

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**ÁCIDO GIBERÉLICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES,
VIGOR DE PLÂNTULAS E CRESCIMENTO INICIAL DE
PINHÃO MANSO**

VALFREDO DA SILVA PEREIRA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JUNHO - 2019**

ÁCIDO GIBERÉLICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR DE PLÂNTULAS E CRESCIMENTO INICIAL DE PINHÃO MANSO

VALFREDO DA SILVA PEREIRA

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal da Bahia, 1974

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientador: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

JUNHO - 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

P436a Pereira, Valfredo da Silva.
 Ácido giberélico na germinação de sementes, vigor de
 plântulas e crescimento inicial de pinhão manso / Valfredo
 da Silva Pereira._ Cruz das Almas, BA, 2019.
 83f.; il.

 Orientador: Clovis Pereira Peixoto.

 Tese (Doutorado) – Universidade Federal do
 Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias
 Ambientais e Biológicas.

 1.Pinhão-manso – Cultivo – Germinação. 2.Pinhão-
 manso – Regulador de crescimento. I.Universidade
 Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências
 Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 582.757

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**ÁCIDO GIBERÉLICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR
DE PLÂNTULAS E CRESCIMENTO INICIAL DE PINHÃO MANSO**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
VALFREDO DA SILVA PEREIRA**

Realizada em 19 de junho de 2019

Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno (Orientador)

Prof. Dr. Elvis Lima Vieira
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/CCAAB/UFRB
Examinador Externo

Prof. Dr. Carlos Alan Couto dos Santos
Instituto Federal Baiano (Campus Governador Mangabeira) – IF BAIANO
Examinador Externo

Profa. Dra. Girlene dos Santos Souza
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas/CCAAB/UFRB
Examinador Externo

Dr. Ademir Trindade Almeida
Grupo de Pesquisa em Ecossistemas Neotropicais – MAPENEO/UFRB
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

A Deus, pois sem Ele nada seria possível!
Aos meus familiares, esposa, filhos, netos,
nora e genro, exemplos de vida e amor, por
todo incentivo na minha vida. Com carinho
e gratidão.

Dedico

“Não se deve ir atrás de objetivos fáceis. É preciso buscar o que só pode ser alcançado por meio de maiores esforços”.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela dádiva da vida, pelo amor incondicional, pelo dom da vida, pela saúde, pela força, pela sabedoria, pela família que tenho e por todas as bênçãos e oportunidades concedidas;

Aos meus pais Vanderlino e Josefa, e ao meu irmão Wanderley, todos *in memoriam*.

Ao Professor Doutor Clovis Pereira Peixoto, mais que um orientador, um grande amigo e exemplo de profissionalismo, sobremaneira pela convivência e apoio nesses todos anos, pela enorme contribuição e pela confiança em mim depositada na realização desse trabalho, minha admiração e gratidão;

De um modo especial ao Doutor Ademir Trindade Almeida pela sua valorosa contribuição, estímulos e ensinamentos competentes no desenvolvimento do presente trabalho e pela total demonstração de altruísmo concedido em todos os momentos sempre presente;

Ao Professor Doutor Elvis Lima Vieira que tanto me motivou na execução do trabalho e principalmente pelo acolhimento, sugestões, companheirismo, convivência harmoniosa e amizade reconstituída e cultivada;

A Professora Doutora Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa pelo exemplo de profissional, pelas valiosas sugestões, pelo pronto atendimento e total comprometimento em todos os momentos precisados;

Ao Professor Denio de Oliveira, pela contribuição em colocar à disposição os dados da primeira etapa deste trabalho, possibilitando assim, maior celeridade para o desenvolvimento e consequente conclusão desta pesquisa;

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade da realização dessa jornada, em especial ao Professor Doutor Silvio Luiz de Oliveira Soglia pela confiança, apoio e por acreditar na concretização desse processo;

A Professora Doutora Rosineide Pereira Mubarack pela sua inestimável colaboração, disponibilidade e total apoio, sobretudo pelas intervenções indispensáveis e seguras nos momentos necessários;

Ao Professor Doutor Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, pela solidariedade, colaboração, disponibilidade, saudável convívio e amizade;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UFRB, especialmente aos do colegiado do Curso, pela capacitação oferecida, total compreensão e interesse para concretização deste projeto;

Aos colegas do Doutorado Especial: Grimaldo Lemos de Carvalho, Fábio Botelho, Antônio Augusto Fonseca, João Albany Costa, José Carlos Ribeiro de Carvalho, Geraldo Costa, Denis Vidal, amigos, irmãos e colegas, pela disponibilidade de

ajudas das mais variadas situações, pela amizade renovada e por muitos momentos de incertezas e alegrias compartilhadas;

Aos companheiros do Núcleo Administrativo do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, pelo pronto atendimento e irrestrita disponibilização do apoio logístico, em especial ao amigo Márcio Eloy Machado da Silva;

Às Senhoras Ozelita da Anunciação e Jamile Milza de Jesus Pereira da Comissão Permanente de Pessoal Docente da UFRB pelas amizades sinceras e compartilhadas e total apoio para culminação do presente trabalho;

À Servidora Ana Cleide Dórea Conceição pela saudável amizade, presteza e convivência no CCAAB/UFRB;

Aos ilustres membros da Banca Examinadora, pelas críticas necessárias, sugestões e total disponibilidade na avaliação deste trabalho;

Aos que com consideração e carinho, fizeram-se presentes à Defesa;

Por fim, a todos aqueles que contribuíram de uma forma ou de outra, para a conclusão desta importante etapa, tão fundamental para minha formação.

Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO	11
REFERENCIAL TEÓRICO	13
ARTIGO 1	
ÁCIDO GIBERÉLICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E VIGOR DE PLÂNTULAS DE PINHÃO MANSO	33
ARTIGO 2	
ÁCIDO GIBERÉLICO NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE PINHÃO MANSO	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	76

ÁCIDO GIBERÉLICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR DE PLÂNTULAS E CRESCIMENTO INICIAL DE PINHÃO MANSO

Autor: Valfredo da Silva Pereira

Orientador: Dr. Clovis Pereira Peixoto

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da giberelina líquida (4% de ácido giberélico - GA₃) na germinação de sementes, vigor de plântulas e no crescimento inicial de plantas de pinhão manso. Os ensaios de laboratório e de casa de vegetação foram realizados nas dependências do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Os experimentos referentes à análise de sementes foram realizados no laboratório de Fisiologia Vegetal em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (concentrações GA₃) e quatro repetições. As sementes passaram por uma assepsia, imersas em solução de hipoclorito de sódio a 2,0% por dois minutos e lavadas em água corrente para posterior pré-embrição por oito horas e 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. Os efeitos do GA₃ foram determinados mediante testes de germinação de sementes e do vigor de plântulas, além da avaliação do crescimento inicial de plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas por meio da análise de regressão. O uso de GA₃ na faixa de concentrações entre 100 e 160 mg L⁻¹ de solução promove maior vigor de plântulas de pinhão manso. O GA₃ favorece a obtenção de plantas de pinhão manso mais altas, com maior número de folhas, menor diâmetro do caule e 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, sementes, desenvolvimento.

GIBBERÉLIC ACID IN GERMINATION OF SEEDS, SEEDLING VIGOR AND INITIAL GROWTH OF JATROPHA

Author: Valfredo da Silva Pereira

Adviser: Dr. Clovis Pereira Peixoto

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effect of liquid gibberellin (4% gibberellic acid - GA₃) on seed germination, seedling vigor and initial growth of jatropha plants. Trials of laboratory and greenhouse were carried out in the premises of the Center for Agrarian, Environmental and Biological Sciences of the Federal University of Recôncavo da Bahia. Seed analysis experiments were performed in the plant physiology laboratory in a completely randomized design with six treatments (GA₃ concentrations) in four replicates. The seeds were submitted to asepsis, immersed in 2,0% sodium hypochlorite solution for two minutes and washed in running water for subsequent pre-soak for eight hours, submitted to the following treatments: 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. The effects of GA₃ were determined by tests of seed germination and seedling vigor, as well as the evaluation of the initial growth of plants. The data were submitted to analysis of variance and the means of the treatments compared through the regression analysis. The use of GA₃ in the concentration range between 100 and 160 mg L⁻¹ of solution promotes greater vigor of jatropha seedlings. 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, seeds, development.

INTRODUÇÃO

A crescente busca por alternativas para o aumento da diversidade dos recursos renováveis no que se refere à produção energética no mundo, principalmente em substituição ao petróleo, vem sendo cada vez mais intensificada. A preocupação referente aos efeitos danosos provocados pelo uso exacerbado do petróleo, principalmente no que diz respeito à emissão de gases poluentes provocados pela sua queima, tem influenciado ainda mais na procura por outros meios para produção de energia que minimize a poluição do meio ambiente.

O interesse pelo cultivo de espécies vegetais com grande potencial na produção de óleo em substituição ao petróleo tem aumentado, e isto resulta na maior demanda do produto no mercado, o que pode refletir no recíproco aumento da sua oferta, podendo inclusive despontar como uma alternativa a mais para os agricultores, melhorando a situação socioeconômica das regiões produtoras de espécies com estas características.

Espécies oleaginosas como soja, mamona, girassol, amendoim, dendê e babaçu tem apresentado um aumento considerável nos estudos voltados para a produção de óleo no Brasil, com intuito de identificar suas potencialidades de se enquadrar como matéria prima para promover a produção de biocombustíveis, em especial o biodiesel. Isto pode refletir em um incentivo ao agricultor familiar por meio de programas de energia renovável com viés na produção de biodiesel, principalmente em regiões mais carentes, ou até mesmo ajudar na recuperação de áreas degradadas (VILLELA et al., 2014).

Nesse contexto pode ser incluído o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), uma espécie perene, com boa distribuição nas áreas tropicais e subtropicais, a qual apresenta alta capacidade para produção de óleo biocombustível (LAVIOLA e DIAS, 2008). O interesse por parte do governo, instituições de pesquisa e do próprio agricultor no cultivo desta espécie no Brasil pode ser explicado pela acentuação do efeito estufa, do aquecimento global e da escassez das reservas de combustível fóssil (NERY et al., 2009).

O método de propagação do pinhão manso pode ser por via sexuada ou assexuada. A propagação por sementes é a mais recomendada para a espécie por favorecer a produção de mudas e plantas mais vigorosas, com maior

longevidade. Assim, a utilização de testes de germinação de sementes e vigor de plântulas tornam-se de grande importância na produção de mudas como uma forma de prever e garantir o maior número de plantas com a melhor qualidade possível. Além disso, o uso de reguladores vegetais pode ser considerado como uma técnica muito eficaz no tratamento de sementes de várias espécies. Um dos reguladores mais influentes nesse aspecto é o ácido giberélico que promove efeito contundente na germinação de sementes, no vigor de plântulas e no crescimento inicial de plantas.

O pinhão manso é uma espécie que merece atenção especial pela alta capacidade que suas sementes apresentam em produzir óleo biocombustível, com qualidade potencial para substituir os combustíveis derivados do petróleo. Porém, vários estudos acerca de os aspectos morfológicos e fisiológicos da planta e da semente dessa espécie ainda precisam ser realizados para auxiliar na sua domesticação de forma definitiva. O conhecimento da capacidade que hormônios endógenos, ou substâncias de produção exógena têm em modificar o crescimento e desenvolvimento dessa planta, pode ajudar no entendimento dos processos envolvidos na sua fisiologia. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da giberelina líquida (4% de ácido giberélico - GA₃) na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial de plantas de pinhão manso.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Pinhão Manso

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), pertencente à família das euforbiáceas, apresenta uma ampla distribuição nas mais variadas regiões do mundo, tais como América Central, América Latina, Ásia, África, Índia e Filipinas (DEHGAN e SCHUTZMAN, 1994; ANDRÉO-SOUZA et al., 2010). Entretanto, há controvérsias quanto ao seu centro de origem. Alguns pesquisadores afirmam que a espécie é nativa do Brasil ou oriunda da América Central (NERY et al., 2009), enquanto outros acreditam ser originária do México (Pecina-Quintero et al. 2014).

Do ponto de vista botânica, o pinhão manso é uma espécie alógama, caracterizada como um arbusto grande, de rápido crescimento, cuja altura normal atinge de dois a três metros, podendo alcançar até cinco metros em condições especiais (Figura 1). As folhas são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas. O fruto é capsular ovóide com diâmetro de 1,5 a 3,0 centímetros. As sementes, quando secas, alcançam de 1,5 a 2 centímetros de comprimento e 1,0 a 1,3 centímetros de largura, com embrião contendo dois cotilédones e com produção de óleo capaz de chegar a quase 40% de sua constituição (ARRUDA et al., 2004).

