



**Fenologia, reguladores de
crescimento e adubação
do pinhão-manso**

Fenologia, reguladores de crescimento e adubação do pinhão-manso

*Rodrigo Barros Rocha
Victor Mouzinho Spinelli
André Rostand Ramalho
Victor Ferreira de Souza
Bruno Galvêas Laviola*

Introdução

A necessidade de reduzir a dependência por combustíveis fósseis é uma preocupação mundial. Sobre esse aspecto, de maneira pioneira, o Brasil se posicionou como desenvolvedor de tecnologia e potencial exportador de biocombustíveis. Por meio do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), criado em 2004, o governo tem incentivado pesquisas com “plantas oleaginosas alternativas”, entre elas o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.).

A baixa produtividade dos materiais cultivados e a inexistência de uma cadeia produtiva foram os fatores que mais contribuíram para o insucesso desses plantios, que foram sendo reduzidos com o passar dos anos. Apesar da geração de conhecimento ocorrido nos últimos anos, muitos desafios ainda precisam ser superados para aumentar a sustentabilidade econômica, social e ambiental desse cultivo.

Por ser tratar de uma oleaginosa perene, ou seja, uma espécie com potencial para produção de óleo vegetal por longo período, a velocidade com que a pesquisa gera seus resultados é limitada pelo seu longo ciclo de vida. Complementando o capítulo anterior, a seguir apresentam-se resultados avaliados na região Norte do País sobre fenologia, respostas a reguladores de crescimento e adubação do pinhão-manso.

Fenologia

O entendimento das relações entre o ciclo biológico e as condições de clima e de solo é uma questão básica e fundamental para o cultivo do pinhão-mansão. Os principais eventos biológicos do ciclo de vida dessa oleaginosa dependem das condições edafoclimáticas locais, que influenciam na intensidade e no período das diferentes fases do seu ciclo de vida.

Gurgel et al. (2011) e Fernandes et al. (2013), ao descreverem a fenologia do pinhão-mansão nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sul do País, observaram diferentes períodos de abscisão foliar, florescimento e produção. Embora novos plantios tenham sido instalados em diferentes regiões do País, existe pouca informação sobre o desenvolvimento dessa oleaginosa na região Norte. Com o objetivo de caracterizar os períodos de formação de novas folhas, abscisão foliar, inflorescência, produção e maturação dos frutos, foram monitorados mensalmente, de janeiro de 2008 a dezembro de 2010, os eventos biológicos e produtivos do pinhão-mansão cultivado no município de Porto Velho, RO, no campo experimental da Embrapa Rondônia.

Os tratos culturais realizados foram adaptados de Dias et al. (2007), de acordo com os resultados de pesquisa com pinhão-mansão no Brasil e no mundo (Bahadur et al., 2013; Carels et al., 2013). Durante o período de avaliação do experimento, não foi necessário utilizar agroquímicos para controle de pragas e doenças da cultura.

O clima da região é tropical do tipo Aw, quente e úmido, com período seco bem definido de junho a setembro, temperatura média anual de 25 °C, precipitação média anual de 2.354 mm e evapotranspiração média anual de 851 mm (Normais..., 1992) (Figura 1). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura muito argilosa. Observou-se melhora nos atributos dos solos com o passar dos anos, resultado da calagem e da adubação do plantio (Tabela 1).

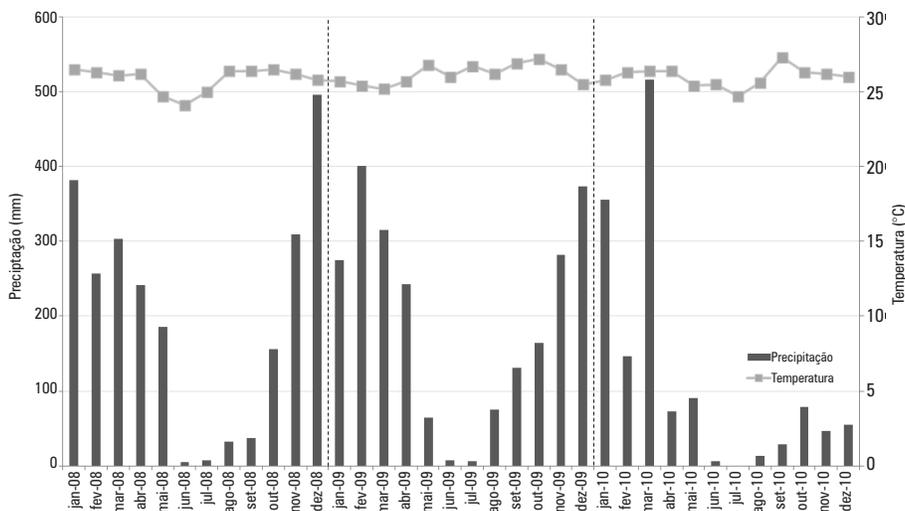


Figura 1. Médias mensais da precipitação pluvial (barra) e temperatura (linha), registrada durante o período de janeiro de 2008 a dezembro de 2010 no município de Porto Velho, RO.

Tabela 1. Atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm, avaliados em 2009, 2010 e 2011, na área experimental localizada no município de Porto Velho, RO.

Data	pH	P mg dm ⁻³	K	Ca ----- mmol _e dm ⁻³ -----	Mg	Al + H	Al	MO g kg ⁻¹	V %
9/9	4,4	3,0	2,54	13,1	9,7	174,9	33,6	23,1	13
9/10	4,8	2,0	1,03	26,3	17,0	108,9	14,8	25,2	29
9/11	5,0	2,0	1,23	45,1	21,5	90,8	6,8	27,4	43

P = fósforo (Mehlich⁻¹); K = potássio trocável (Mehlich⁻¹); Mg = magnésio trocável; Al + H = acidez titulável; Al = alumínio trocável; MO = matéria orgânica; V = saturação por bases.

As principais fases do ciclo de vida dessa oleaginosa, também chamadas de fenofases, são a abscisão foliar, o florescimento e a produção de frutos. Ainda considerada como uma espécie em domesticação, adapta-se bem a regiões tropicais, subtropicais e a climas áridos. Nesses locais, o pinhão-manso perde suas folhas e paralisa seu crescimento durante os períodos de estiagem, voltando a produzir folhas novas e a florescer no início da

estação das chuvas. Em outras regiões, a abscisão foliar ocorre em diferentes épocas. Em regiões de clima frio, acontece durante o período de baixas temperaturas. Em regiões de clima tropical úmido, com precipitações acima de 5.000 mm anuais, o pinhão-mansão perde suas folhas durante o período de excedente pluviométrico.

Na região, a precipitação pluviométrica é o evento climático de maior influência na fenologia dessa planta, que apresenta produção de novas folhas logo após o início da estação das chuvas (Figura 2). Durante a avaliação das plantas, observou-se que, após o período de seca bem definido, entre os meses de junho a setembro, o pinhão-mansão voltou a produzir novas folhas em agosto de 2009 e em setembro de 2010. Segundo Achten et al. (2010), a abscisão foliar está associada à fisiologia dessa planta, que paralisa seu crescimento, armazena metabólitos e utiliza a água de maneira mais eficiente. No primeiro ano de plantio, não se observou abscisão foliar, o que indicou maior exigência hídrica das plantas adultas aos 24 e 36 meses de cultivo. Fernandes et al. (2013) também observaram a abscisão foliar somente após os 12 meses de plantio.

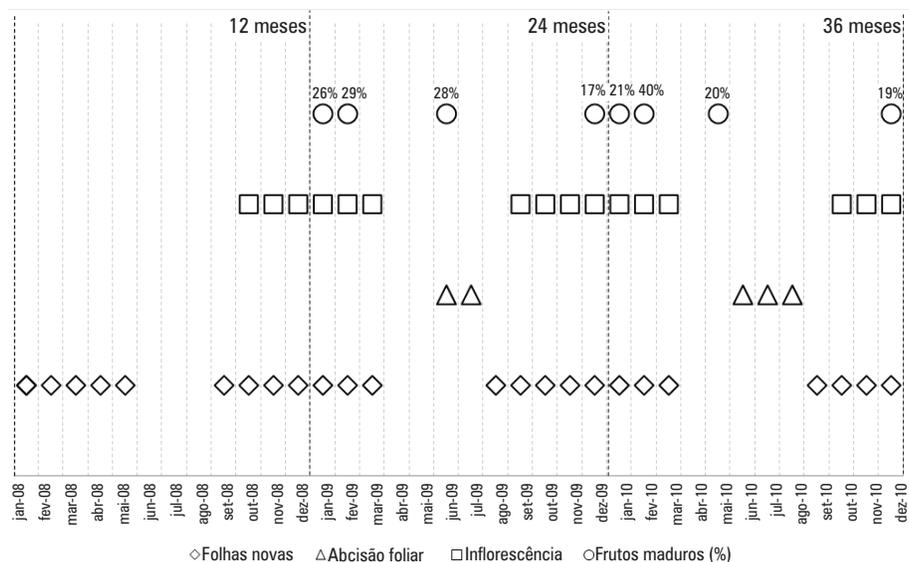


Figura 2. Fenograma do pinhão-mansão em que são ilustradas as épocas de produção de novas folhas, abscisão foliar, florescimento e percentual de frutos maduros, de janeiro de 2008 a dezembro de 2010, no município de Porto Velho, RO.

