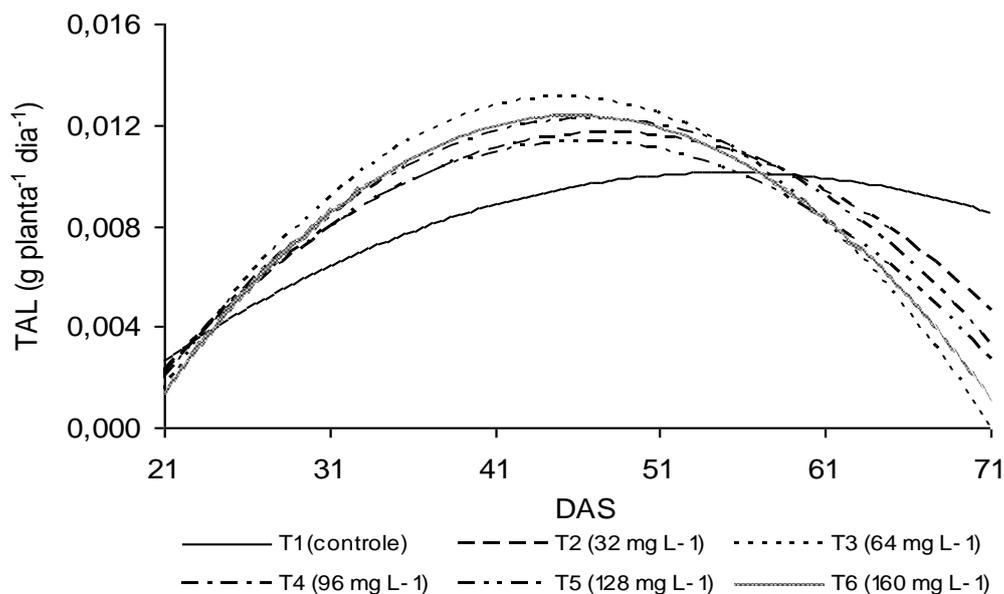
Tendências de TCR similares foram verificadas por Oliveira et al. (2011) ao avaliarem mudas de pinhão manso, submetidas a diferentes tratamentos com produto biorregulador, o qual contém em sua composição 0,005% de ácido geberélico, além de outros reguladores vegetais como cinetina, ácido indolbutírico e ingredientes inertes. No

entanto, Lima et al. (2007) obtiveram curvas decrescentes com o tempo de desenvolvimento de mudas de mamoeiro.

Na Figura 7 estão apresentadas as curvas da TAL de mudas de pinhão manso, resultantes do tratamento de sementes com concentrações distintas de GA<sub>3</sub> e com água destilada (controle). É possível notar que as variações da TAL mostraram padrões definidos de curvas entre os tratamentos, em que os dados ajustaram-se ao modelo matemático quadrático ( $\hat{y} = ax^2 + bx + c$ ), com acréscimo da TAL no começo do período de avaliação até chegar a valores médios máximos, com posterior decréscimo até o final do período de observação. Esses valores máximos das concentrações de GA<sub>3</sub> (T2 a T6) ocorreram no período compreendido entre os 41 e 51 DAS, diferente do tratamento controle (T1) que obteve esse valor máximo entre os 51 e 61 DAS.

A concentração de 64 mg de GA<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> de solução foi a que atingiu o pico da TAL mais elevado dentre todos os tratamentos. Contudo, a partir dos 61 DAS, o tratamento controle (T1) manteve valores médios mais elevados até os 71 DAS, o que pode estar relacionado a diminuição dos níveis de GA<sub>3</sub> nas plantas de pinhão manso após transcorrido esse período.

**Figura 7.** Variação da taxa assimilatória líquida (g dm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) e dias após a semeadura (DAS) de plantas de pinhão manso, oriundas de sementes pré-embreadas em água destilada (T1) e cinco concentrações de GA<sub>3</sub> (T2 a T6) em casa de vegetação. Cruz das Almas, BA, 2021.