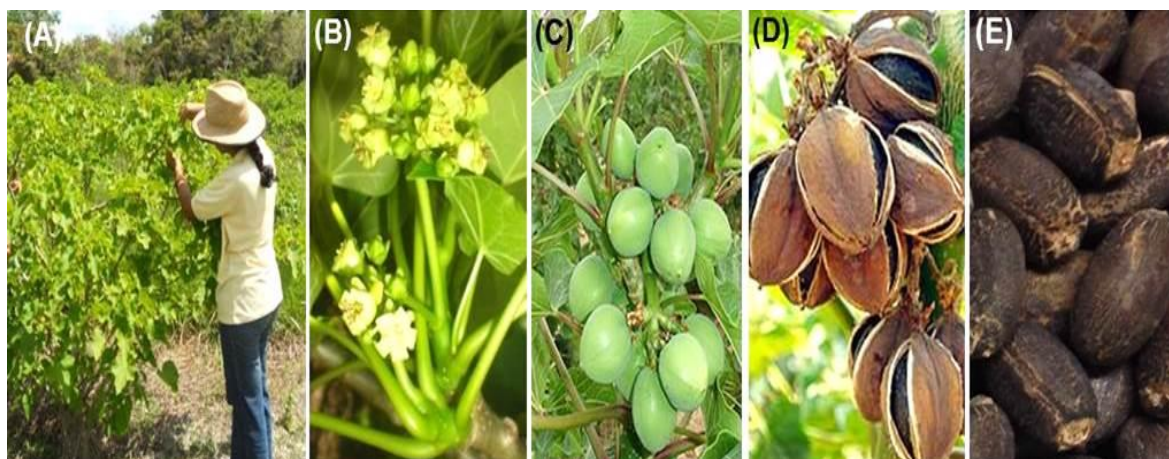


FIGURA 1. Características dos diferentes estádios fenológicos da planta de pinhão manso. Planta adulta (A); ramo florido (B); frutos verdes (C); frutos secos (D); sementes (E). Fonte:

<https://www.google.com.br/search?tbm=isch&sa=1&ei=e2D2XNeQKY->

d5wKErKnICQ&q=imagens+de+plantas+de+pinh%C3%A3o+manso+diferentes+fases+do+ciclo&oq=imagens+de+plantas+de+pinh%C3%A3o+manso+diferentes+fases+do+ciclo&gs_l=img.3...23140.32145..32706...0.0..0.296.5280.0j7j17.....0....1..gws-wiz-
img.NaX5CZ-oF5M#imgrc=qW8AToq_S-JpfM:

No território brasileiro, as informações sobre o cultivo do pinhão manso ainda são poucas, mas nota-se que ocorre praticamente em todas as regiões, porém de forma dispersa, a qual sobrevive nas mais variadas condições edafoclimáticas, com registros de exploração no estado de São Paulo, Norte e Oeste do país predominando, sobretudo, no Nordeste, Goiás e Minas Gerais (OLIVEIRA, 2010).

É possível observar que no semiárido do Brasil predomina a vegetação típica do Bioma Caatinga, em que as espécies que persistem nessas condições toleram vários meses de estiagem rigorosa. O pinhão manso faz parte desse grupo de plantas e se destaca devido à alta capacidade de produzir sementes que apresenta alto teor de óleo com potencial para ser utilizado como biodiesel (DRUMOND et al., 2016). Essa oleaginosa é considerada uma das espécies mais propícias para a produção de biodiesel no Brasil, uma vez que o óleo proveniente de suas sementes apresenta características semelhantes com o diesel do petróleo (POSSAS et al., 2012).

O crescimento e desenvolvimento da planta de pinhão-manso são beneficiados em climas tropicais, cuja precipitação anual se mantenha acima de 600 mm, mas para que a cultura atinja máxima produtividade é necessária que esta precipitação atinja níveis acima dos 1000 mm anuais (HORSHUTZ et al., 2012).

O pinhão manso pode ser considerado uma boa alternativa para a região do semiárido nordestino (Figura 2) por ser exigente em insolação, resistente à seca, apresentar rápido crescimento e boa adaptabilidade em áreas de baixa precipitação (ANDRÉO-SOUZA, et al., 2010; HORSCHUTZ et al., 2012). No entanto, devem-se tomar as devidas precauções com a disponibilidade hídrica em locais com grande irregularidade pluviométrica, a qual pode ocorrer em momento crítico do ciclo da cultura, o que demanda a utilização de sistema de irrigação (SOUSA et al., 2012).



FIGURA 2. Plantas se pinhão manso cultivadas sob condições de clima semiárido.

Fonte:

https://www.google.com.br/search?tbm=isch&sa=1&ei=JWH2XPimBaTz5gKJ5oelCg&q=imagens+do+pinh%C3%A3o+manso+no+semi%C3%A1rido&oq=imagens+do+pinh%C3%A3o+manso+no+semi%C3%A1rido&gs_l=img.3...2336170.2343710..2344319...0.0..0.311.3418.2-13j2.....0....1..gws-wiz-img.jDwF38E7mwA#imgrc=1hUh-65vHOxEbM

O cultivo do pinhão manso torna-se ainda mais importante com as prerrogativas implementadas pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) criado por Decreto de Lei em 23 de dezembro de 2003 e complementado pela Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, a qual estabelece que parte do biodiesel necessariamente seja produzido por cooperativas ou associações de pequenos produtores estabelecidas nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, desde que sua implantação atenda às características de um programa sustentável que atenda a inclusão social, no sentido de fortalecer a agricultura familiar (STACHIW et al., 2016).

A produção da espécie pode ser destinada ao uso medicinal, na indústria de cosméticos e inseticidas, porém com maior ênfase em programas para produção de biodiesel. Além disso, a planta em si pode ser utilizada como cerca viva em pequenas propriedades (PINTO JUNIOR et al., 2012). Por ser uma espécie com alta capacidade produtiva de óleo combustível e ao mesmo tempo não apresentar qualquer outro tipo de mercado voltado para a alimentação

humana e animal, o pinhão manso aparece como uma das melhores opções para produção em alta escala com destino ao mercado de oleoquímicos (FRIGO et al., 2008; POSSAS et al., 2012).

As características propícias para produção de óleo biodiesel apresentadas pelas sementes de pinhão manso, aliada a possibilidade do seu cultivo em condições de solos com baixa fertilidade e clima seco despertaram interesse de pesquisadores em todo o mundo, principalmente no que se refere aos aspectos genéticos, agrônômicos e fisiológicos, com objetivo de transformá-la em uma cultura economicamente viável para os produtores (FRANCIS et al., 2013). No entanto, o pinhão manso continua sendo uma planta que ainda tem que ser melhorada em termos de rendimento de sementes e teor de óleo (RAMPADARATH et al., 2014).

O pinhão manso pode ser propagado via sexuada ou assexuada (Figura 3). Para a produção de mudas, o sistema mais recomendado é via semente, semeada no solo ou em recipiente, pois, em que pese apresentar idade produtiva mais tardia comparada a plantas provenientes de estacas, as plantas oriundas de sementes são mais resistentes e apresentam melhor formação do sistema radicular (ARRUDA et al., 2004; PAULINO et al., 2011).

A implantação de um cultivo é um dos pontos essenciais na exploração de qualquer espécie. A propagação do pinhão manso por semente é o mais indicado, tanto em aspectos técnicos quanto econômicos por apresentar alto potencial germinativo e maior longevidade, atingindo estágio reprodutivo quatro anos após o plantio e com vida útil próximo dos quarenta anos (COROMOTO et al., 2010). Os autores ressaltam ainda que a seleção das matrizes deve ser rigorosa, seja na reprodução por sementes ou por estacas.



FIGURA 3. Métodos de propagação de plantas de pinhão manso. Frutos verdes (A), propagação por sementes (B), propagação por estacas (C) e crescimento de mudas (D) Fonte:

https://www.google.com.br/search?biw=1680&bih=907&tbm=isch&sa=1&ei=4mz2XLaoKlrc5gKBI67wDw&q=plantio+de+estacas+para+propaga%C3%A7%C3%A3o+do+pinh%C3%A3o+manso&oq=plantio+de+estacas+para+propaga%C3%A7%C3%A3o+do+pinh%C3%A3o+manso&gs_l=img.3...96148.116496..117289...13.0..0.446.16686.2-46j10j3.....0....1..gws-wiz-img.....0i67j0j0i5i30j0i30j0i8i30j0i24.CbWuO8Fv1Cw#imgsrc=svaSlcOUix1pXM:

A produção de sementes por plantas de pinhão manso é muito variável, o que pode ser influenciado pela questão genética do genótipo, variedade ou cultivar utilizada, assim como das condições edafoclimáticas da região de cultivo. Laviola et al. (2014), ao avaliar dezoito famílias de meio-irmãos de pinhão manso, obtiveram produtividade de 470 a 2048, 710 a 2039 e 619 a 1975 kg ha⁻¹ em ensaios realizados no Distrito Federal, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, respectivamente. Já Drumond et al. (2016), ao estudarem dez genótipos superiores de pinhão manso no estado de Pernambuco, verificaram rendimentos variando de 3157 a 3955 kg ha⁻¹.

Uso de reguladores vegetais em sementes e plantas cultivadas

As plantas apresentam em seu mecanismo uma série de fatores que auxiliam no seu crescimento e desenvolvimento. Os hormônios vegetais são considerados sinalizadores importantes para manutenção do metabolismo das plantas, os quais ainda necessitam de muitos estudos para esclarecer melhor o quanto esses compostos orgânicos podem interferir na promoção, inibição ou retardamento dos processos internos dos vegetais.

Os hormônios vegetais são substâncias reguladoras, de produção endógena, que promovem, inibem ou modificam processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. As auxinas, as giberelinas, as citocininas e o etileno são os principais hormônios (RENNER et al., 2007).

Baixas concentrações de um regulador vegetal podem resultar em alterações significativas no metabolismo celular, refletindo em variações no desenvolvimento das plantas (MOTERLE et al., 2011).

Dentre os hormônios vegetais presentes nas sementes, o mais influente são as giberelinas (LIMA et al., 2009). É um grande grupo de diterpenos tetracíclicos biossinteticamente relacionados, naturalmente presentes nas plantas, que atuam como hormônios de crescimento. Estão disponíveis no mercado para comercialização, produzidos por meio do cultivo líquido do fungo ascomiceto, *Gibberella fujikuroi*, que são metabólitos secundários. Após a exaustão das fontes de nitrogênio, o crescimento exponencial dos fungos cessa e o metabolismo secundário é desencadeado, com a biossíntese concomitante de giberelinas, principalmente ácido giberélico (GELMI et al., 2000).

Existem várias GAs já descobertas, no entanto apenas uma pequena fração possui atividade biológica significativa, tendo-se como destaque a GA₁, GA₃, GA₄ e GA₇ (RODRIGUES, 2000). As estruturas moleculares desses compostos podem ser verificadas na Figura 4. Esses hormônios estão envolvidos não só na regulação da germinação de sementes, como também no alongamento do caule, na expansão foliar, no acúmulo de massa de matéria seca, no florescimento e no desenvolvimento de frutos (STEFANINI et al., 2002; BARREIRO et al., 2006).

A garantia de produtividade satisfatória de determinado cultivo necessariamente deve começar com altos índices de germinação de sementes e vigor de plântulas, seguido de um bom estabelecimento e uniformidade das

plantas em condições de campo. Isto pode ser impulsionado com o uso de técnicas que promovam a potencialização no desempenho das sementes (ARAGÃO et al., 2001).

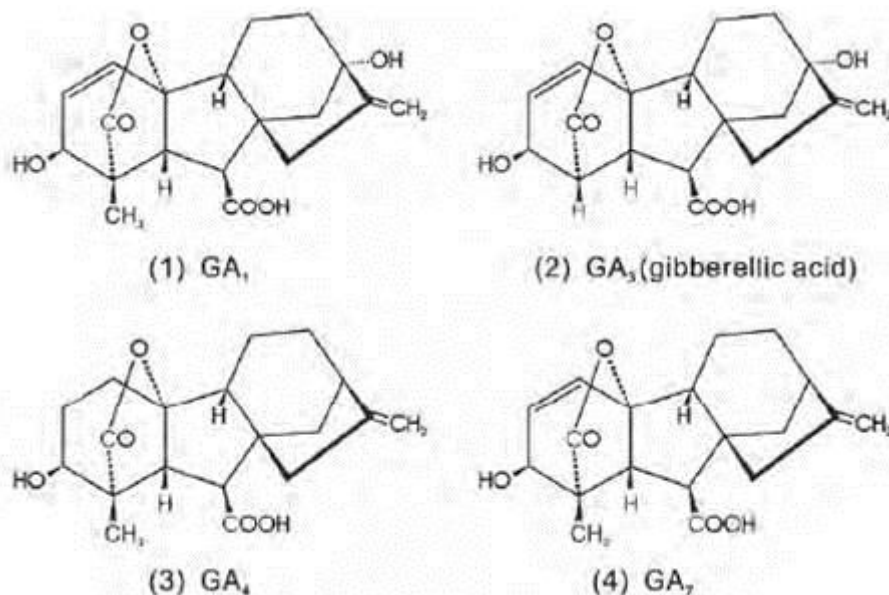


FIGURA 4 - Estruturas moleculares das giberelinas GA₁ (1), GA₃ (2), GA₄ (3) e GA₇ (4). Fonte:

https://www.google.ca/search?biw=1440&bih=740&tbm=isch&sa=1&ei=eyYWXeSCJp695OUPIta_8As&q=GA1%2C+GA3%2C+GA4%2C+GA7&oq=GA1%2C+GA3%2C+GA4%2C+GA7&gs_l=img.3...12001.24367..25664...0.0..0.157.787.0j6.....0....1..gws-wiz-img.xHVafy8Nito#imgdii=g7ipMZ7JJBmRWM:&imgrc=q7XXGafv3OQGpM

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).