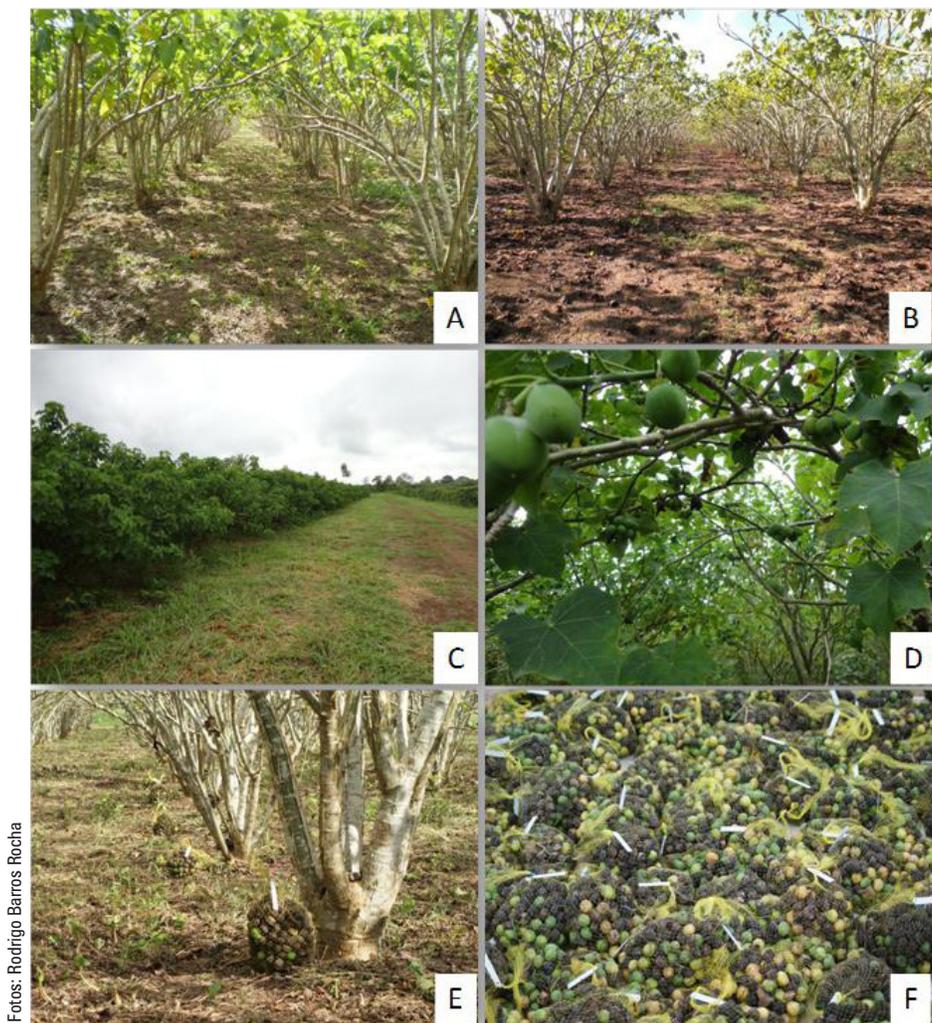


Figura 3. Registro fotográfico realizado ao longo do ano de 2011, no qual são mostradas diferentes fenofases do cultivo do pinhão-mansão: maio de 2011 e junho de 2011 – abscisão foliar (A e B); outubro de 2011 – produção de novas folhas e frutos (C e D); dezembro de 2011 – frutos verdes, amarelos e maduros (E e F).

O primeiro florescimento significativo ocorreu após 10 meses de cultivo, quando, no mês de outubro de 2008, as plantas passaram a emitir inflorescências constantemente até o mês de março de 2009. O florescimento contínuo do pinhão-mansão faz com que a planta produza frutos durante quase todo o período das chuvas, dificultando os procedimentos de

colheita. Segundo Divakara et al. (2010), a capacidade de resistir às condições adversas, associada à produção de frutos durante longos períodos de tempo, é uma estratégia evolutiva dessa oleaginosa, que aumenta sua possibilidade de deixar descendência em épocas diferentes das plantas de florescimento concentrado.

O florescimento contínuo reflete na maturação desuniforme dos frutos. Por isso, em campo podem ser encontrados ao mesmo tempo frutos verdes, frutos em amadurecimento e frutos maduros. De janeiro de 2008 a dezembro de 2010, foram realizadas seis colheitas nos meses de fevereiro, junho e dezembro de 2009 e nos meses de fevereiro, maio e dezembro de 2010. Nesse período, observaram-se duas épocas de maior concentração de frutos em campo: a primeira ocorreu entre os meses de dezembro e fevereiro e a segunda entre os meses de abril e junho. Também se observou maior produção de frutos na primeira época de colheita (Figura 2). A Figura 3 apresenta o registro fotográfico de diferentes fenofases do cultivo.

Respostas a reguladores de crescimento

Na agricultura moderna, duas estratégias principais são consideradas para o aumento da produtividade por área: o plantio de materiais genéticos superiores e a melhoria das condições de ambiente (Openshaw, 2000). Eldridge et al. (1994) observaram uma relação aditiva entre esses fatores, resultado da expressão do potencial genético superior com a melhoria do ambiente e das condições de plantio.

Quanto à melhoria das condições do ambiente, ela pode ser atingida pela correção do ambiente em conformidade com as necessidades da planta ou por meio de práticas de manejo para melhorar a adaptação e a eficiência no aproveitamento dos nutrientes. A aplicação exógena de reguladores de crescimento estimula a resposta da planta em condições ambientais não favoráveis, favorecendo o seu crescimento em condições adversas (Marengo; Lopes, 2007).

A citocinina sintética, 6-benziladenina, produz um efeito acelerador na divisão e na expansão celular, que pode resultar em maior resistência dos tecidos dos frutos nas fases de rápido desenvolvimento. As citocininas têm como efeito específico aumento da taxa de incorporação de aminoácidos, retardamento da senescência e aumento de absorção de nutrientes (Salisbury; Ross, 1991). É um regulador de crescimento utilizado em diversas

culturas para acelerar a taxa de crescimento, induzir a formação de raízes, impedir a queda de frutos e ajustar a relação entre flores masculinas e femininas de inflorescências (Kumar et al., 2011).

Recentemente, diferentes reguladores de crescimento estão sendo testados no cultivo do pinhão-mansão. Joshi et al. (2011) observaram efeito sinérgico da auxina e do etileno no desenvolvimento floral e na produção de grãos. Pan e Xu (2011) constataram que a aplicação exógena de benziladenina (BA) aumentou o desenvolvimento floral e a produção de grãos, não tendo sido observada resposta às aplicações de BA em concentrações superiores a 160 mg L⁻¹. De maneira contraditória, Abdelgadir et al. (2010) observaram que a aplicação foliar da BA aumentou o desenvolvimento floral sem resultar em aumento na produção de grãos. As diferentes condições edafoclimáticas e a avaliação de plantas com apenas 12 meses de plantio limitam a predição da resposta em campo da aplicação exógena da benziladenina.