O aumento detectado nas curvas da TAL pode ser explicado pelo reduzido número de folhas, uma vez que se trata de mudas de pinhão manso, espécie arbustiva e perene,

características que resultam no crescimento mais lento com menor número de folhas. Isso faz com que a sobreposição das folhas superiores sobre as inferiores seja menor, o que reduz o autossombreamento e favorece a fotossíntese mais eficiente. A partir do momento em que há um aumento do número de folhas é normal ocorrer um decréscimo da curva, pois a fotossíntese líquida passa a ser cada vez menor à medida que a planta cresce devido tanto ao aumento do autossombreamento como da formação de novos órgãos, o que faz aumentar a taxa respiratória.

No estudo de plantas de manjeriço, submetidas a tratamento com solução contendo  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de ácido giberélico, Barreiro et al. (2006) também obtiveram curva da TAL com aumento seguido de queda no decorrer do ciclo das plantas. Tendências parecidas foram observadas por Oliveira et al. (2011) trabalhando com plantas de pinhão manso, submetidas a tratamentos com biorregulador vegetal com  $\text{GA}^3$  em sua composição. No caso de mudas de mamoeiro, Lima et al. (2007) verificaram resultado distinto aos deste estudo, ao chega à curva da TAL que apresentou decréscimo seguido de aumento nos últimos dias de avaliação.

Os resultados obtidos neste estudo revelaram curvas de tendência padronizadas entre os tratamentos, com uma resposta contundente do  $\text{GA}_3$  entre o começo e meados do período de observação, o que não ocorreu no final da avaliação quando o tratamento controle apareceu com maiores valores médios em decorrência do menor efeito do  $\text{GA}_3$  nesse período. Talvez a aplicação do produto por meio de pulverizações das plantas em torno dos 51 DAS pudesse manter as curvas desses índices em ascensão por mais tempo, inclusive com maior valor médio no final da avaliação, o que pode ser investigado em estudos futuros.

Estudos sobre a ação de reguladores vegetais na cultura do pinhão manso ainda são muito escassos. Esta pesquisa pode ser considerada como uma orientação para novas investigações sobre o assunto na espécie, de forma que seja possível se aprofundar ainda mais sobre os efeitos de reguladores vegetais sintéticos com ação similar à giberelina, assim como também a outros hormônios vegetais como as auxinas e citocininas.

#### **4 CONCLUSÕES**

O  $\text{GA}_3$  favorece a obtenção de mudas de pinhão manso mais altas, com maior número de folhas, menor diâmetro do caule, menor acúmulo de massa de matéria seca de raízes e folhas.

O ácido giberélico antecipa as máximas taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida, acelerando o crescimento e desenvolvimento de mudas de pinhão manso.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Q.; VIEIRA, E. L. Efeito do Stimulante® na Produção de Nicotiana tabacum Tipo Brasil-Bahia. *Magistra, Cruz das Almas*, v. 21, n. 1, p. 18-22, 2009.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, Campina Grande*, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação agrícola. 4.ed. Jaboticabal:FUNEP, 2008. 237p.

BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. *Bragantia, Campinas*, v. 65, n. 4, p. 563-567, 2006.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba. Livraria e Editora Agropecuária, 2001, 132p.

COROMOTO, A.; CAMARGO, R.; SANTOS, E. P.; COSTA, T. R.; SILVA, P. A. Produção de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes substratos e tamanhos de embalagens. *Agropecuária Técnica, Areia*, v. 31, n. 2, p. 119–125, 2010.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; BRUGNERA, A.; LOPES, P. V. L. Índices fisiológicos de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Oeste da Bahia. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, v. 7, n. 13, p. 663-679, 2011.

DALRI, A. B.; CORBANI, R. Z.; MAZZONETTO, F.; FRANCISCO, J. A. Produção de mudas de pinhão-manso em diferentes recipientes. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça*, v. 22, n. 2, p. 1-8, 2012.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, A. R.; SIMÕES, W. L.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANJOS, J. B.; LAVIOLA, B. J. Produção e distribuição da biomassa de *Jatropha curcas* no semiárido brasileiro. *Revista Cerne, Lavras* v. 22, n. 1, p. 35-42, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. Agrotec. [online], Lavras*, v.38, n. 2, p.109-112, 2014.

FRANCIS, G.; OLIVER, J.; SUJATHA, M. Non-toxic jatropha plants as a potential multipurpose multi-use oilseed crop. *Industrial Crops and Products*, v. 42, p. 397-401, 2013.