A utilização de biorreguladores vegetais no tratamento de sementes de várias espécies auxilia na sua germinação e no desempenho das plântulas com rápida velocidade de emergência (LIMA et al., 2009).

Um dos reguladores vegetais utilizados é a ácido giberélico (GA₃), o qual apresenta ação na ativação de enzimas hidrolíticas nutritivas, o que melhora a disponibilidade de energia e compostos intermediários para o embrião,

potencializando seu crescimento e desenvolvimento, tendo como resultado a germinação de sementes e emergência de plântulas (SCALON et al., 2009). Além disso, os efeitos da giberelina podem ser notados no crescimento e desenvolvimento de mudas, no que se refere ao alongamento do caule, aumento da área foliar e conseqüente acúmulo de massa da matéria seca (STEFANINI et al., 2002).

O uso do GA₃ tem promovido bons resultados na germinação de sementes e vigor de plântulas de algumas espécies. Santos et al. (2013) observaram que sementes de maracujá pré-embebidas com GA₃ apresentaram melhor germinação de sementes na concentração de 100 mg L⁻¹, previamente embebidas durante 6 horas e que efeitos satisfatórios foram observado também no vigor de plântulas nas concentrações compreendidas entre 128 a 160 mg L⁻¹ de GA₃.

No caso específico do pinhão manso, o estudo sobre a ação de reguladores vegetais ainda são escassos, mesmo porque pouco se sabe sobre sua bioquímica, fisiologia e alguns aspectos agrônômicos (SILVEIRA et al., 2016). O uso de alguns reguladores vegetais como benziladenina (MATOS et al., 2013) e brassinosteróides (SILVEIRA et al., 2016), via pulverização de plantas de pinhão manso são alguns trabalhos realizados nessa linha de pesquisa. Já oliveira et al. (2011) avaliaram a ação do biorregulador Stimulate[®] em sementes de pinhão manso pré-embebidas em soluções com diferentes concentrações do produto, o qual é constituído de ácido indolbutírico, cinetina e ácido giberélico.

Qualidade fisiológica de sementes e produção de mudas

O alcance de resultados satisfatórios no cultivo de determinada espécie requer estudos aprofundados de como proceder às atividades pertinentes ao período de vida produtiva da planta. Um aspecto que influencia diretamente no estabelecimento de uma cultura no campo é a qualidade do material a ser semeado e isto exige cuidados desde a colheita, nas práticas de pós-colheita e no armazenamento, técnicas que irão garantir a boa germinação de sementes e vigor de plântulas (AZERÊDO et al., 2003; BARBOSA et al., 2014).

O avanço tecnológico de uma espécie depende diretamente de suas sementes, o qual é decorrente da agregação de valor ao produto final almejado pelos produtores, com reflexos positivos no aspecto econômico, além de

enriquecer o setor agrícola com material genético de alta qualidade (BRASIL, 2011).

A melhor qualidade fisiológica de sementes está relacionada ao conjunto de características que contribuem para formação de plântulas mais vigorosas, com maior rapidez nos processos de germinação e emergência, o que pode ser observado por meio de testes como o índice de velocidade de emergência (CARVALHO et al., 2012).

Para maximizar o estande de plantas em condições de campo é essencial o uso de sementes com alta qualidade fisiológica na implantação de um sistema de cultivo, o que expressa maior potencial das plantas, independente da espécie (BARBOSA et al., 2012).

As sementes de pinhão manso amadurecem aproximadamente três meses após a floração. A maturação é observada quando ocorre abertura natural dos frutos ainda na planta (PINTO JUNIOR et al., 2012). Neste momento pode ser efetuada a colheita, com posterior secagem das sementes. O teor de umidade ideal para o armazenamento de sementes de espécie oleaginosas em geral não deve ultrapassar os 10% (MARCOS FILHO, 2005), faixa que garante a superação da dormência existente nas sementes de pinhão manso logo após a colheita, o que se torna possível após secagem durante 45 dias em ambiente coberto e ventilado (PINTO JUNIOR et al., 2012).

A secagem de sementes oleaginosas é um procedimento de extrema importância que antecede a prática de conservação, uma vez que para manter a qualidade fisiológica da semente é preciso controlar o teor de água no seu interior para evitar uma possível aceleração do processo de deterioração com o tempo armazenamento (JOSÉ et al., 2009).

As sementes de pinhão manso são consideradas ortodoxas (JOKER e JEPSEN, 2003), pois é uma semente que tolera submissão à desidratação sem perder sua qualidade fisiológica podendo, posteriormente, ser armazenada em ambiente propício por determinado tempo. Sementes de espécies oleaginosas em geral estão sujeitas à perda de vigor com o tempo de armazenamento por apresentarem menor estabilidade química dos lipídios relacionada ao amido, pois com o aumento da temperatura e umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento, provavelmente haverá um conseqüente aumento do processo

respiratório, o que pode levar a deterioração mais rápida das sementes com a decomposição dos lipídios (FANAN et al., 2009).

Quando a semente apresenta máximo acúmulo de massa de matéria seca e elevado potencial de germinação e vigor, logo após a maturidade fisiológica, o processo de deterioração se intensifica naturalmente, o que pode levar a redução da sua qualidade (BARBOSA et al., 2014).

No caso do pinhão manso, Zonta et al. (2014) afirmam que as sementes podem ser armazenadas por 270 dias em embalagens de plástico e de pano sem controle do ambiente externo, enquanto que, em períodos superiores a este, recomenda-se a utilização de ambiente refrigerado com temperatura igual ou inferior a 18 °C.

O uso de testes rápidos para avaliação da qualidade de sementes é necessário para auxiliar na descoberta da sua verdadeira condição fisiológica para que, a partir daí, seja tomada a decisão mais acertada quanto a sua utilização ou eventual descarte (DODE et al., 2012).

Para avaliar um lote de sementes o procedimento mais utilizado é o teste de germinação, o qual é conduzido seguindo instruções descritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Contudo, este teste apresenta restrições por fornecer resultados superestimados pelo fato de serem realizados em condições de influências mínimas dos fatores externos como temperatura e umidade (BARROS et al., 2002).

O teste de vigor de plântulas entra como um complemento do teste de germinação por determinar a capacidade de emergência de forma rápida e uniforme de plântulas normais, cujas informações devem ser obtidas por meio de vários testes não padronizados em diferentes condições de ambiente, o que permite selecionar lotes de sementes mais confiáveis para comercialização (DIAS et al., 2006; THOMAZINI e MARTINS, 2011). O teste de vigor pode ser caracterizado como uma forma de investigar a capacidade que um lote de sementes tem em originar plântulas normais em condições de campo (MOTERLE et al., 2011).

O sucesso almejado nos cultivos depende, em grande parte, da qualidade das mudas utilizadas no plantio (PAULINO et al., 2011). O percentual de sobrevivência das plantas no campo e o rendimento da cultura podem ser indiretamente afetados pela baixa qualidade da muda (COROMOTO et al., 2010).

Para qualquer cultura, a produção de mudas sadias e de qualidade superior pode ser considerada uma estratégia para quem deseja alcançar uma produção mais competitiva, seguindo os padrões de um modelo de cultivo moderno e sustentável (DALTRI et al., 2012).

Além dos fatores ambientais, fatores endógenos, como o nível hormonal, influenciam diretamente no desenvolvimento das mudas, entretanto, são poucos os relatos sobre o uso de reguladores vegetais em espécies arbóreas e arbustivas (SCALON et al., 2006).

Índices fisiológicos e crescimento de plantas

As plantas, independente da espécie, apresentam relação direta entre seus aspectos morfológicos e fisiológicos com os fatores climáticos do local onde ela está inserida. No caso do pinhão manso, pouco se conhece sobre sua bioquímica e fisiologia, pois não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda precisam ser estudados, embora já se saiba que se trata de uma espécie que sobrevive em condições de seca, exigente em calor e luminosidade (NERY et al., 2009).

A análise de crescimento de plantas é uma forma eficiente de investigação sobre aspectos inerentes ao crescimento e desenvolvimento de plantas, fundamentada na avaliação dos efeitos em sistemas de manejo distintos, realizada durante o ciclo da cultura, a qual descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo (URCHEI et al., 2000). Pode ser considerada como um auxílio também em trabalhos de melhoramento na busca por materiais mais promissores, por identificar características vinculadas ao crescimento inicial que indiquem a possibilidade de aumento no rendimento da planta adulta (LIMA et al., 2007).

A técnica da análise de crescimento de plantas é baseada no estudo das funções fisiológicas de produção, relacionada com as influências causadas pela ação das características genéticas, ambientais e agrônômicas, por meio de variações morfofisiológicas da planta em intervalos de tempo definido durante o ciclo, considerando duas amostragens sucessivas (FREIRE et al., 2007; PEIXOTO et al., 2011).

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). Alguns índices fisiológicos como a taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e razão de área foliar (RAF) vêm sendo bastante utilizados como parâmetro para analisar o crescimento vegetal (ALVAREZ et al., 2005; LIMA et al., 2007; ZUCARELI et al., 2010; CRUZ et al., 2011; PEIXOTO et al., 2012).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R. C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ, A. C. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 611-616, 2005.

ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. P.; SILVA, F. F. S.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; CASTRO, M. R. R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 083-092, 2010.

ARAGÃO, C. A.; LIMA, M. W. P.; MORAIS, O. M.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Fitorreguladores na germinação de sementes e no vigor de plântulas de milho super doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 62-67, 2001.

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.

AZEREDO, G. A.; BRUNO, R. L. A.; SOUZA, A. P.; SILVA, A.; BRUNO, G. B.; QUEIROGA, V. P. Qualidade fisiológica de sementes armazenadas de amendoim. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 288, p. 127-141, 2003.

BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B.; MEDEIROS, M. A.; CENTURION, M. A. P. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, 2012.

BARBOSA, R. M.; VIEIRA, B. G. T. L.; MARTINS, C. C.; VIEIRA, R. D. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim durante o processo de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 49, n. 12, p. 977-985, 2014.

BARROS, D. I.; NUNES, H. V.; DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 12-16, 2002.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 2009. 399p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Guia de inspeção de campos para produção de sementes**. Secretaria de defesa agropecuária. 3.ed. ver. e atual. Brasília: Mapa/ACS, 2011. 41p.

CARVALHO, T. C.; GRZIBOWSKI, S. C. R.; OHLSON, O. C.; PANOBIANCO, M. Comparação da qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e de sua derivada transgênica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 164-170, 2012.

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.

DEGHAN, B.; SCHUTZMAN, B. Contributions towards a monograph of neotropical *Jatropha*: phonetic and phylogenetic analysis. **Annals Missouri Botanical Garden**, v.81, n.2, p.349-367, 1994.

DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C.; TOKUHISA, D.; HILST, P. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 154-162, 2006.

DODE, J. S.; MENEGHELLO, G. E.; MORAES, D. M.; PESKE, S. T. Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 686-691, 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.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 150-159, 2009.

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.

FREIRE, M. L. F.; BELTRÃO, N. E. M.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Análise de crescimento não-destrutiva do amendoineiro submetido a doses de CaSO_4 e P_2O_5 . **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 3, p. 193-199, 2007.

FRIGO, M. S.; BUENO, O. C.; ESPERANCINI, M. S. T.; FRIGO, E. P.; KLAR, A. E. ANÁLISE ENERGÉTICA DO PRIMEIRO ANO DE CULTIVO DO PINHÃO-MANSO EM SISTEMA IRRIGADO POR GOTEJAMENTO. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 261-271, 2008.

GELMI, C.; PÉREZ-CORREA, R.; GONZÁLEZ, M.; AGOSIN, E. Solid substrate cultivation of *Gibberella fujikuroi* on an inert support. **Process Biochemistry**, v. 35 p. 1227–1233, 2000.

GRACIANO, E. S. A.; NOGUEIRA, R. G. M. C.; LIMA, D. R. M.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 794–800, 2011.

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.

JOKER, D.; JEPSEN, J. *Jatropha curcas* L. **Seed Leaflet**, Humleback, n. 83, p. 1-2, 2003.

JOSÉ, S. C. B. R.; SALOMÃO, A. N.; MUNDIM, R. C.; PÁDUA, J. G. Umidificação de sementes de girassol após ultrassecagem em sílica gel e câmara de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 016-026, 2009.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32 p. 1969-1975, 2008.