No intuito de buscar novas alternativas para incremento da produtividade em *J. curcas*, o objetivo deste trabalho foi quantificar a resposta em campo da aplicação de BA no florescimento e na produção de grãos, considerando plantas em idade produtiva e espaçamento adensado. O experimento foi conduzido no município de Porto Velho, RO (latitude 8° 47' 38.09 S; longitude 63° 50' 50.40 O e 87 m de altitude). O clima da região é tropical do tipo Am (classificação Köppen), quente e úmido, apresenta período seco bem definido com ocorrência de déficit hídrico nos meses de junho a setembro, temperatura média anual de 25 °C, precipitação média anual de 2.354 mm e evapotranspiração média anual de 851 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura argilosa.

Antes do plantio, foi realizada a calagem superficial em área total, com a aplicação de 4 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 60%). O plantio foi efetuado em dezembro de 2008, em espaçamento de 3 m x 2 m, utilizando-se mudas com 1 mês de crescimento em viveiro, acondicionadas em sacolas de polietileno de 2 L, a partir de sementes de origem genética desconhecida. A adubação de plantio consistiu na aplicação de 150 g de superfosfato simples, 50 g de cloreto de potássio e 30 g de FTE BR-12.

Durante o período experimental, alternadamente, realizou-se capina mecânica por meio de motorroçadeira costal e capina química (Glifosato na dosagem de 1,5 L ha⁻¹) seguida de coroamento manual das plantas com enxada. Durante a condução do experimento,

não se realizou o controle químico de pragas e doenças. Foram coletadas amostras de solo em cada parcela nas profundidades de 0-20 cm e 20 cm-40 cm (Tabela 2). As adubações de cobertura foram efetuadas a partir do segundo ano, com a aplicação 50-60-40 kg ha⁻¹ de N (ureia), P₂O₅ (superfosfato triplo) e K₂O (cloreto de potássio), duas vezes ao ano, três meses antes das duas principais colheitas, que acontecem nos meses de maio e junho e dezembro e janeiro.

Tabela 2. Atributos químicos do solo, nas camadas de 0-20 cm e 20 cm-40 cm, avaliados nos anos de 2009 a 2011 na área experimental localizada no município de Porto Velho, RO.

Data mês/ano	Prof. cm	pH	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al + H	Al	MO g kg ⁻¹	V %
				mmol _c dm ⁻³						
10/9	0-20	4,4	3	2,54	13,1	9,7	174,9	33,6	23,1	13
10/9	20-40	4,5	6	2,44	15,3	7,4	183,2	32,8	30,1	12
10/10	0-20	5,0	4	1,41	30,0	13,6	133,7	18,5	25,3	25
10/10	20-40	4,7	1	0,67	9,7	6,6	120,5	30,6	19,9	12
10/11	0-20	5,0	2	1,23	45,1	21,5	90,8	6,8	37,4	43
10/11	20-40	4,8	2	1,05	29,6	17,2	107,3	16,9	35,2	31

Prof. = profundidade; P = fósforo extraível (Mehlich⁻¹); K = potássio trocável (Mehlich⁻¹); Mg = magnésio trocável; Al + H = acidez titulável; Al = alumínio trocável; MO = matéria orgânica; V = saturação por bases.

Uma solução estoque (25 mg mL⁻¹) de 6-benziladenina (BA, ACROS ORGANICS, Geel, Bélgica) foi preparada com a dissolução de 1 g de BA em 5 mL de NaOH 1N e adição de água destilada para completar o volume final de 40 mL. Tween-20 (Polisorbato-20) foi adicionado a uma concentração final de 0,05% (v/v) como um agente adesivo. Um volume de 80 mL por planta da solução de uso a 150 mg L⁻¹ foi pulverizado diretamente nas inflorescências em desenvolvimento, conforme Pan e Xu (2011). Inflorescências controle foram pulverizadas com 5 mL de água destilada contendo 0,05% (v/v) de Tween-20 (Polissorbato-20). As pulverizações foram realizadas duas vezes, com uma semana de intervalo, nos dias 5/10/2011 e 12/10/2011, período em que se desenvolveram as primeiras inflorescências.

Para avaliação da resposta à aplicação exógena do regulador de crescimento, foi planejado um experimento em blocos casualizados, com dois blocos, parcela de planta única com 25 repetições, totalizando a avaliação de 100 plantas com 36 meses de plantio. O desenvolvimento floral e a produção de grãos foram avaliados considerando o número de inflorescências por planta, o número de flores femininas e masculinas por inflorescências, o número de cachos por planta, o número de frutos por cacho, o percentual de abortamento de frutos, o número máximo e mínimo de frutos por cacho e a produção de grãos por planta.

Os frutos em estágio final de maturação foram colhidos separadamente nas árvores e na projeção da copa. Após a colheita, os frutos foram secos à sombra por aproximadamente 7 dias, quando foram beneficiados. Após o beneficiamento, a umidade das sementes foi mensurada em determinador de umidade, e aquelas com teor inferior a 9% foram pesadas com utilização de balança analítica. A diferença entre tratamentos foi interpretada considerando-se o teste F da análise de variância. O contraste entre as médias foi avaliado utilizando-se o teste de Tukey a 1% de probabilidade (Cruz et al., 2004).

Esse é o primeiro trabalho que mensura o efeito da benziladenina na produção de grãos do pinhão-mansinho considerando-se plantas em idade produtiva e condições de espaçamento adensado. A avaliação de plantas em estágio juvenil limita a interpretação da produtividade, uma vez que o potencial produtivo dessa oleaginosa perene se altera com o crescimento das plantas (Rocha et al., 2012).

De acordo com o teste F a 1% de probabilidade, verificou-se que a benziladenina alterou todas as características de florescimento e frutificação (Tabela 2). O coeficiente de variação, que é uma medida utilizada para aferir a precisão experimental, apresentou valores compatíveis com outros experimentos (Drumond et al., 2010; Laviola et al., 2010). Especificamente características avaliadas por contagem apresentam maiores valores de coeficiente de variação (Cruz; Regazzi, 2001). Apesar de não existir material genético uniforme (cultivar), observa-se que as condições experimentais controlaram adequadamente os efeitos aleatórios do erro experimental (Tabela 3).

O número de flores masculinas, femininas e o número de inflorescências por planta aumentaram significativamente com a aplicação da benziladenina (Figura 1). Segundo Spinelli et al. (2015), o número de flores femininas por inflorescência é um importante componente da produção de grãos, uma vez que limita o número de frutos que podem ser produzidos. O maior número de flores femininas por inflorescência, associado ao maior

número de inflorescências por planta, têm potencial para impactar na produção de grãos dessa oleaginosa (Figura 4).

Tabela 3. Valores do teste F da análise de variância, da média e do coeficiente de variação das características de florescimento e de produção de grãos de *Jatropha curcas* avaliadas aos 36 meses de plantio.

FV	GL	F.fem.	F.masc.	Inflor.	Frut.cacho	N.cacho
Tratamento	1	1.484,08**	8.990,48**	332,97**	3.343,42**	825,25**
Bloco	1	0,27 ^{NS}	5,16**	4,52*	2,07**	2,15**
Resíduo	97	-	-	-	-	-
Total	99	-	-	-	-	-
Média geral		11,93	54,05	63,99	4,73	41,44
CV (%)		34,86	40,19	8,01	42,08	30,16
FV	GL	Pegam.	Máx.	Mín.	Prod.	
Tratamento	1	169,33**	30,97**	360,99**	134.277,48**	
Bloco	1	2,21 ^{NS}	3,72 ^{NS}	0,044 ^{NS}	19.535,44**	
Resíduo	97	-	-	-	-	
Total	99	-	-	-	-	
Média geral		0,50	12	1,36	600	
CV (%)		48,69	41,00	59,00	33,68	

FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; F.fem. = número de flores femininas por inflorescência; F.masc. = número de flores masculinas por inflorescência; Inflor. = número de inflorescências por planta; Frut.cacho = número de frutos por cacho; N.cacho = número de cachos por planta; Pegam. = percentual de frutos que não abortaram por cacho; Máx. = número máximo de frutos por cacho; Mín. = número mínimo de frutos por cacho; Prod. = produção de grãos (grama por planta). CV = coeficiente de variação; ** = significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste F; * = significativo a 5% de probabilidade de acordo com o teste F.

O efeito em campo da aplicação do regulador de crescimento pode ser visualizado na Figura 5, em que se observa o desenvolvimento das inflorescências ao longo do tempo. Outros trabalhos têm mostrado que a benziladenina induz o aumento no número de flores por causa do efeito positivo da citocinina no desenvolvimento floral e na atividade meristemática (Abdelgadir et al., 2010; Pan; Xu, 2011).