HORSCHUTZ, A. C. O.; TEIXEIRA, M. B.; ALVES, J. M.; SILVA, F. G.; SILVA, N. F. Crescimento e produtividade do pinhão-manso em função do espaçamento e irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1093–1099, 2012.

LAVIOLA, B. G.; SILVA, S. D. A.; JUHÁSZ, A. C. P.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, R. J. P.; ALBRECHT, J. C.; ALVES, A. A.; ROSADO, T. B. Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhao-manso em três regiões do Brasil. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 49, n. 5, p. 356-363, 2014.

LESSA, L. S.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S.; SILVA, S. O.; OLIVEIRA, M. M. Desempenho fisiológico de mudas de bananeira na fase inicial de Crescimento. *Revista Magistra*, Cruz das Almas, v. 20, n. 3, p. 305-312, 2008.

LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.

LIMA, J. F.; FONSECA, V. J. A.; MORAES, J. C. C.; ALMEIDA, J.; VIEIRA, E. L.; PEIXOTO, C. P. GERMINAÇÃO DE SEMENTES PRÉ-EMBEBIDAS E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Artocarpus heterophyllus* Lam. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 10, n. 6, p. 437-441, 2009.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; BONATO, C. M.; CONRADO, T. Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.5, p.551–558, 2009.

OLIVEIRA, D.; PEIXOTO, C. P.; VIEIRA, E. L.; OLIVEIRA, S. M. R.; MACHADO, G. S.; PEIXOTO, M. F. S. P. Índices fisiológicos de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) provenientes de sementes pré-embebidas em stimulate®. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1833-1846, 2011.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; FLUMIGNAN, D. L.; ZOLIN, C. A.; BARBOZA JÚNIOR, C. R. A.; PIEDADE, S. M. S. Crescimento e qualidade de mudas de pinhão-manso produzidas em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 37–46, 2011.

PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Plant growth analysis and seed vigor expression: effects of soil waterlogging during rye plant development. *Acta Botanica Brasilica*, Feira de Santana, v. 29, n. 1, p. 01-07, 2015.

PEIXOTO, C. P. *Princípios de Fisiologia Vegetal: teoria e prática*. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Pod, p.125-136, 2020.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

PEIXOTO, C. P.; MACHADO, G. S.; BORGES, V. P.; ALVES, E. C.; LEAL, G. M. F. Índices fisiológicos de soja hortaliça em duas épocas de semeadura no Recôncavo Sul Baiano. Scientia Agraria Paranaensis, V. 11, n. 3, p. 56-67, 2012.

PEIXOTO, C. P.; BLOISI, F. M.; POELKING, V. G. C.; OLIVEIRA, J. S.; ALMEIDA, A. T.; CRUZ, T. V. Divergência genética e correlação fenotípicas em genótipos de amendoim do grupo Valencia, tipo Vagem Lisa, no Recôncavo Baiano. Revista Magistra, v. 27, n. 1, p. 145-154, 2015.

SOUZA, L. H. B.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S.; SILVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, D.; SANTOS, J. M. S. Índices fisiológicos de girassol em diferentes épocas de semeadura e densidade de plantas no Recôncavo da Bahia. Revista Magistra, Cruz das Almas, v. 25, n. 2, p. 94-108, 2013.

STEFANINI, M. B.; RODRIGUES, S. D.; MING, L. C. Ação de fitorreguladores no crescimento da erva-cidreira-brasileira. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 20, n. 1, p. 18-23, 2002.

VENDRUSCOLO, E. P.; CAMPOS, L. F. C.; MARTINS, A. P. B.; SELEGUINI, A. GA3 em sementes de tomateiro: efeitos na germinação e no desenvolvimento inicial de mudas. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia, v. 3, n. 4, p. 19-23, 2016.

VIRGENS, I. O.; CASTRO, R. D.; LOUREIRO, M. B.; FERNANDEZ, L. Z. *Jatropha curcas* L.: aspectos morfofisiológicos e químicos. Revista Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 20, p. 1-11, 2017.

WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, J. O. C.; SANTOS, C. E. M.; PIMENTEL, L. D.; NEGREIROS, J. R. S.; BRUCKNER, C. H. Ácido giberélico no crescimento inicial de mudas de pessegueiro. Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1035-1039, 2008.