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.

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.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MATOS, F. S.; RIBEIRO, R. P.; BORGES, L. P.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C. K. L.; FREITAS, R. G. Aplicação de benziladenina em plantas de pinhão manso. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 4, n. 2, p. 57 - 67, 2013.

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. **Stimulate® na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial de *Jatropha curcas* L.** 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

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.

PECINA-QUINTERO, V.; ANAYA-LÓPEZ, J. L.; ZAMARRIPA-COLMENERO, A.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; MONTES-GARCÍA, N.; SOLÍS-BONILLA, J. L.; JIMÉNEZ-BECERRIL, M. F. Genetic structure of *Jatropha curcas* L. in Mexico and probable centre of origin. **Biomass and Bioenergy**, v. 60, p. 147-155, 2014.

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.

PINTO JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; DRANSKI, J. A. L.; STEINER, F.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 636-643, 2012.

POSSAS, J. M. C.; CORREA, M. M.; MOURA, G. B. A.; LOPES, P. M. O.; CALDAS, A. M.; FONTES JÚNIOR, R. V. P. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 993–998, 2012.

RAMPADARATH, S.; PUCHOOA, D; BAL, S.; RANGHOO-SANMUKHIYA, M. Evaluation of the toxicity of *Jatropha curcas* found in mauritius using molecular markers. **Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology**, v. 15, n. 3, p. 150-154, 2014.

RENNER, G. D. R; CAMACHO, F.; PEIXE, S. Ação da temperatura, ácido giberélico e luz na germinação de sementes de fáfia – *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 349-354, 2007.

RODRIGUES, C. **Produção, extração e Purificação de Hormônio Vegetal (Ácido Giberélico) por Fermentação no Estado Sólido em Polpa Cítrica e Utilização do Extrato Fermentado em Meio de Cultivo de Bromélias *in vitro*** 2010. 180f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) – Universidade Federal do Paraná

SANTOS, C. A. C.; VIEIRA, E. L.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Germinação de sementes e vigor de plântulas de maracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácido giberélico. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 400-407, 2013.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; GOMES, A. A.; SILVA, K. A.; WATHIER, F.; SCALON FILHO, H. Germinação e crescimento inicial da muda de orelha-

demacaco (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong): efeito de tratamentos químicos e luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 529-536, 2006.

SCALON, S. P. Q. LIMA; A. A.; FILHO, H. S.; VIEIRA, M. C. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *campomanesia adamantium* camb.: efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 096-103, 2009.

SILVEIRA, P. S.; CUSTÓDIO, J. P. C.; SILVA, F. C. M.; NASCENTE, A. C. S.; MONTEIRO, C. L.; MATOS, F. S. Ação dos brassinosteróides no crescimento de mudas de pinhão manso sob déficit hídrico. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 2, n. 1, p. 52-61 2016.

SOUSA, A. E. V.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; NOBRE, R. G.; NASCIMENTO, E. C. S. Componentes de produção de pinhão manso irrigado com água de diferentes condutividades elétrica e doses de fósforo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1007-1012, 2012.

STACHIW, R.; RIBEIRO, S. B.; JARDIM, M. A. J.; PASSIMOSER, D.; ALVES, W. C.; CAVALHEIRO, W. C. S. Potencial de produção de biodiesel com espécies oleaginosas nativas de Rondônia, Brasil. **Revista Acta Amazonica**, v. 16, n. 1, p. 81-90, 2016.

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.

THOMAZINI, A.; MARTINS, L. D. Qualidade física e fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivar MG2 em condições de casa de vegetação e laboratório. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 01-09, 2011.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo

convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

VILELA, A. A.; JACCOUD, D. B.; ROSA, L. P.; FREITAS, M. V. Status and prospects of oil palm in the Brazilian Amazon. **Biomass and Bioenergi**, v. 67, p. 270-278, 2014.

ZONTA, J. B.; DIAS, L. A. S.; RIBEIRO, P. H. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, n. 2, p. 599-608, 2014.

ZUCARELI, C.; RAMOS, E. U.; OLIVEIRA, M. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1313-1324, 2010.

ARTIGO 1

ÁCIDO GIBERÉLICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E VIGOR DE PLÂNTULAS DE PINHÃO MANSO¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Arquivos do Instituto Biológico.

Ácido giberélico na germinação de sementes e vigor de plântulas de pinhão manso

Resumo: Objetivou-se avaliar a ação do ácido giberélico (GA₃) na germinação de sementes e no vigor de plântulas de pinhão manso. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (concentrações de GA₃) e quatro repetições. As sementes foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 2,0%, por dois minutos e lavadas em água corrente. Posteriormente, foram pré-embebidas por oito horas e 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 a pré-embebição, 50 sementes foram distribuídas em papel de germinação e mantidas em germinador, à temperatura de 27 ± 3 °C e fotoperíodo de 12 horas. Foi realizado teste de vigor de plântulas simultâneo ao teste padrão de germinação de sementes, assim como o estudo do índice de velocidade de emergência de plântulas em areia. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de regressão, os quais foram ajustados a equações de regressão polinomial. O uso de GA₃ na faixa de concentrações entre 100 e 160 mg L⁻¹ de solução promove maior vigor de plântulas de pinhão manso.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L., GA₃, germinabilidade, crescimento inicial.

Giberelic acid in seed germination and vigor of jatropha seedlings

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of gibberellic acid (GA₃) on seed germination and vigor of jatropha seedlings. The experimental design was completely randomized, with six treatments (GA₃ concentrations) and four replicates. The seeds were immersed in 2,0% sodium hypochlorite solution for two minutes and washed in running water. 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 pre-imbibition, 50 seeds were distributed in germination paper and kept in germinator, at 27°C ± 3° and photoperiod of 12 hours. Was carried seedling vigor test simultaneous to in the standard seeds germination test, as well as the study of seedling emergence speed index in sand. The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the regression test, which were adjusted to polynomial regression equations. The use of GA₃ in the concentration range between 100 and 160 mg L⁻¹ of solution promotes greater vigor of jatropha seedlings.

Keywords: *Jatropha curcas* L., GA₃, germinability, initial growth.

INTRODUÇÃO

A qualidade da semente é de fundamental importância para continuidade da perpetuação de uma espécie. No entanto, a obtenção de plântulas mais vigorosas que irão resultar em mudas com maior potencial de crescimento e desenvolvimento no campo, em alguns casos, não dependem só da qualidade fisiológica das sementes, uma vez que existem maneiras de se potencializar as etapas que antecedem o cultivo definitivo da planta no campo.

Na germinação de sementes, os hormônios podem atuar como reguladores do processo, pois a presença e o equilíbrio entre promotores e inibidores do crescimento vão desempenhar funções importantes na retomada do metabolismo da semente até então em repouso. A utilização de reguladores vegetais exógenos no tratamento de sementes de algumas espécies auxilia na sua germinação e no desempenho das plântulas com rápida velocidade de emergência (LIMA et al., 2009).

Dentre os hormônios presentes nas sementes, o mais influente são as giberelinas (LIMA et al., 2009). Esses hormônios estão envolvidos não só na regulação da germinação de sementes, como também no alongamento do caule, na expansão foliar, no acúmulo de massa de matéria seca, no florescimento e no desenvolvimento de frutos (STEFANINI et al., 2002; BARREIRO et al., 2006).

Um dos reguladores vegetais utilizados no tratamento de sementes é a giberelina líquida (GA_3), a qual apresenta ação na ativação de enzimas hidrolíticas nutritivas, o que melhora a disponibilidade de energia e compostos intermediários para o embrião, potencializando seu crescimento e desenvolvimento, tendo como resultado a germinação e emergência de plântulas (SCALON et al., 2009).

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie que apresenta sementes com alta rentabilidade de óleo, recomendado para produção de biodiesel, o que tem despertado o interesse de pesquisadores de todo mundo na realização de estudos com objetivo de transformá-la em uma cultura economicamente viável para os produtores (FRANCIS et al., 2013). Seu cultivo no Brasil é considerado promissor, pois se trata de uma espécie que se adapta bem na região do semiárido nordestino, por ser exigente em insolação, resistente à seca, apresentar rápido crescimento e boa adaptabilidade em áreas de baixa precipitação (ANDRÉO-SOUZA, et al., 2010; HORSCHUTZ et al., 2012).

O uso de reguladores vegetais pode ser uma boa alternativa de tratamento para sementes de pinhão manso, uma vez que a espécie pode ser propagada por via sexuada ou assexuada, mas com preferência pela propagação seminal que, em que pese apresente idade produtiva mais tardia comparada a plantas provenientes de estacas, apresentam melhor formação do sistema radicular e maior longevidade podendo alcançar vida útil em torno dos 40 anos (ARRUDA et al., 2004; COROMOTO et al., 2010; PAULINO et al., 2011).

No caso específico do pinhão manso, o estudo sobre a ação de reguladores vegetais ainda são escassos, mesmo porque pouco se sabe sobre sua bioquímica, fisiologia e alguns aspectos agrônômicos (SILVEIRA et al., 2016). Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito do ácido giberélico (GA_3) na germinação de sementes e no vigor de plântulas de pinhão manso.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal e em casa de vegetação 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 foi a giberelina líquida (GA_3), composta de 4% de GA_3 e 96% de ingredientes inertes.

As sementes passaram por uma assepsia, onde foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 2,0%, por dois minutos e posteriormente lavadas em água corrente (Anexo 1). Em seguida 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) (Anexo 2). Na Tabela 1 é possível observar a quantidade de ácido giberélico ($mg L^{-1}$) presente nas soluções utilizadas (tratamentos).

TABELA 1. Soluções (tratamentos) de giberelina líquida ($mL L^{-1}$ de solução) e suas respectivas concentrações de ácido giberélico ($mg L^{-1}$) utilizadas e controle. Cruz das Almas, BA, 2019.

Tratamentos	Giberelina Líquida com 4% de GA ₃	Concentrações de GA ₃
	mL L ⁻¹	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

Após a pré-embebição das sementes nas concentrações propostas de GA₃ foram realizados os seguintes testes:

Teste padrão de germinação de sementes: as sementes foram semeadas em quatro repetições de 50 unidades para cada tratamento, dispostas para germinar entre três folhas de papel de germinação, umedecidas com água destilada na proporção de três vezes o peso do papel seco. Após isso, os papéis foram dobrados em formato de rolos, os quais foram colocados na posição vertical em um germinador modelo MANGELSDORF, à temperatura de 27 ± 3 °C e fotoperíodo de 12 horas (Anexo 3). As contagens foram realizadas aos 7 e 14 dias após a semeadura. No sétimo dia, foi realizada a primeira contagem de plântulas normais, em que foi contabilizado o número de plântulas normais enquanto que, aos 14 dias, realizou-se a segunda contagem, quando foi avaliado o número de plântulas normais, plântulas anormais, sementes firmes e mortas, conforme sugerido na Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) para a mamoneira (*Ricinus cumunis* L.), visto que não há metodologia específica quanto a esses procedimentos para o pinhão manso. Os resultados foram apresentados em porcentagem (%).

Teste de vigor de sementes: foi realizado simultaneamente ao teste padrão de germinação. Foram utilizadas quatro repetições de 10 sementes, para cada tratamento, distribuídas no terço superior do papel de germinação. Com auxílio de uma régua milimetrada, determinou-se o comprimento de raiz, do caule e total, em centímetros (cm). Após a extração dos cotilédones, as plântulas normais foram fracionadas ensacadas e identificadas para secagem em estufa a 65 ± 5 °C, até peso constante, durante 72 horas e, posteriormente, pesadas em balança de precisão para determinação da massa seca de raiz e da parte aérea.

Emergência de plântulas em areia lavada: o teste foi instalado com quatro repetições de 25 sementes, distribuídas em caixas plásticas (442 x 280 x 75 mm), contendo areia lavada e peneirada como substrato (BRASIL, 2009), totalizando 100 sementes por tratamento (Anexo 4). Após a semeadura, as sementes foram cobertas com uma camada de areia e o substrato umedecido com água destilada até atingir 60% de sua saturação hídrica (BRASIL, 2009). As caixas foram mantidas em casa de vegetação à temperatura ambiente e as contagens do número de plântulas emergidas ocorreram diariamente a partir do sétimo dia após a semeadura.

Foram realizadas contagens diárias após a semeadura visando obter a porcentagem de plântulas emergidas, com posterior cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) segundo MAGUIRE (1962), utilizando a expressão: $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$. Onde E1, E2, En = número de plântulas normais na primeira, segunda, até a última contagem e N1, N2, Nn = número de dias desde a primeira, segunda, até a última contagem realizada no 22º dia após a semeadura.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (concentrações do GA₃) e quatro repetições. Os dados de porcentagem foram transformados para arco-seno, conforme sugerido por Steel et al., (1997) e submetidos à análise de variância. Foi aplicada a análise de regressão para avaliação das características estudadas, as quais foram ajustadas a equações de regressão polinomial. Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fonte de variação devido a tratamentos apresentou efeito significativo pelo teste F da ANAVA ($p < 0,05$) e, dentre as características relacionadas à germinação de sementes, apenas para a primeira contagem de plântulas normais (PN) houve diferença significativa (Tabela 2). Já para as características de vigor de plântulas, apresentou significância as características índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento total (CT) de plântulas de pinhão manso, em função das

concentrações do GA₃ utilizado via pré-embebição de sementes por um período de oito horas (Tabela 3).