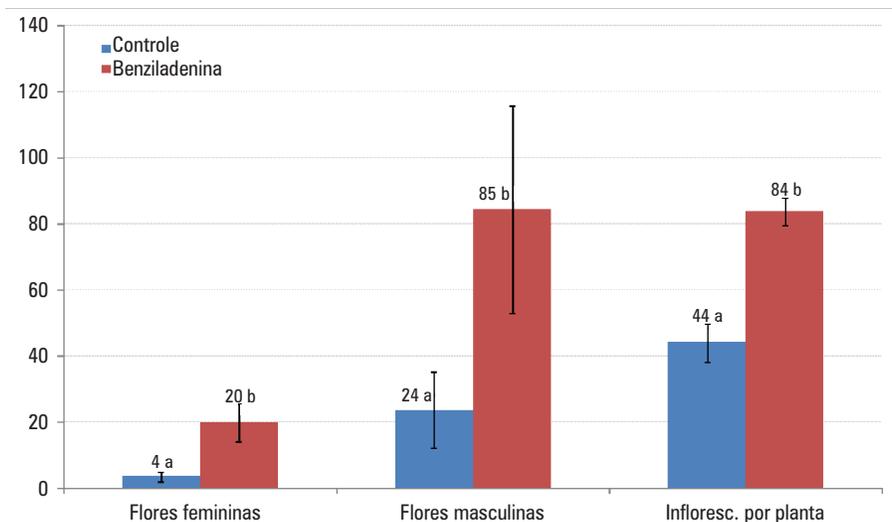


Figura 4. Comparação de médias pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade das características de florescimento avaliadas nas plantas tratadas com benziladenina e nas plantas não tratadas (controle).

As citocininas fazem parte de uma rede intrínseca de sinalização celular que controla o desenvolvimento e o crescimento das plantas em diferentes condições ambientais. Esse grupo de moléculas sinalizadoras responde a fatores extrínsecos, tais como disponibilidade de luz, nutrientes e água, apresentando papel importante no ajuste fino da resposta ao estresse biótico e abiótico. A aplicação exógena de citocinina pode causar mudanças no desenvolvimento de diversas outras espécies, não apenas no pinhão-manso. Plantas de tabaco e de arroz que tiveram a rota de produção de suas citocininas geneticamente modificadas apresentaram número reduzido de flores por inflorescência (Kurakawa et al., 2007; Werner; Schmulling, 2009).

Além de induzir o maior número de flores femininas por inflorescências, a aplicação de benziladenina alterou a relação de flores masculinas e femininas nas inflorescências. No tratamento controle, a relação de flores masculinas e femininas foi de 6:1, enquanto, no tratamento com a aplicação do benziladenina, a relação foi de 4,25:1. Proporções de flores masculinas e femininas mais próximas à unidade são desejáveis, pois isso proporciona maior equilíbrio no investimento energético na planta (Abdelgadir et al., 2010).

Os contrastes entre as médias das plantas tratadas e do grupo controle mostram que a aplicação de benziladenina contribuiu para aumentar o número de frutos por cacho,

em consequência do maior número de flores femininas por inflorescência formadas no tratamento com o regulador vegetal (Tabela 4 e Figura 5).

No entanto, observa-se que a aplicação da benziladenina nas plantas reduziu significativamente o pegamento dos frutos. Essa redução deve-se a fatores ambientais, resultado da competição por água, luz e nutrientes, e a fatores genéticos, associados à capacidade da planta de direcionar nutriente para o fruto (Figura 5). Nesse cenário, a seleção por genótipos com maior eficiência no uso de nutrientes e com pedúnculo maior deve ser a próxima etapa para a busca de melhores resultados de produtividade nessa oleaginosa.

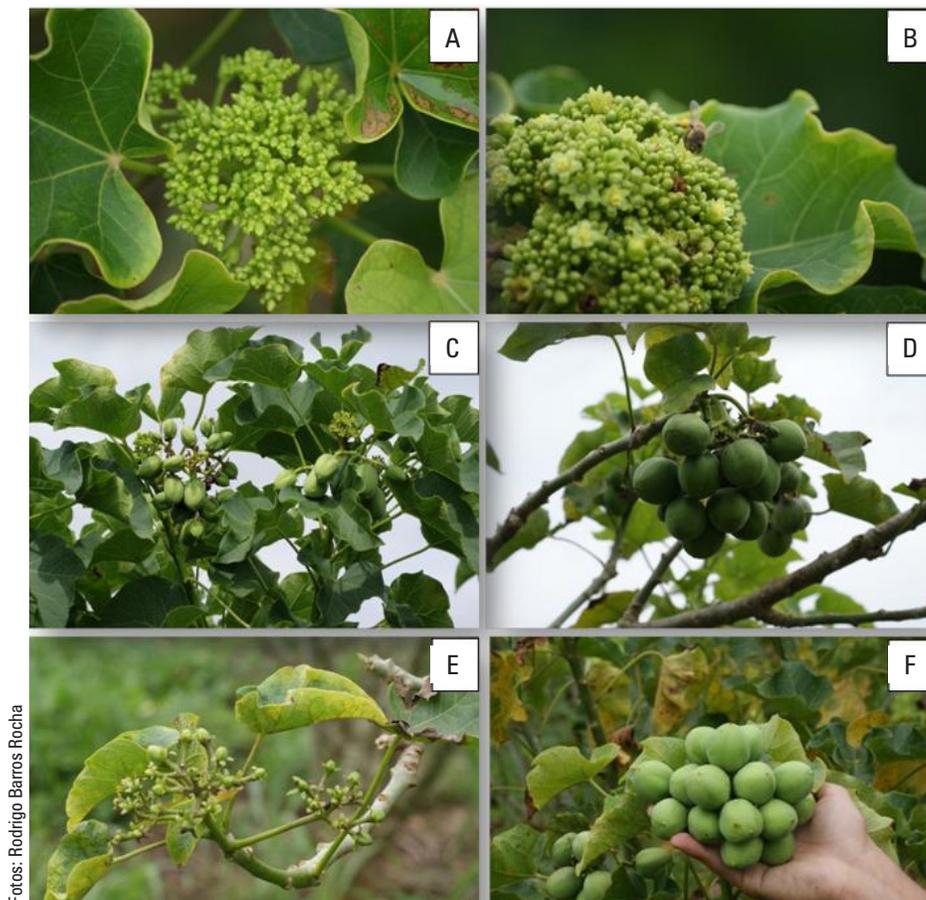


Figura 5. Desenvolvimento e frutificação das plantas tratadas com benziladenina. Inflorescências em desenvolvimento em 18/11/2011 (A e B); frutos em desenvolvimento em 30/11/2011 (C e D); abortamento de frutos em 9/12/2011 (E); cacho desenvolvido em amadurecimento em 15/12/2012 (F).

A aplicação da benziladenina pode alterar não somente os componentes reprodutivos das plantas, mas também o seu metabolismo, tornando-a mais eficiente na produção e no uso de fotoassimilados. O pinhão-mansão é uma planta que floresce em gemas terminais e, para florescer, depende de crescimento contínuo, diferentemente de outras espécies. No cafeeiro, por exemplo, a força de dreno dos frutos diminui a taxa do crescimento vegetativo (Laviola; Dias, 2008). Como reflexo do maior número de inflorescências por planta, observou-se que a aplicação de benziladenina proporcionou também maior número de cachos por planta (Tabela 4).

Em pinhão-mansão, avaliações da variabilidade e do controle genético do número de frutos por cacho têm quantificado pequena variabilidade entre os acessos para esse caráter (Borges et al., 2014). Nesse cenário, a aplicação do regulador de crescimento apresenta-se com prática de manejo potencial para aumentar ao máximo o número de flores femininas por inflorescência e de frutos por cacho em plantas selecionadas pelo programa de melhoramento.

Tabela 4. Comparação de médias pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade das características de frutificação e produção de grãos de *Jatropha curcas*, avaliadas aos 36 meses de plantio nas plantas tratadas com benziladenina e nas plantas não tratadas (controle).

Tratamentos	Frut.cacho	Cach.planta	Pegam.
Controle Benziladenina	2.55a	35.12a	0.64a
	6.91b	47.76b	0.35b
	Máx.	Mín.	Prod.
Controle Benziladenina	6.96a	0.98a	409.98a
	17.20b	1.74b	791.08b

Frut.cacho = número de frutos por cacho; Cach.planta = número de cachos por planta; Pegam. = percentual de frutos que não abortaram por cacho; Máx. = número máximo de frutos por cacho; Mín. = número mínimo de frutos por cacho; Prod. = produção de grãos (grama por planta).

Em consequência do maior número de cachos por planta e de frutos por cacho, a aplicação foliar de benziladenina resultou em maior produção de grãos por planta (Tabela 4). As plantas tratadas com regulador vegetal apresentaram produção média de grãos de 791,08 g por planta, o que equivale a aumento de 92% em comparação com a média de produção de 409,98 g por planta no tratamento controle. No espaçamento avaliado, as médias de produção equivalem respectivamente a 1,3 t ha⁻¹ e a 0,68 t ha⁻¹.

O uso de reguladores de crescimento é uma técnica importante para a agricultura moderna, apresentando-se como alternativa para maximizar a eficiência no uso de nutrientes orgânicos e minerais. Os fitormônios exógenos alteram o metabolismo da planta, a distribuição e a eficiência do uso de fotoassimilados e nutrientes e, conseqüentemente, aumenta o índice de colheita (Larcher, 2000). Os resultados aqui apresentados servirão de referência científica para planejamento e condução de outros experimentos relativos ao refinamento da prática em diferentes condições climáticas, considerando época e dosagem de aplicação. A aplicação exógena da benziladenina associada ao plantio de materiais selecionados com maior número de cachos por planta tem potencial para impactar a viabilidade desse cultivo.

Respostas à adubação

Tradicionalmente utilizado na medicina popular, o pinhão-mansão não foi cultivado ao longo dos anos para maior produção de grãos ou maior rendimento de óleo. Da expectativa inicial de quatro ou mais toneladas de grãos por hectare, produtividades inferiores a 2,0 t ha⁻¹ estão sendo obtidas em diferentes condições edafoclimáticas, em razão de limitações hídricas, ataques de pragas e doenças e deficiência nutricional (Laviola; Dias, 2008). A incidência de oídio em regiões de Cerrado e o ataque da cigarrinha têm sido observados em plantios em diversas regiões do mundo, incluindo o Brasil (Gusmão, 2010).

No ano de 2008, a área plantada de pinhão-mansão se expandiu até atingir aproximadamente 50 mil hectares em território brasileiro. Desde então, muitos agricultores abandonaram suas áreas de cultivo por causa da falta de informação em relação à adubação e ao manejo. A decomposição dos componentes de produção dessa oleaginosa, em uma população avaliada em clima tropical amazônico, mostrou que mais de 90% de variabilidade do rendimento de óleo está associado à produtividade de grãos (Spinelli et al., 2010).

A adubação adequada é importante para disponibilizar a quantidade de nutrientes necessária para o cultivo. A falta ou o excesso de determinado nutriente prejudica o desenvolvimento das plantas, limitando a produtividade e inviabilizando o cultivo. O pinhão-mansão absorve elevada quantidade de nutrientes do solo para folhas e frutos, sendo importante a reposição desses nutrientes para que não ocorra o empobrecimento do solo e a conseqüente diminuição da produtividade. Segundo Laviola e Dias (2008), nos 4 anos de cultivo em espaçamento de 4 m x 2 m, ou seja, 1.250 plantas por hectare, o pinhão-mansão

extrai do solo para os frutos 117 g por planta de nitrogênio (N), 23 g por planta de fósforo (P) e 83 g por planta de potássio (K) por hectare. Esse trabalho indica que o nitrogênio é o nutriente acumulado em maior quantidade nas folhas e nos frutos do pinhão-mansão.

Gusmão (2010), ao avaliar o efeito de três doses de adubação NPK (36:18:27, 54:18:27 e 72:18:27) em plantas com 24 meses de plantio, observou que o aumento de N nos formulados resultou em aumento de peso, comprimento e largura dos frutos, com redução no teor de óleo. Para cada 1% do aumento do formulado, ocorreu decréscimo de 0,01% do teor de óleo. Silva (2010) observou que o excesso de nutrientes resulta em menor crescimento de *Jatropha*, reduzindo a massa seca de raízes e caule. Segundo os autores, por ser uma planta caducifólia e seus órgãos, caule e raízes serem tipicamente estruturas de reserva de nutrientes, é presumível que a oferta demasiada de nutrientes sinalize menor necessidade de síntese e acúmulo de compostos de reservas. Silva (2010) também descreve redução no crescimento de mudas com doses elevadas de NPK.

Além das avaliações de crescimento de mudas ou plantas em fase juvenil, o desenvolvimento de uma primeira aproximação de adubação para esse cultivo depende da avaliação de plantas em idade produtiva e de espaçamento adensado. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar a produtividade de grãos e o crescimento de pinhão-mansão sob diferentes doses de adubação NPK, em clima tropical amazônico, aos 24, 36 e 48 meses de plantio em espaçamento adensado.

O experimento foi conduzido no município de Ariquemes, RO (latitude 9°55'24.50S, longitude 63°7'15.58O e 142 m de altitude). O clima da região é tropical do tipo Aw, quente e úmido, apresenta período seco bem definido com ocorrência de déficit hídrico nos meses de junho a setembro, temperatura média anual de 25 °C, precipitação média anual de 2.354 mm e evapotranspiração média anual de 851 mm. O solo da área experimental é classificado com Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura argilosa. O plantio foi efetuado em março de 2005, em espaçamento de 2 m x 3 m, e foram utilizadas mudas com 1 mês de crescimento em viveiro, formadas em sacolas plásticas de 2 L a partir de sementes da região e de origem genética desconhecida. Em cada cova, foram aplicados 100 g de superfosfato simples. Aos 12 meses após o plantio, foi realizada a calagem superficial em área total com a aplicação de 4 t de calcário (PRNT 60%) por hectare.

Durante o período de execução do experimento, foram realizadas capinas mecânicas, utilizando-se roçadeira costal, e capinas químicas, com a aplicação de glifosato

(1,5 L ha⁻¹), e efetuado o coroamento manual (com enxada) das plantas. Não foi necessário efetuar o controle de pragas e doenças. Foram analisadas amostras de solo em cada parcela nas camadas de 0-20 cm e 20 cm-40 cm (Tabela 5). Os dados meteorológicos do experimento foram monitorados utilizando-se a estação meteorológica automática localizada no município de Ariquemes, RO (latitude 9°55'34.81"S, longitude 63°01'09.10"O e 140 m de altitude) (Tabela 6).

Tabela 5. Dados meteorológicos do município de Ariquemes, RO, no período de 2005 a 2010.

Anos	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa (%)		Precipitação	
	Média	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	mm ano ⁻¹	dias ano ⁻¹
2005	25,5	32,1	21,3	86	68	2107,3	142
2006	25,5	31,7	21,4	84	70	2334,3	140
2007	25,5	31,7	21,3	84	72	2174,1	136
2008	25,4	29,8	22,3	80	77	1993,4	134
2009	26,2	31,1	22,4	82	62	2337,3	118
2010	26,0	32,4	21,5	84	59	1419,9	62

Fonte: Boletim... (2012).

Tabela 6. Atributos químicos do solo, nas camadas de 0-20 cm e 20 cm-40 cm, avaliados em 2008, 2009 e 2010, na área experimental localizada no município de Ariquemes, RO.

Data mês/ano	Prof. cm	pH	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al + H	Al	MO g kg ⁻¹	V %
08/08	0-20	4,2	0,4	1,1	7,0	6,0	41	20,0	13,0	21
08/08	20-40	4,5	2,0	0,3	5,1	4,0	61	10,0	9,2	13
09/09	0-20	5,2	16,0	1,2	27,0	17,0	58	0,0	19,6	44
09/09	20-40	4,2	1,0	0,4	5,0	4,1	58	9,1	9,5	13
09/10	0-20	5,4	9,0	1,0	33,3	15,0	53	0,0	17,6	49
09/10	20-40	4,6	1,0	0,3	5,0	4,5	63	10,7	11,1	14

Prof = profundidade; P = fósforo extraível (Mehlich¹); K = potássio trocável (Mehlich¹); Mg = magnésio trocável; Al + H = acidez titulável; Al = alumínio trocável; MO = matéria orgânica; V = saturação por bases.