TABELA 2. Quadrados médios da análise de variância, média e coeficiente de variação das características primeira contagem de plântulas normais (PN), teste de germinação de sementes (TG), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM) e sementes firmes (SF) de plântulas de pinhão manso, em resposta a tratamentos com água destilada e diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

FV	GL	QM				
		PN	TG	PA	SM	SF
TRAT.	5	0,014041*	0,026843 ^{ns}	0,015708 ^{ns}	0,016301 ^{ns}	0,022443 ^{ns}
ERRO	18	0,004608	0,010085	0,007467	0,009382	0,008196
MÉDIA		0,81	1,06	0,29	0,27	0,26
CV%		8,37	9,48	29,41	35,49	35,20

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 3. Quadrados médios da análise de variância, média e coeficiente de variação das características índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento total (CT), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) de plântulas de pinhão manso, em resposta a tratamentos com água destilada e diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

FV	GL	QM						
		IVE	CR	CPA	CT	MSR	MSPA	MST
TRAT.	5	0,038499**	4,420892*	21,187603*	35,989604**	0,006065**	0,103585 ^{ns}	0,041667 ^{ns}
ERRO	18	0,008426	1,398563	6,658731	7,408591	0,000879	0,04722	0,041667
MÉDIA		0,75	6,03	14,52	20,56	0,10	0,77	1,04
CV%		12,30	19,6	17,77	13,24	28,64	28,13	19,6

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

O coeficiente de variação (CV) é considerado uma informação relevante na avaliação da precisão com a qual o experimento foi conduzido. Para as características avaliadas neste estudo, os valores de CV estão dentro da faixa considerada como normal, os quais são semelhantes aos verificados por Oliveira (2010) e Pinto Júnior et al. (2012), ambos trabalhando com sementes de pinhão manso.

Observa-se na primeira contagem de plântulas normais (PN) que os dados se ajustaram ao modelo matemático quadrático ($\hat{y} = -0,0014x^2 + 0,2754x + 43,643$), o qual apresentou curva de tendência de aumento seguida de decréscimo. Nesse caso, foi verificada a porcentagem máxima estimada de plântulas normais próxima de 57,2%, quando foi utilizada uma concentração ótima estimada de 98,4 mg de GA₃ L⁻¹ de solução (Figura 1).

É possível observar que o regulador vegetal apresentou ação positiva na produção de plântulas normais de pinhão manso, ao promover um aumento de 24% na concentração ótima estimada em relação ao controle (44%) em que foi realizada a embebição das sementes em água destilada. Isso indica que o regulador vegetal foi efetivo na ativação das enzimas presentes na semente de pinhão manso, as quais são responsáveis pela otimização da germinação e da produção de plântulas normais, o que pode ser considerado um fator positivo para o melhor e mais rápido estabelecimento da planta no campo.

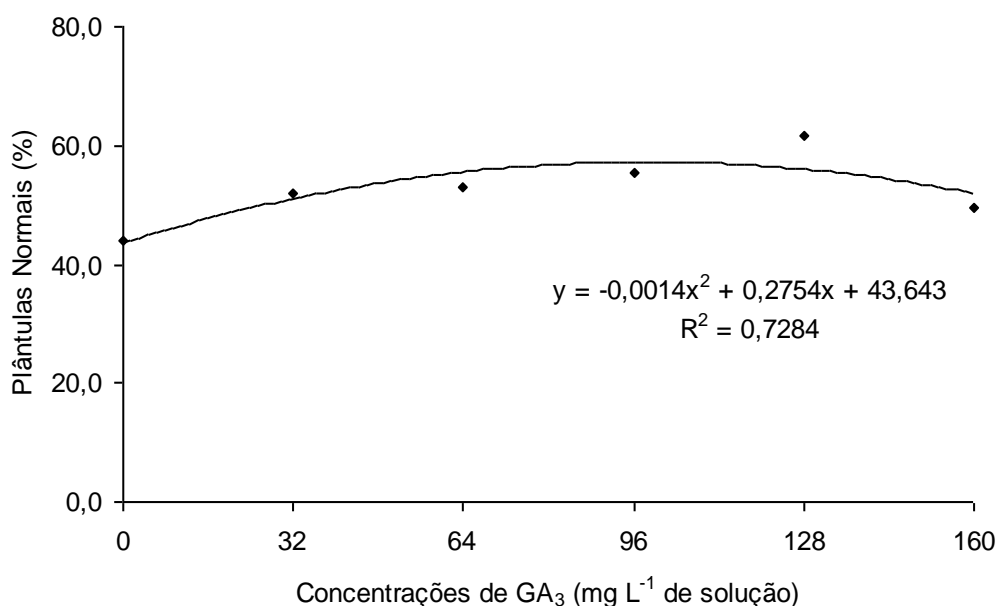


FIGURA 1. Primeira contagem de plântulas normais de pinhão manso (PN), em resposta aos tratamentos de pré-embebição em solução contendo ácido giberélico (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

Ao avaliar a ação do GA₃ na germinação de sementes de mamoneira, Peixoto et al. (2011) observaram que o fitorregulador apresentou efeito positivo na

porcentagem de plântulas normais na primeira contagem quando foi utilizada concentrações intermediárias de GA₃, assim como ficou verificado neste estudo.

Da mesma forma, Aragão et al. (2001) estudando a cultura do milho, e Santos et al. (2013) na cultura do maracujazeiro, também verificaram aumentos consideráveis com o incremento da concentração do GA₃, principalmente quando utilizada a concentração de 100 mg L⁻¹ de solução, a qual apresentou as maiores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem.

O índice de velocidade de emergência de plântulas constitui-se em um artifício relevante na análise de sementes por oferecer informações importantes sobre o vigor de plântulas, já que a maior velocidade de emergência é um forte indicativo de um melhor estabelecimento das plantas no campo em um curto período de tempo (CARVALHO et al., 2014).

A característica índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de pinhão manso apresentou um melhor ajuste ao modelo polinomial quadrático ($\hat{y} = -0,0013x^2 + 0,3293x + 31,891$). Observa-se que a curva de tendência manteve um aumento até alcançar um pico com IVE máximo estimado de 52,7%, na concentração ótima estimada de 126,7 mg L⁻¹ de solução, seguido de um leve decréscimo até a maior concentração utilizada neste estudo (160 mg L⁻¹). Nesse caso, nota-se que o IVE máximo foi 40% maior comparado ao tratamento testemunha, no qual foi verificado um IVE de 32% (Figura 2).

Assim como observado na PN, o GA₃ também promoveu efeito positivo no IVE de plântulas de pinhão manso, o que reforça a importância da utilização do referido regulador vegetal no tratamento de sementes dessa espécie, com grande probabilidade de promover a produção de plantas vigorosas no campo, o que vai refletir no seu melhor crescimento e desenvolvimento inicial. Para Dan et al. (2010), IVE com valores mais elevados dão indícios de maior probabilidade de as plântulas suportarem melhor as possíveis variações edafoclimáticas, sem maiores danos futuros nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta no campo.

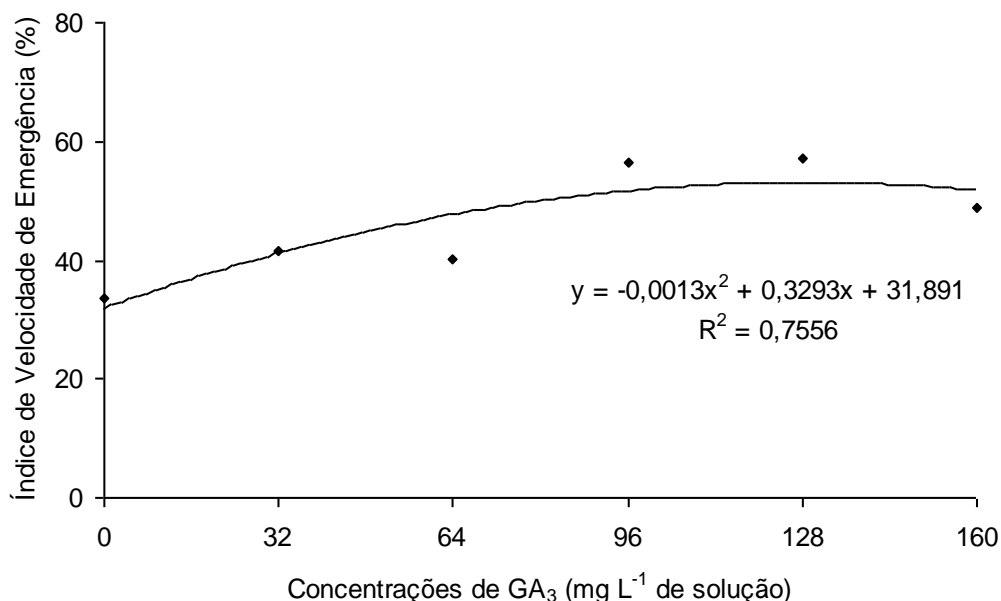


FIGURA 2. Índice de velocidade de emergência de plântulas de pinhão manso (IVE), em resposta aos tratamentos de pré-embebição em solução contendo ácido giberélico (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram obtidos por Scalon et al. (2006), quando estudaram a ação do ácido giberélico em associação com ácido sulfúrico na emergência de plântulas de orelha-de-macaco. Os trabalhos realizados por Aragão et al. (2001) e Peixoto et al. (2011) também verificaram porcentagens de IVE com tendências semelhantes às observadas nesta pesquisa, em que, com a utilização do GA₃ no tratamento de sementes, houve uma resposta positiva no IVE das plântulas de milho e de mamoneira, respectivamente.

A curva de tendência referente ao comprimento de raiz (CR) de plântulas de pinhão manso, submetidas a tratamento com diferentes concentrações de GA₃ está apresentada na Figura 3. É possível observar que o modelo matemático linear foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos, em que se nota um aumento constante à medida que se elevou a concentração do GA₃ na solução. De acordo com a função obtida ($\hat{y} = 0,0152x + 4,8186$), houve um aumento de 33% entre o CR encontrado no tratamento com água destilada (4,8 cm) e na concentração de 160 mg L⁻¹ de solução (7,2 cm). É recomendável o aumento da concentração de

GA₃ na solução para verificar a otimização referente ao maior comprimento da raiz das plântulas de pinhão-manso.

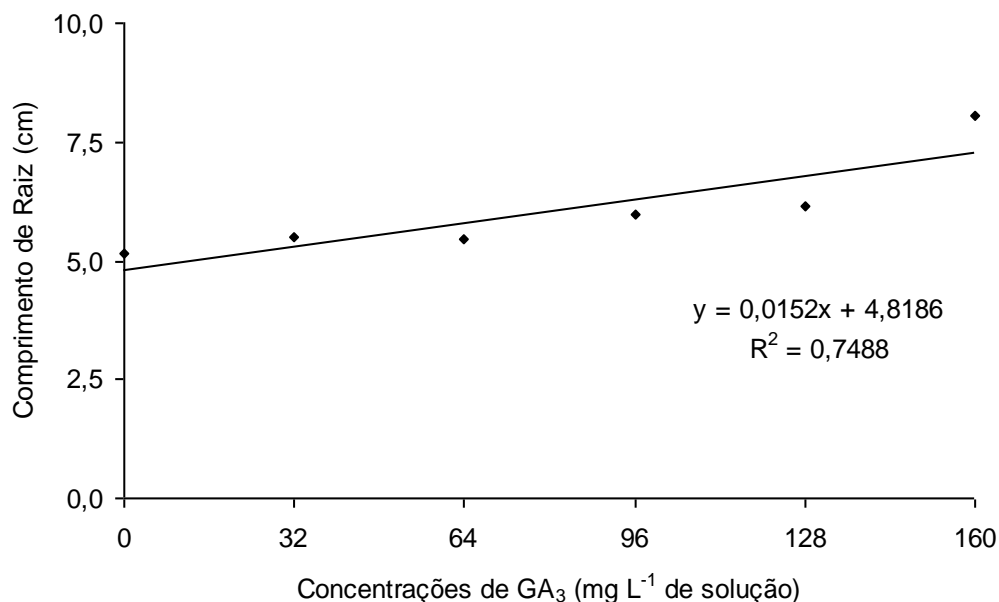


FIGURA 3. Comprimento de raiz de plântulas de pinhão manso (CR), em resposta aos tratamentos de pré-embebição em solução contendo ácido giberélico (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

Ao avaliar a ação do GA₃ no tratamento de sementes de jenipapeiro, Prado Neto et al. (2007) encontraram tendência da curva de regressão distinta da constatada neste estudo, apresentando aumento nas concentrações intermediárias, seguida de decréscimo nas doses mais elevadas. Resultados parecidos ao que foi descrito pelos autores em epígrafe foi observado por Peixoto et al. (2011), quando avaliou diferentes concentrações de GA₃ na pré-embebição de sementes de mamoneira, quando foi detectada uma queda brusca no comprimento de raiz ao ser utilizada a maior concentração de 150 µL de GA₃ L⁻¹ de solução, o que corresponde a 6 mg de GA₃ L⁻¹ de solução.