As adubações de cobertura foram efetuadas de forma manual, sobre o solo úmido na projeção de copa das plantas, a partir do segundo ano, com a aplicação de três doses de N, P e K, duas vezes ao ano, antes das duas principais colheitas, que acontecem nos meses de maio e junho e dezembro e janeiro. As fontes de N, P_2O_5 e K_2O utilizadas foram, respectivamente, ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. As fontes minerais utilizadas foram pesadas em balança analítica e a aplicação foi feita de forma manual, com solo úmido na projeção de copa das plantas em toda sua circunferência. Por causa da baixa fertilidade natural dos solos na região, 50 g de FTE-BR13 foram aplicados anualmente em todas as plantas.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4×3 , com 3 blocos de 30 plantas úteis, utilizando bordaduras duplas entre os tratamentos de adubação. Os tratamentos consistiram de quatro doses de adubação de cobertura NPK (g por planta) – $T_1 = 0-0-0$, $T_2 = 25-30-20$, $T_3 = 50-60-40$ e $T_4 = 75-90-60$ – e de três épocas de avaliação – 36, 48 e 60 meses após o plantio. Considerou-se como base a recomendação média de 180 g por planta a partir do segundo ano de cultivo, considerando os resultados de Laviola; Dias (2008) para determinação da dose de adubação máxima.

Ao longo de três anos agrícolas (2008, 2009 e 2010), foram avaliados os seguintes aspectos: altura, diâmetro de copa (no sentido do menor para o maior espaçamento), volume de copa e produtividade de grãos. A maturação desuniforme dos frutos é uma característica dessa oleaginosa, que, na região, frutifica do início ao final do período chuvoso, entre os meses de novembro e junho. A colheita das plantas foi realizada na época em que a maioria dos frutos atinge sua maturidade fisiológica, caracterizando-se pela coloração do amarelo ao marrom. Os frutos em estágio final de maturação foram colhidos nas árvores e na projeção da copa. Após a colheita, os frutos foram secos à sombra até atingirem peso constante, quando foram beneficiados e acondicionados em sacos de papel previamente identificados.

Após o beneficiamento, a umidade das sementes foi mensurada em determinador de umidade Dole 500. Aquelas com teor de umidade inferior a 9% foram pesadas em balança eletrônica Mark 4100 – BEL Engineering. O volume de copa foi estimado pela aproximação do volume de um cilindro de base elíptica a partir das medidas de altura e projeção de copa (Spinelli et al., 2015).

Os resultados foram avaliados por análise de variância e, para as diferenças significativas de acordo com o teste F a 1% de probabilidade, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A resposta das características a cada um dos tratamentos também foi avaliada por análise de regressão com ajuste de curvas de resposta. Embora represente um custo que pode aumentar o risco do investimento, a adubação é uma das principais tecnologias disponíveis para o aumento da produtividade e da rentabilidade de uma lavoura. Pelo teste F da análise de variância a 1% de probabilidade, verifica-se que foi significativo o efeito da interação Anos x Doses para todas as características avaliadas. Na ocorrência de interação significativa, os efeitos de adubação devem ser interpretados individualmente em cada um dos anos (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância das características avaliadas.

FV	GL	PG	ALT	PC1	PC2	VOL
Ano (A)	2	119,69**	2.541,04**	1.482,96**	2.198,93**	1.653,85**
Dose (D)	3	213,78**	102,52**	10,14**	28,08**	61,31**
Repetições (R)	29	1,13 ^{ns}	2,04*	0,76 ^{ns}	0,598 ^{ns}	0,70 ^{ns}
A x D	6	15,53**	60,60**	5,93**	17,12**	42,96**
A x R	58	1,042 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,99 ^{ns}
D x R	87	0,84 ^{ns}	1,77**	1,06 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,19 ^{ns}
A x D x R	174	0,71 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,73 ^{ns}
Tratamentos	359	3,52**	16,91**	9,44**	13,59**	11,31**
Blocos	2	14,11**	25,65**	6,71**	12,90**	10,18**
Resíduo	718					
Total	1.079					
Média		780,60	2,31	1,69	1,72	7,09
CV		37,58	11,09	21,65	19,24	38,83

FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; PG = produção de grãos; ALT = altura; PC1 = projeção de copa no menor espaçamento; PC2 = projeção de copa no maior espaçamento; VOL = volume de copa.

ns = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

A altura, a projeção e o volume da copa são as principais características vegetativas dessa oleaginosa em idade reprodutiva, uma vez que, após os 24 meses, o número de ramos é de grande variação e de difícil contagem. Nos anos de 2008 e 2009, não foram observadas diferenças na altura de plantas em função da dose de adubo utilizada (Figura

1A). Em outras palavras, as plantas que receberam as maiores doses de NPK (T_2 , T_3 e T_4) não apresentaram incremento na altura de plantas em comparação com a testemunha. Somente aos 36 meses de plantio, observou-se diferença no incremento da altura em função das doses de NPK utilizadas. Comportamento semelhante foi observado na projeção de copa no sentido do maior espaçamento (Figura 6).

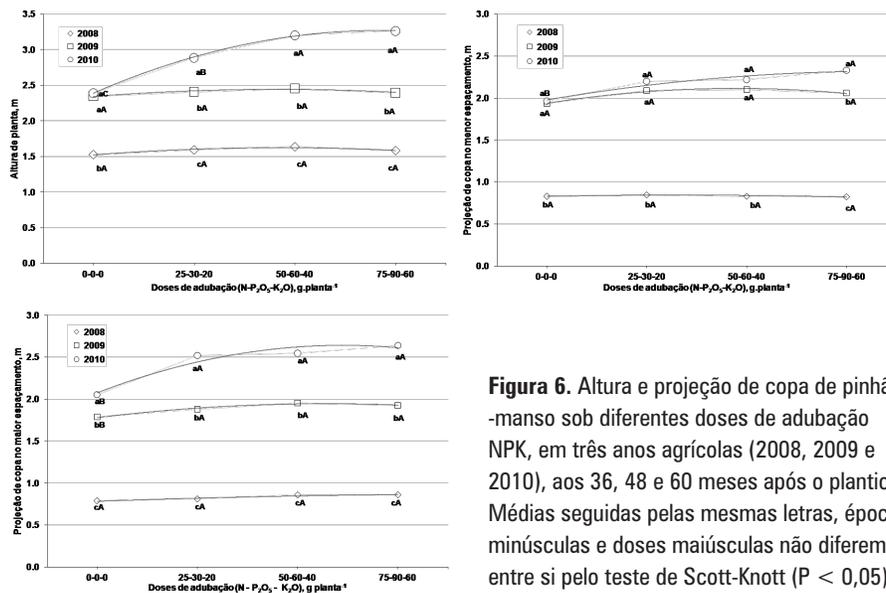


Figura 6. Altura e projeção de copa de pinhão-manso sob diferentes doses de adubação NPK, em três anos agrícolas (2008, 2009 e 2010), aos 36, 48 e 60 meses após o plantio. Médias seguidas pelas mesmas letras, épocas minúsculas e doses maiúsculas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Em relação às épocas de avaliação, observa-se que o crescimento nos anos 2009 e 2010 foram significativamente diferentes para todos os tratamentos em que houve adubação complementar (T_2 , T_3 e T_4). Avaliações em diferentes épocas são fundamentais para o estabelecimento das melhores práticas para manejo dessa oleaginosa perene, uma vez que o crescimento e a produção de grãos são afetados pelo desenvolvimento da planta e acúmulo de nutrientes ao longo do tempo. Melhoria gradual nos atributos químicos do solo foi sendo observada ano a ano, fundamentalmente em razão do tempo necessário para a neutralização da acidez do solo com o uso da calagem (Tabela 6). A necessidade de plantar em latossolos ácidos com grandes concentrações de alumínio determina as práticas de manejo mais adequadas para plantio em regiões amazônicas (Marcolan et al., 2007; Schindwein et al., 2011). Somente após 24 meses da aplicação de calcário em superfície,

observou-se a neutralização do alumínio trocável na camada de 0-10 cm após 36 meses de plantio (Tabela 6).

Em relação à diferença entre tratamentos, observa-se que as plantas que não receberam nenhum tipo de adubação complementar (T_1) se diferenciaram pelo menor crescimento vegetativo (Figura 6) e, visualmente, pelo amarelecimento de folhas. O crescimento das plantas nos anos de 2008 e 2009 somente foi observado nos tratamentos T_2 , T_3 e T_4 , que receberam aplicação por cobertura de diferentes doses de NPK. Ou seja, as plantas que não receberam nenhum tipo de adubação complementar reduziram significativamente sua taxa de crescimento aos 48 meses.

As doses T_3 e T_4 resultaram no maior crescimento de plantas, exceto na resposta da característica “projeção de copas no menor espaçamento” (Figura 7). O espaçamento de 2 m entre plantas limitou o desenvolvimento da copa aos 36 meses de plantio, não tendo sido observadas diferenças significativas no crescimento entre 48 e 60 meses de plantio e entre doses de adubação.

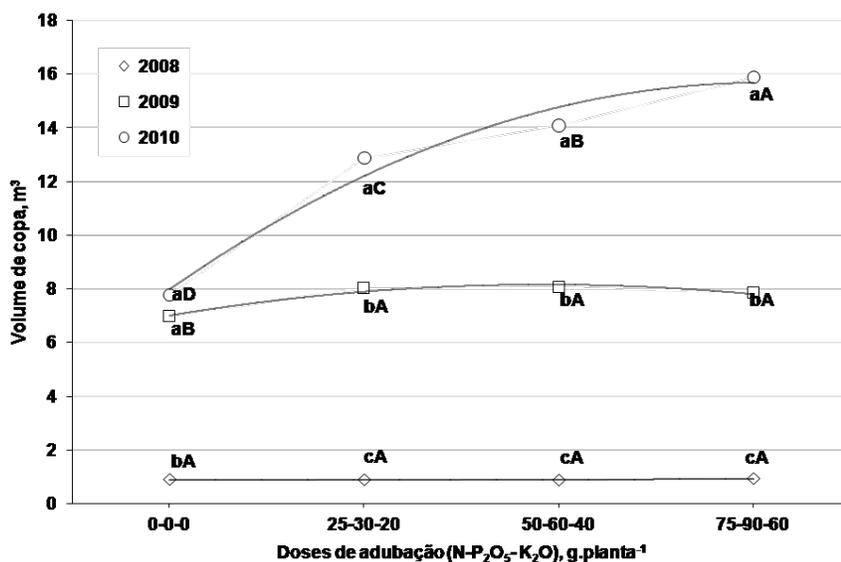


Figura 7. Volume de copa de pinhão-mansô sob diferentes doses de adubação NPK, em três anos agrícolas (2008, 2009 e 2010), aos 36, 48 e 60 meses após o plantio. Médias seguidas pelas mesmas letras, épocas minúsculas e doses maiúsculas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Associado à altura e às projeções de copa, o volume da copa é um importante componente de produção dessa oleaginosa, uma vez que, em campo, é observado um efeito de compensação no crescimento, em que plantas altas tendem a apresentar copas mais estreitas e árvores baixas copas mais largas. Aos 36 meses, não foi observada diferença significativa no incremento do volume de copa das plantas. Aos 48 meses de plantio, as plantas que receberam os tratamentos (T_2 , T_3 e T_4) apresentaram volumes de copa significativamente diferentes. A dose T_4 seguida da dose T_3 foi a que proporcionou maior desenvolvimento de copa aos 60 meses de plantio, tendo sido observada uma tendência de incremento no volume de copa, com o aumento da dosagem de adubo.

Em outras palavras, apesar do desenvolvimento restrito da copa no menor espaçamento, não foi observada até os 60 meses de plantio redução acentuada na taxa de crescimento. As plantas responderam em crescimento às maiores doses de adubo. A plasticidade fenotípica e a boa adaptação são características dessa oleaginosa que, tradicionalmente, foi cultivada como cerca viva. No entanto, é importante ressaltar a dificuldade de manejo e colheita no espaçamento utilizado, em que as plantas aos 60 meses se tocam dentro de linhas de 2 m x 3 m e entre essas linhas.

Não foram encontrados na literatura trabalhos acerca do efeito da adubação sobre essa oleaginosa, considerando-se plantas em idade produtiva. Laime et al. (2011) observaram interação significativa entre níveis de adubação nitrogenada e disponibilidade de água no crescimento de mudas de pinhão-manso. Lima et al. (2011) observaram que aumento nas doses de adubo fosfatado resulta em aumento no teor de todos os macronutrientes em mudas de pinhão-manso, com exceção do cálcio. Silva et al. (2010) observaram os sintomas da deficiência de K também em mudas dessa oleaginosa. Esses resultados indicam a importância dos macronutrientes para o desenvolvimento do pinhão-manso, mas pouco contribuem para a obtenção em uma primeira aproximação da adubação.

Atualmente, o aumento na produção de grãos é um dos principais desafios a serem superados para o aumento da viabilidade do pinhão-manso. A adubação por cobertura resultou em aumento na produção de grãos em todas as épocas de avaliação, apresentando comportamento quadrático com o aumento da dose de adubação NPK. Ou seja, os tratamentos com adubação NPK se diferenciaram do tratamento controle, no qual não houve adubação em todas as colheitas avaliadas. A diferença entre os tratamentos se acentuou

ao longo dos anos (Figura 8). Isso se deve, provavelmente, à baixa fertilidade do solo, que foi sendo atenuada ano a ano com acúmulo de nutrientes e desenvolvimento das plantas.

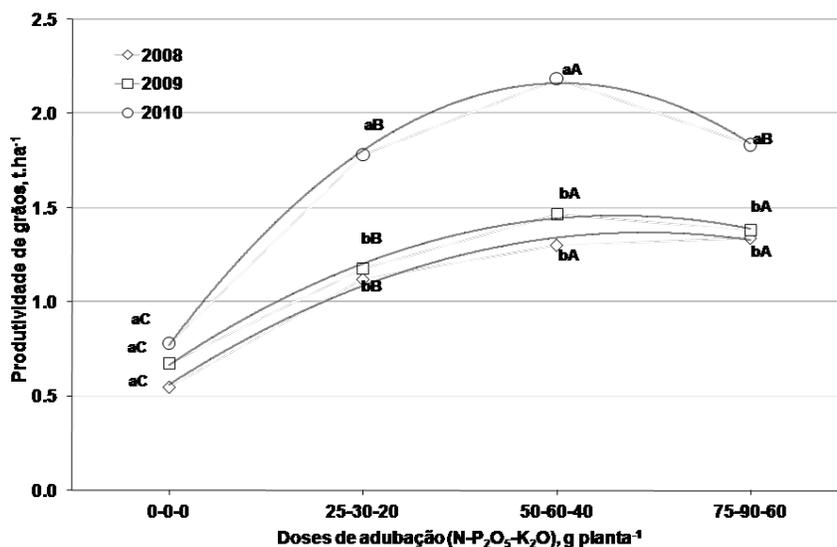


Figura 8. Produtividade de grãos de pinhão-mansão sob diferentes doses de adubação NPK, em três anos agrícolas (2008, 2009 e 2010), aos 36, 48 e 60 meses após o plantio. Médias seguidas pelas mesmas letras, épocas minúsculas e doses maiúsculas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Em todas as épocas de avaliação, as menores produtividades foram observadas na ausência da adubação de cobertura (T_1). Nesse caso, as plantas cresceram, tendo apresentado incremento no desenvolvimento de copa, mas não apresentaram aumento na sua produtividade de um ano para o outro. Em solos de baixa fertilidade natural, a indisponibilidade dos macronutrientes ao longo do tempo leva a um esgotamento da planta, limitando sua produtividade (Malavolta, 2008).

Aos 36 e 48 meses de plantio, as adubações com 50 g de N, 60 g de P_2O_5 e 40 g de K_2O por planta (T_3) e 75 g de N, 90 g de P_2O_5 e 60 g de K_2O por planta (T_4) propiciaram as maiores produtividades. Aos 60 meses, o tratamento (T_3) com a dose de 50 g de N, 60 g de P_2O_5 e 40 g de K_2O por planta propiciou a maior produtividade. O tratamento de maior dosagem de NPK reduziu significativamente a produção de grãos.

Apesar de a maior dose de adubação ($T_4 = 75-90-60$) ter proporcionado o maior desenvolvimento de copa, observou-se redução da produtividade de grãos. O maior crescimento vegetativo proporcionado por elevadas doses de adubação não resulta necessariamente em maiores produtividades de grãos. Segundo Kiehl (1985), o excesso de N é prejudicial, e a aplicação de doses elevadas resulta em um desequilíbrio no metabolismo da planta que favorece o crescimento vegetativo e diminui a produção de grãos. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a dosagem de uma adubação de produção deve se aproximar de 50 g de N, 60 g de P_2O_5 e 40 g de K_2O .