As características comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento total (CT) de plântulas apresentaram dados que se ajustaram ao modelo matemático quadrático ($\hat{y} = -0,0004x^2 + 0,0886x + 11,069$) e linear ($\hat{y} = 0,0418x + 17,213$), respectivamente. O CPA apresentou curva de tendência a princípio com aumento de comprimento, e posterior decréscimo a medida em que se elevou a

concentração do GA₃ na solução utilizada para embebição das sementes (Figura 4).

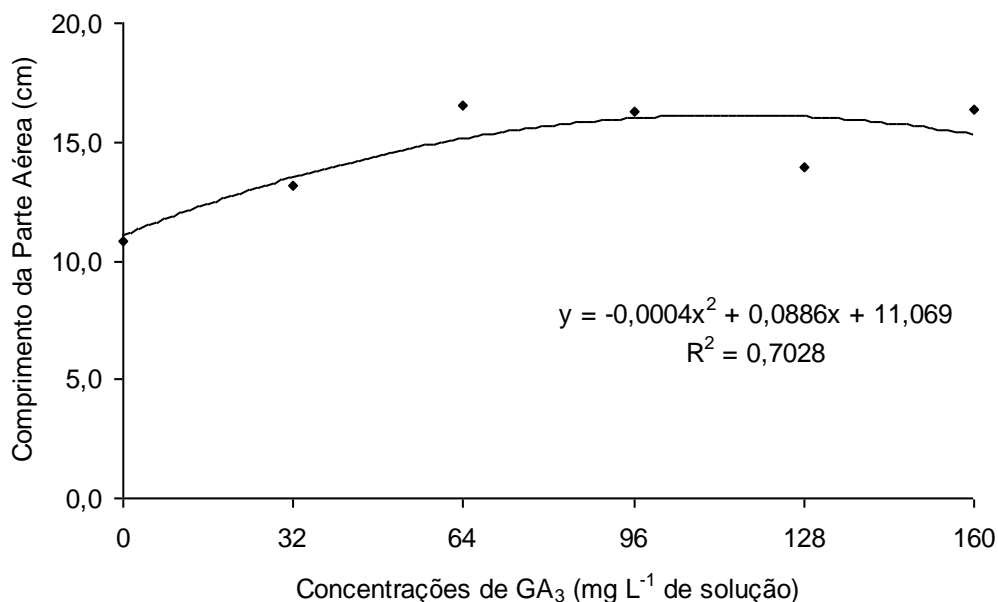


FIGURA 4. Comprimento da parte aérea de plântulas de pinhão manso (CPA), em resposta aos tratamentos de pré-embebição em solução contendo ácido giberélico (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

Para o CPA, a concentração ótima estimada de GA₃ correspondeu a 110,8 mg L⁻¹ de solução, a qual proporcionou um crescimento máximo estimado da parte aérea das plântulas de aproximadamente 16 cm (Figura 4). Isso indica que ao se utilizar a concentração ótima estimada ocorreu um aumento de 31% do CPA comparado ao tratamento testemunha (11 cm).

O comprimento total de plântulas de pinhão manso apresentou aumento contínuo à medida que se aumentou a concentração do GA₃ na solução embebidora de sementes (Figura 5). Comparando-se os tratamentos com água destilada e a concentração máxima utilizada (160 mg L⁻¹), é possível verificar um CT de 17,2 e 24 cm, respectivamente, o que resultou em um aumento de 28% no comprimento das plântulas.

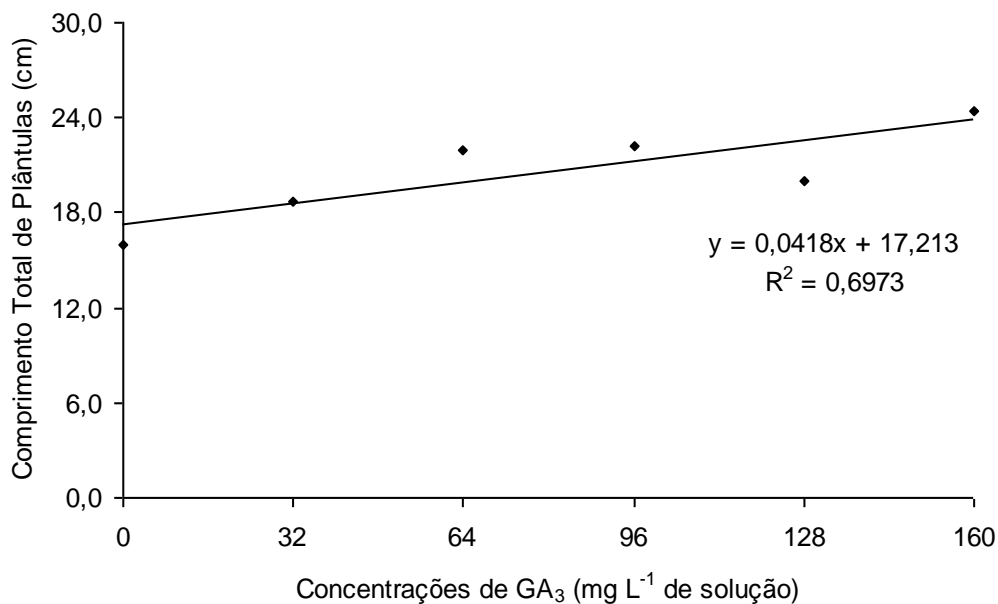


FIGURA 5. Comprimento total de plântulas de pinhão manso (CT), em resposta aos tratamentos de pré-embebição em solução contendo ácido giberélico (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

Resultados semelhantes aos constatados nessa pesquisa quanto ao comprimento da parte aérea e total de plântulas foram encontrados por Peixoto et al. (2011), trabalhando com sementes de mamoneira, assim como por Santos et al. (2013), em tratamento de sementes de maracujazeiro, ao testarem diferentes concentrações de GA₃ em solução embebidora de sementes. Prado Neto et al. (2007) também observaram decréscimos para essas características em plântulas de jenipapeiro, quando utilizaram concentrações acima de 200 mL de giberelina líquida L⁻¹ de solução, na concentração de 4% de GA₃ na composição do produto.

A curva de tendência referente à massa da matéria seca da raiz (MSR) de plântulas de pinhão manso, oriundas de sementes pré-embebidas em soluções com diferentes concentrações de GA₃ está apresentada na Figura 6. Assim como para outras características estudadas, os dados de MSR foram ajustados ao modelo matemático quadrático ($\hat{y} = 9E-06x^2 - 0,0018x + 0,1639$), porém com tendência distinta, a qual apresentou um decréscimo acentuado, até atingir o ponto mínimo de 0,07 g, na concentração estimada de 100 mg L⁻¹ de solução, seguido de um aumento contínuo até a maior concentração utilizada nesta pesquisa.

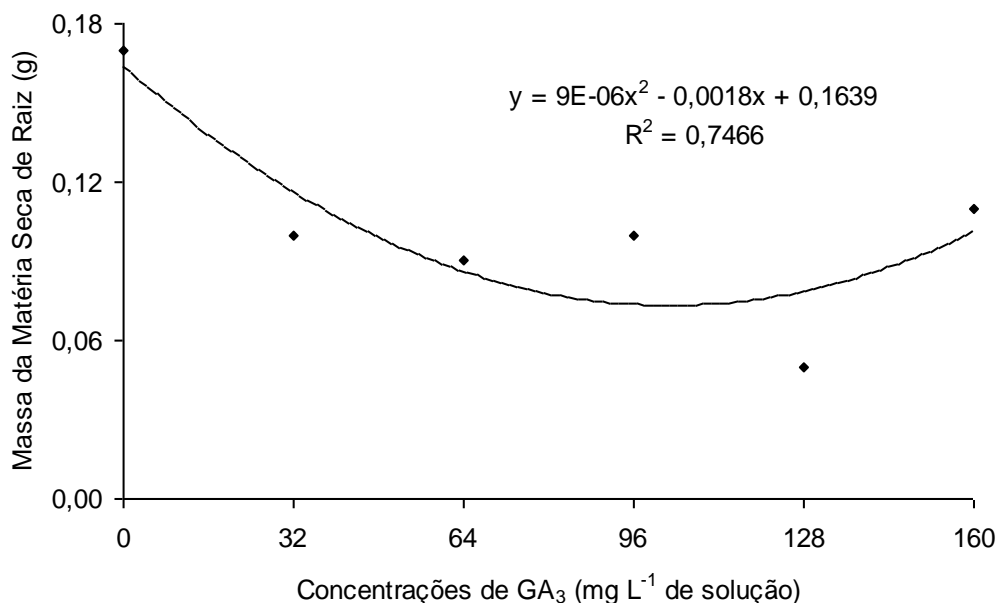


FIGURA 6. Massa de matéria seca de raiz de plântulas de pinhão manso (MSR), em resposta aos tratamentos de pré-embebição em solução contendo ácido giberélico (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

O resultado de MSR encontrado nesta pesquisa não é comum, visto que houve uma probabilidade de aumento caso fosse empregadas concentrações ainda maiores que a dose máxima utilizada. Por outro lado, nota-se que em todas as concentrações compreendidas na faixa de utilização do regulador vegetal, nenhuma obteve MSR superior ao tratamento em que as sementes foram embebidas apenas em água destilada.

Resultados contrários aos observados neste estudo foram verificados por Peixoto et al. (2011), em que o GA₃ apresentou resposta positiva a medida que aumentou a sua concentração na solução embebida das sementes de mamoneira, com diminuição de massa da matéria seca de raiz verificada apenas na concentração mais elevada (150 µL de giberelina líquida L⁻¹ de solução), produto o qual era composto também por 4% GA₃.

A quantificação da massa da matéria seca de plântulas, ou de algum órgão pertencente a ela, pode ser considerada elementos importantes para os testes de vigor de sementes de qualquer espécie, uma vez que fornecem informações

sobre a capacidade de emergência de plântulas normais, que ajudam a verificar sobre a real qualidade fisiológica das sementes (THOMAZINI e MARTINS, 2011).

Com o incremento da giberelina, as enzimas tendem a atuar com maior veemência na quebra de amido em açúcar, reduzindo o teor de água na célula, o que demanda a entrada de água para o seu interior, provocando o alongamento celular por turgescência (ALVES et al., 2006). Para Santos et al. (2013), a utilização de biorreguladores de crescimento no tratamento de sementes potencializa o processo germinativo e o vigor de plântulas, acelerando a velocidade de emergência. No entanto, é importante ressaltar que quantidades insignificantes de um fitorregulador podem resultar em alterações constantes no metabolismo da planta ou da semente, refletindo em variações no seu desenvolvimento celular (MOTERLE et al., 2011).

É possível observar que o GA₃ apresentou efeito positivo no vigor de plântulas de pinhão manso, principalmente para as características PN, IVE, CR, CPA e CT. No entanto, a primeira contagem de plântulas normais, o índice de velocidade de emergência e o comprimento da parte aérea apresentaram concentrações ótimas de GA₃ para melhor crescimento de plântulas, uma vez que concentrações acima desse ponto ótimo indicaram ação contrária, ao manter uma inflexão com tendência a queda. Isso pode está relacionada à intensa hidrólise das substâncias de reservas cotiledonares, devido à atuação das enzimas hidrolíticas, as quais são ativadas com o aumento dos níveis do GA₃. Além disso, as concentrações mais elevadas utilizadas neste estudo podem ter provocado possíveis microlesões à nível celular, afetando tanto o crescimento e desenvolvimento das regiões apicais quanto do eixo embrionário.

Os resultados apresentados nesta pesquisa constituem uma valiosa informação para os produtores de mudas de pinhão manso que se interessem em utilizar o GA₃ com o intuito de otimizar sua produção. É possível se ter uma ideia da melhor faixa de concentração de ácido giberélico na solução utilizada para embebição das sementes evitando, dessa forma, o uso de concentrações do GA₃ acima da ótima que, além de resultar em maiores custos com a compra superestimada do produto, ainda pode ocasionar efeitos negativos na germinação de sementes e emergência de plântulas.

CONCLUSÃO

O uso de GA₃ na faixa de concentrações entre 100 e 160 mg L⁻¹ de solução promove maior vigor de plântulas de pinhão manso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; CORRÊA, L. S.; BINOTTI, F. F. S. Efeito da temperatura de armazenamento e de fitoreguladores na germinação de sementes de maracujá doce e desenvolvimento inicial de mudas. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 441-448, 2006.

ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. P.; SILVA, F. F. S.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; CASTRO, M. R. R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 083-092, 2010.

ARAGÃO, C. A.; LIMA, M. W. P.; MORAIS, O. M.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Fitorreguladores na germinação de sementes e no vigor de plântulas de milho super doce. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 62-67, 2001.

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.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 2009. 399p.

CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M. Physiological quality of seeds in conventional and glyphosate-resistant soybean produced by foliar application of manganese. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 219-228, 2014.

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.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINE, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.

DODE, J. S.; MENEGHELLO, G. E.; MORAES, D. M.; PESKE, S. T. Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 686-691, 2012.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0 In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45., São Carlos, **Programa e resumos...** São Carlos: UFSCar, Julho de 2000, p.255-258.

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-mansó em função do espaçamento e irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1093–1099, 2012.

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.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

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.

OLIVEIRA, D. **Stimulate® na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial de *Jatropha curcas* L.** 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

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-mansão produzidas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 37-46, 2011.

PEIXOTO, C. P.; SALES, F. J. S.; VIEIRA, E. L.; PASSOS, A. R.; SANTOS, J. M. S. Ação da giberelina em sementes pré-embebidas de mamoneira. **EComunicata Scientiae**, v. 2, n. 2, p. 70-75, 2011.

PINTO JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; DRANSKI, J. A. L.; STEINER, F.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 636-643, 2012.

PRADO NETO, M.; DANTAS, A. C. V. L.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. O. Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em

regulador e estimulante vegetal. **Revista Ciência e Agroecologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 693-698, 2007.

SANTOS, C. A. C.; VIEIRA, E. L.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Germinação de sementes e vigor de plântulas de maracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácido giberélico. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 400-407, 2013.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; GOMES, A. A.; SILVA, K. A.; WATHIER, F.; SCALON FILHO, H. Germinação e crescimento inicial da muda de orelha-demacaco (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong): efeito de tratamentos químicos e luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 529-536, 2006.

SCALON, S. P. Q. LIMA; A. A.; FILHO, H. S.; VIEIRA, M. C. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *campomanesia adamantium* camb.: efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 096-103, 2009.

SILVEIRA, P. S.; CUSTÓDIO, J. P. C.; SILVA, F. C. M.; NASCENTE, A. C. S.; MONTEIRO, C. L.; MATOS, F. S. Ação dos brassinosteróides no crescimento de mudas de pinhão manso sob déficit hídrico. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 2, n. 1, p. 52-61 2016.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKIE, D. A. **Principles and procedures of statistic: A biometrical approach**, New York: Mc Graw Hill Book Co. 1997. 666 p.

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.

THOMAZINI, A.; MARTINS, L. D. Qualidade física e fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivar MG2 em condições de casa de vegetação e laboratório. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 01-09, 2011.

ARTIGO 2

ÁCIDO GIBERÉLICO NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE PINHÃO MANSO¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Caatinga.

Ácido giberélico no crescimento inicial de plantas de pinhão manso

Resumo: Objetivou-se avaliar a ação do GA₃ no crescimento inicial de plantas de pinhão manso, utilizados 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 × 6 (seis concentrações de GA₃ × 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.

Giberelic acid in initial growth of jatropha plants

Abstract: The objective of this study was to evaluate the GA₃ action on initial growth of jatropha plants, utilized 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 × 6 factorial scheme (six concentrations of GA₃ × 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, GA₃, liquid gibberellin, development.

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, agronômicos 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, uma vez que, 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 conseqüente acúmulo de massa da matéria seca (STEFANINI et al., 2002). Desempenho parecido pode ser alcançado com a aplicação exógena da

giberelina líquida (GA_3), uma vez que, nesse caso, pode ocorrer um excesso no alongamento do caule e conseqüente 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_3 no crescimento inicial de plantas de pinhão manso, utilizado via pré-embebição de sementes e em pulverizações foliares.

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_3), composta de 4% de GA_3 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 (Anexo 1). 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⁻¹ de solução) (Anexo 2). Na Tabela 1 é possível observar a quantidade de ácido giberélico (mg L⁻¹) presente nas soluções utilizadas (tratamentos).

TABELA 1. Soluções (tratamentos) de giberelina líquida (mL L⁻¹ de solução) e suas respectivas concentrações de ácido giberélico (mg L⁻¹) utilizadas e controle. Cruz das Almas, BA, 2019.

Tratamentos	Giberelina Líquida com 4% de GA ₃	Concentrações de GA ₃
	mL L ⁻¹	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 (Anexo 5). 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 GA₃ 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 $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, até atingir massa constante. A área foliar (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 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, 2000).

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 (2) partes de esterco bovino, uma (1) parte de areia lavada e uma (1) 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_3 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 $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, 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 (PEIXOTO et al., 2011; CRUZ et al., 2011).

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 et al., 2011; CRUZ et al., 2011 e SOUZA et al., 2013), utilizando-se as seguintes

fórmulas matemáticas: $TCR = TCR = (LnW2 - LnW1) / (T2 - T1) = g\ g^{-1}\ dia^{-1}$; e Taxa Assimilatória Líquida: $TAL = [(W2 - W1) \times (LnL2 - LnL1)] / [(L2 - L1) \times (T2 - T1)] = g\ cm^2\ dia^{-1}$; 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 x 6 (seis concentrações de GA₃ x 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.

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 1. Foi verificado efeito significativo também para a característica massa da matéria seca de folhas (MSF) (Tabela 2).

TABELA 1. 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 (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

FV	GL	QM				
		AP	DC	NF	MSR	MSC
TRAT.	5	23,941667**	0,022987**	0,998667*	0,004373**	0,437037 ^{ns}
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. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

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 (GA₃). Cruz das Almas, BA, 2019.

FV	GL	QM		
		MSF	AF	MST
TRAT.	5	0,013902*	1,085000 ^{ns}	0,590499 ^{ns}
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. ^{ns} 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 1 e 2, 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; DALTRI et al., 2012; HORSHUTZ 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 GA₃ 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 GA₃ utilizada na solução (160 mg L⁻¹) respectivamente, o que resulta em um aumento de aproximadamente 32%. Isso indica que o GA₃ 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 Daltri 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 GA₃, cuja avaliações foram realizadas no mesmo período em ambos estudos.

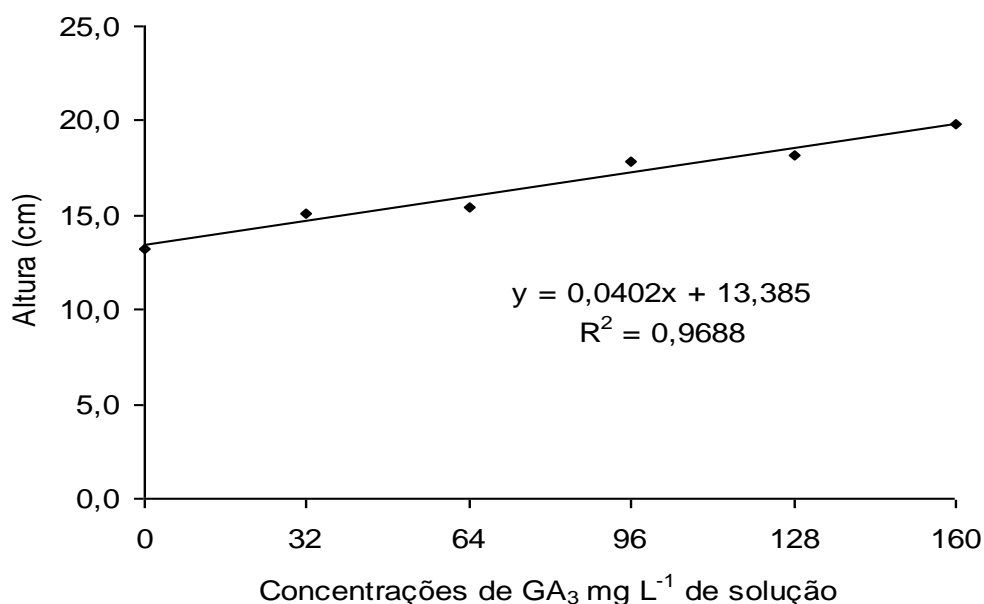


FIGURA 1. Altura de plantas (AP) de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃), aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2019.

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 GA₃ nas soluções utilizadas como tratamento na embebição de sementes e pulverização das plantas de pinhão manso. O uso da maior concentração de GA₃ neste estudo (160 mg L⁻¹) 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 GA₃ não promoveu ação favorável ao aumento do DC das plântulas de pinhão manso.

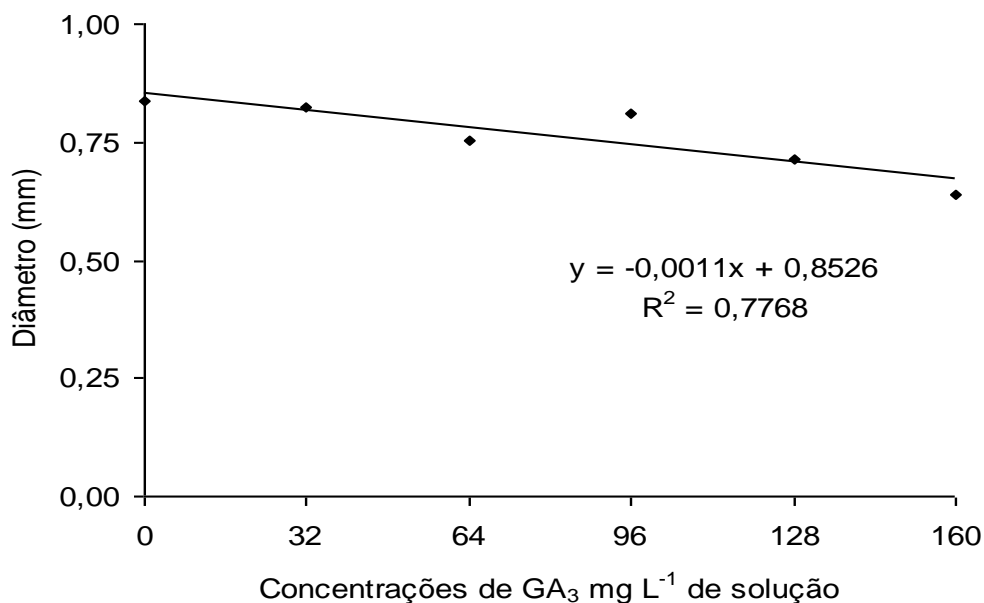


FIGURA 2. Diâmetro do caule (DC) de plantas de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃) aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2019.

Esse efeito depressivo do DC em resposta ao uso do GA₃ 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 GA₃ 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 GA₃ 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^{-1} de solução).

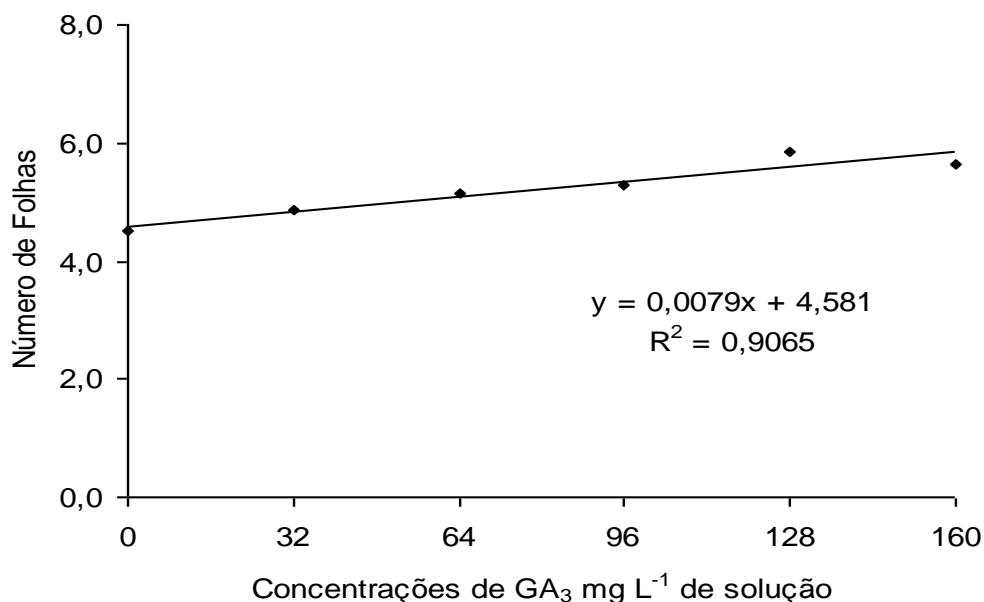


FIGURA 3. Número de folhas (NF) de plantas de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃) aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2019.

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 GA₃ nas soluções utilizadas. Esse desempenho, assim como o verificado na característica DC, indica que o GA₃ 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 GA₃ 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 GA₃, 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.