Uma adubação equilibrada é fundamental para o aumento da produtividade dessa oleaginosa. Os resultados aqui apresentados servirão de referência científica para planejamento e condução de outros experimentos que visem ao refinamento da aproximação de adubação, considerando delineamentos fatoriais com variação nos níveis de NPK que permitam quantificar a interação entre os macronutrientes.

Considerações finais

O pinhão-mansão é uma espécie oleaginosa que se caracteriza pela sua capacidade de sobrevivência em regiões de clima seco. No entanto, as mesmas características que favorecem sua adaptação na natureza limitam o cultivo dessa espécie. O florescimento contínuo se reflete na maturação desuniforme dos frutos, podendo ser encontrados em campo, ao mesmo tempo, frutos verdes, frutos em amadurecimento e frutos maduros. O entendimento das fases fenológicas com a caracterização das épocas de abscisão foliar, florescimento, frutificação e produtividade são fundamentais para o cultivo dessa espécie. O uso de reguladores de crescimento buscando diminuir a desuniformidade do florescimento e da adubação visando aumentar a quantidade de nutrientes no solo tem potencial para impactar significativamente na produtividade dessa oleaginosa. Os resultados apresentados neste capítulo mostram o impacto positivo dessas práticas no aumento da produtividade, devendo a utilização de reguladores de crescimento considerar o maior custo dos hormônios vegetais e a adubação considerar a utilização de níveis adequados de cada um dos nutrientes. Especificamente doses excessivas de nitrogênio favoreceram maior enfolhamento e menor produção de frutos nessa oleaginosa.

Referências

- ABDELGADIR, H. A.; JÄGER, A. K.; JOHNSON, S. D.; VAN STADEN, J. Influence of plant growth regulators on flowering, fruiting, seed oil content, and oil quality of *Jatropha curcas*. **South African Journal of Botany**, v. 76, n. 3, p. 440-446, Aug. 2010. DOI: 10.1016/j.sajb.2010.02.088.
- ACHTEN, W. M. J.; MAES, W. H.; REUBENS, B.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; VERCHOT, L.; MUYS, B. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 5, p. 667-676, May 2010. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.01.010.
- BAHADUR, B.; SUJATHA, M.; CARELS, N. **Jatropha, challenges for a new energy crop: volume 2: genetic improvement and biotechnology**. New York: Springer Verlag, 2013. 614 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-4915-7.
- BOLETIM climatológico de Rondônia - 2000. Porto Velho: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, 2001. v. 2, 22 p.
- BORGES, C. V.; FERREIRA, F. M.; ROCHA, R. B.; SANTOS, A. R. dos; LAVIOLA, B. G. Capacidade produtiva e progresso genético de pinhão-manso. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 64-70, jan. 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014000100011.
- CARELS, N.; SUJATHA, M.; BAHADUR, B. **Jatropha, challenges for a new energy crop: volume 1: farming, economics and biofuel**. New York: Springer Verlag, 2013. 599 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-4915-7.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2001. 390 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2004. v. 1, 480 p.
- DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O. L.; DIAS, D. C. F. S.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUZA, L. C. A.; OLIVIERA, T. S.; PRETTI, L. A. **Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2007. 40 p.
- DIVAKARA, B. N.; UPADHYAYA, H. D.; WANI, S. P.; GOWDA, C. L. L. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. **Applied Energy**, v. 87, n. 3, p. 732-742, Mar. 2010. DOI: 10.1016/j.apenergy.2009.07.013.
- DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B. dos; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônomico de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciencia Rural**, v. 40, n. 1, p. 44-47, jan./fev. 2010. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000229.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; WYK, G. van. **Eucalypt domestication and breeding**. Clarendon: Oxford, 1994. 312 p.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; SILVA, J. R. P. da. Fenologia e produção do pinhão-manso cultivado com diferentes fontes de adubação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 339-346, abr./jun. 2013. DOI: 10.1590/S1806-66902013000200017.

GURGEL, F. de L.; LAVIOLA, B. G.; SILVA, D. M. da; KOBAYASHI, A. K.; ROSADO, T. B. Phenology and biometry of physic nut in the Brazilian savannah. **Ciencia E Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1122-1131, Nov./Dec. 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600012.

GUSMÃO, C. A. G. **Desempenho do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) de segundo ano submetido a diferentes doses e relações de NPK**. 2010. 81 f. Programa de Pós-Graduação de Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.

JOSHI, G.; SHUKLA, A.; SHUKLA, A. Synergistic response of auxin and ethylene on physiology of *Jatropha curcas* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, p. 66-77, 2011. DOI: 10.1590/S1677-04202011000100009.

KIEHL, E. M. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.

KUMAR, N.; VIJAY ANAND, K. G.; REDDY, M. Plant regeneration of non-toxic *Jatropha curcas* – impacts of plant growth regulators, source and type of explants. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**, v. 20, n. 1, p. 125-133, Jan. 2011. DOI: 10.1007/s13562-011-0037-6.

KURAKAWA, T.; UEDA, N.; MAEKAWA, M.; KOBAYASHI, K.; KOJIMA, M.; NAGATO, Y.; SAKAKI-BARA, H.; KYOZUKA, J. Direct control of shoot meristem activity by a cytokinin-activating enzyme. **Nature**, v. 445, n. 7128, p. 652-655, 2007. DOI: 10.1038/nature05504.

LAIME, M. O. L.; SILVA, A. S. da; FREIRE, E. de A.; LIMA, V. L. A. de; OLIVEIRA, D. C. de S. Crescimento inicial do pinhão manso submetido a diferentes níveis de águas e doses de adubação nitrogenada. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 154-162, jul./set. 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1969-1975, set./out. 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000500018.

LAVIOLA, B. G.; ROCHA, R. B.; KOBAYASHI, A. K.; ROSADO, T. B.; BHERING, L. L. Genetic improvement of *Jatropha* for biodiesel production. **Ceiba**, v. 51, n. 1, p. 1-10, 2010. DOI: 10.5377/ceiba.v51i1.640.

LIMA, R. de L. S. de; SEVERINO, L. S.; GHEYI, H. R.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. C. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 950- 956, 2011. DOI: 10.1590/S1806-66902011000400017.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas, tendo em vista aspectos agrônômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agrônômicas**, n. 121, p. 1-10, 2008.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I.; FRAGA, T. I.; LEITE, J. G. Dal B. Recuperação de atributos físicos de um Argissolo em função do seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 571-579, maio/jun. 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000300017.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2007. 486 p.

NORMAIS climatológicas (1961-1990). Brasília, DF: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84 p.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, n. 1, p. 1-15, July 2000. DOI: 10.1016/S0961-9534(00)00019-2.

PAN, B.-Z.; XU, Z.-F. Benzyladenine treatment significantly increases the seed yield of the biofuel plant *Jatropha curcas*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 30, n. 2, p. 166-174, June 2011. DOI: 10.1007/s00344-010-9179-3.

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; LAVIOLA, B. G.; SILVA, F. C. G. da; MILITÃO, J. S. L. T. Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 44-50, jan. 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000100007.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4th ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1991.

SCHLINDWEIN, J. A.; MIOTTI, A. A.; FIORELI-PERIRA, E. C.; PEQUENO, P. L. de L.; BORTOLON, L.; MARCOLAN, A. L. Adjustment of the expedite method for clay content determination in Rondônia soils. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2096-2100, Dec. 2011. DOI: 10.1590/S0103-84782011001200010.

SILVA, A. N. **Impacto da nutrição mineral no crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SPINELLI, V. M.; DIAS, L. A. S.; ROCHA, R. B.; RESENDE, M. D. V. Estimates of genetic parameters with selection within and between half-sib families of *Jatropha curcas* L. **Industrial Crops and Products**, v. 69, p. 355-361, July 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.02.024.

SPINELLI, V. M.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A. L.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. de F.; MILITÃO, J. S. L. T.; DIAS, L. A. dos S. Componentes primários e secundários do rendimento de óleo de pinhão-manso. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1752-1758, ago. 2010. DOI: 10.1590/S0103-84782010005000129.

WERNER, T.; SCHMULLING, T. Cytokinin action in plant development. **Current Opinion in Plant Biology**, n. 12, n. 5, p. 527-538, Oct. 2009. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.07.002.

Literatura recomendada

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analyses method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974. DOI: 10.2307/2529204.