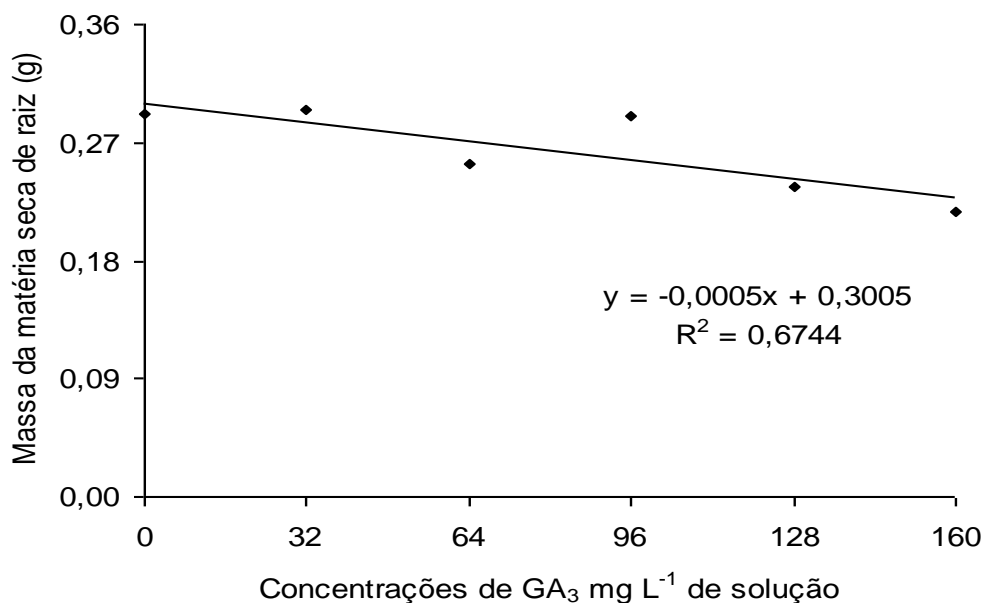


FIGURA 4. Massa da matéria seca de raiz (MSR) de plantas de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃) aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2019.

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 GA₃ 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 GA₃ L⁻¹ (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 GA₃ 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.

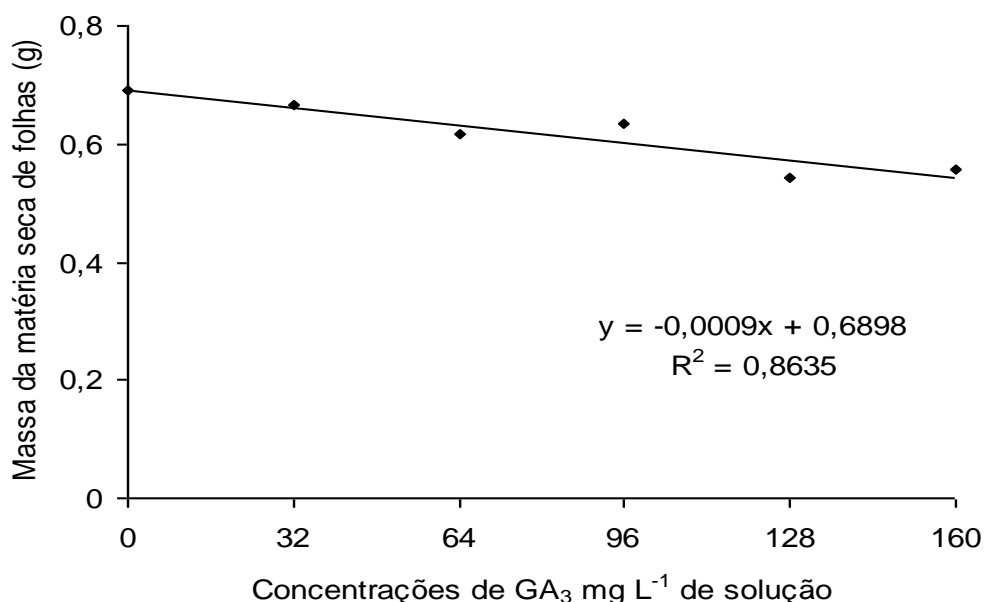


FIGURA 5. Massa da matéria seca de folha (MSF) de plantas de pinhão manso, em resposta aos tratamentos com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃) aos 40 dias após a semeadura. Cruz das Almas, BA, 2019.

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).

No Apêndice 1 encontram-se as equações referentes à variação da taxa de crescimento relativo (TCR) e da taxa assimilatória líquida (TAL), no 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).

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_3 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.

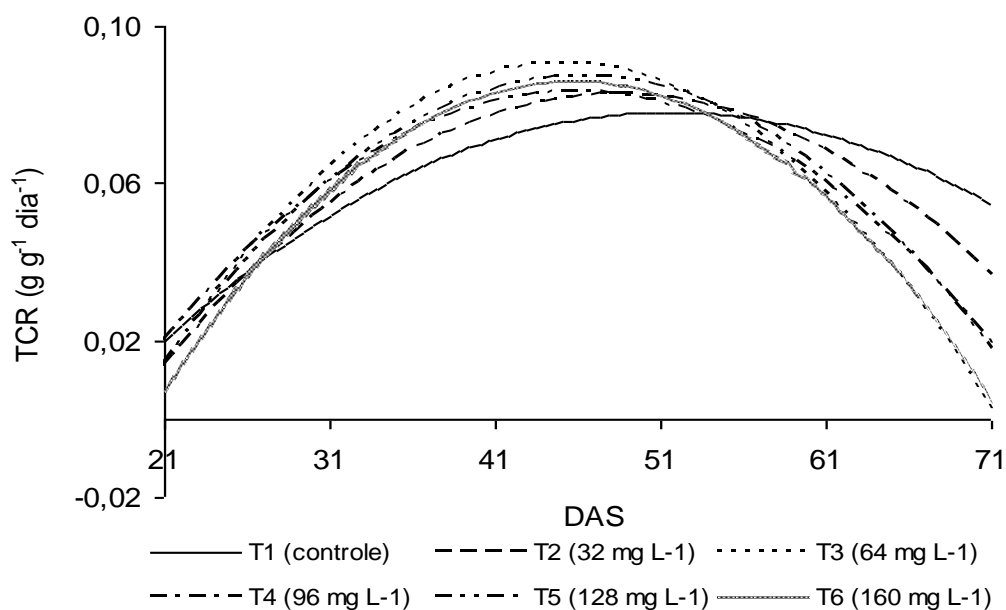


FIGURA 6. Variação da taxa de crescimento relativo (TCR) ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) e dias após a sementeira (DAS) de plantas de pinhão manso, oriundas de sementes pré-embecidas em água destilada (T1) e cinco concentrações de GA_3 (T2 a T6) em casa de vegetação. Cruz das Almas, BA, 2019.

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_3 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_3 (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_3 L^{-1} 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_3 nas plantas de pinhão manso após transcorrido esse período.

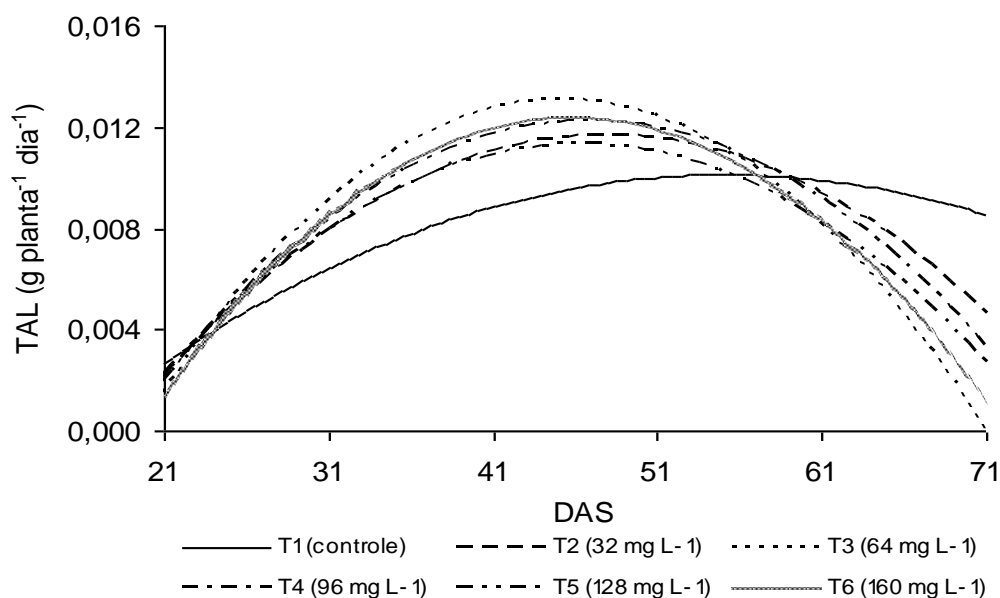


FIGURA 7. Variação da taxa assimilatória líquida ($g\ dm^{-2}\ dia^{-1}$) e dias após a semeadura (DAS) de plantas de pinhão manso, oriundas de sementes pré-

embebidas em água destilada (T1) e cinco concentrações de GA₃ (T2 a T6) em casa de vegetação. Cruz das Almas, BA, 2019.

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 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 GA³ 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 GA₃ 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 GA₃ 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.

CONCLUSÃO

O GA₃ 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 BIBLIOGRÁFICAS

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. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0 In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45., São Carlos, **Programa e resumos...** São Carlos: UFSCar, Julho de 2000, p.255-258.

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 agrônomo

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.; 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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente preocupação com o meio ambiente em todo o mundo desperta o interesse de se buscar novas alternativas de fontes potenciais energéticas não poluentes em substituição a outras que promovem altos índices de poluição, a exemplo dos combustíveis fósseis, os quais ainda são os mais utilizados. O uso de espécies oleaginosas com capacidade de produzir óleos biocombustíveis é uma das principais possibilidades de mudar essa tendência de supremacia que os combustíveis fósseis detêm nesse segmento, o que resulta em um ambiente mais limpo no que se refere à emissão de gases poluentes.

O pinhão manso é uma espécie que apresenta sementes com características propícias para produzir óleo biocombustível de qualidade comprovada. Essas plantas apresentam uma ampla adaptabilidade às mais variadas condições edafoclimáticas, o que facilita a dispersão de seu cultivo pelo mundo, uma vez que não são exigidas técnicas mais sofisticadas para o seu cultivo, podendo ser mais uma alternativa para pequenos agricultores que não possuem recursos tecnológicos avançados.

As plantas de pinhão manso são capazes de se desenvolver bem em ambientes áridos, pois não estão sujeitas a maiores problemas com a baixa disponibilidade hídrica. Por esse motivo, a cultura pode ser considerada de grande importância para o Brasil, em especial para a região Nordeste que sofre com a instabilidade pluviométrica, da mesma forma que os agricultores não dispõem de tecnologia avançada. Nesse aspecto, o pinhão manso pode favorecer o agricultor nordestino como uma possibilidade de renda, promovendo melhorias no aspecto socioeconômico da região.

Em que pese o pinhão manso aparecer com alta perspectiva no aumento de seu cultivo, é necessário a realização de pesquisas com a espécie, uma vez que tem muito a se estudar e descobrir sobre essa planta que ainda passa por processo de domesticação. É preciso que se tenha um padrão de sistema de produção, com uso de cultivares melhoradas e padronizar processos como preparo do solo para plantio, adubação, tratamentos culturais, entre outros fatores.

A busca por formas de cultivo com tecnologia que promova melhor qualidade de mudas de pinhão manso se faz necessária para obtenção de material com potencial promissor de se desenvolver melhor no campo. O uso de

reguladores vegetais na agricultura tem revelado resultados satisfatórios na germinação de sementes e vigor de plântulas, assim como no crescimento, desenvolvimento e produtividade de plantas de várias espécies.

Diante do exposto, é possível afirmar que o GA₃ apresenta ação positiva na germinação de sementes e no vigor de plântulas, assim como no crescimento de mudas de pinhão manso. Enfatiza-se, entretanto, a necessidade da realização de novos estudos, testando-se outras concentrações desse regulador vegetal.

APÊNDICE

APÊNDICE 1. Equações polinomiais Taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de pinhão manso submetidas a tratamentos com o ácido giberélico (GA₃) mais o controle. Cruz das Almas, BA, 2019.

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

ANEXOS

ANEXO 1. Processo de assepsia das sementes de pinhão manso para posterior tratamento com as diferentes concentrações de GA₃.



ANEXO 2. Preparo da solução com as diferentes concentrações de ácido giberélico (GA_3) e posterior embebição das sementes de pinhão manso.



ANEXO 3. Rolos de papel de germinação contendo sementes de pinhão manso tratadas com diferentes concentrações de GA_3 .



ANEXO 4. Teste de emergência de plântulas de pinhão manso distribuídas em bandejas contendo como substrato areia lavada.



ANEXO 5. Semeadura do pinhão manso em sacos de polietileno preenchidos com substrato composto de areia lavada.

