

FERNANDO REZENDE DA COSTA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E DA IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA NA CULTURA DO PINHÃO MANSO NO CERRADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista

Co-orientadores:

Prof. Dr. José Alves Junior

Prof. Dr. Jorge Luiz Moretti de Souza

Goiânia, GO – Brasil
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
GPT/BC/UFG**

C837e Costa, Fernando Rezende da.
Manejo da Adubação Potássica e da Irrigação Localizada
na Cultura do Pinhão Manso no Cerrado [manuscrito] /
Fernando Rezende da Costa. - 2014.
xv, 61 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista; Co-
orientador: Prof. José Alves Junior; Prof. Jorge Luiz Moretti
de Souza

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás,
Escola de Agronomia, 2014.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas.

Apêndices.

1. Pinhão – Cultivo 2. Pinhão – Produção 3. Pinhão –
Manejo de irrigação 4. Biocombustível I. Título.

CDU: 582.677.1

A Deus

Aos meus pais Valdolino e Suleny.

A toda minha família e amigos

A Marciana Cristina da Silva

Ao Prof. Dr. Adão Wagner e meus co-orientadores

Aos Professores e funcionários da EA/UFG

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado sabedoria e apoio nas horas difíceis;

Aos meus pais pelo apoio e exemplo de vida;

Aos professores que humildemente me educaram e guiaram por este caminho;

Ao meu orientador e co-orientador pela ajuda e esforço;

A todos os funcionários e alunos da EA/UFG que me ajudaram nos momentos difíceis;

A Universidade Federal de Goiás pelo programa e estrutura de pesquisa e a Capes pela concessão de bolsa, assim como aos órgãos de fomento e pesquisa envolvidos;

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram neste meu trabalho

A todos, o meu reconhecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 O BIOMA CERRADO	16
2.2 A CULTURA DO PINHÃO MANSO	17
2.2.1 Origem e características botânicas	17
2.2.2 Importância da cultura	18
2.3 IRRIGAÇÃO DO PINHÃO MANSO	21
2.3.1 Manejo de irrigação	22
2.4 ADUBAÇÃO POTÁSSICA	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE PINHÃO MANSO	29
3.2 DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DO PINHÃO MANSO	30
3.3 PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE PINHÃO MANSO ..	38
4.2 DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES DE PINHÃO MANSO	48
4.3 PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO	52
5 CONCLUSÕES	55
6 REFERÊNCIAS	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,20m de profundidade.	26
Tabela 2. Resumo da análise da variância para os dados de altura de planta, área de copa, diâmetro de caule e número de ramificações do pinhão manso cultivado, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicados, durante o primeiro ano de cultivo. Goiânia, GO, 2011.	39
Tabela 3. Resumo da análise da variância para os dados de altura de planta, área de copa, diâmetro de caule e número de ramificações do pinhão manso, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicados no segundo ano de cultivo. Goiânia, GO, 2012.....	43
Tabela 4. Médias de altura de planta, área de copa e diâmetro de caule de plantas de pinhão manso irrigado por microaspersão e adubados com potássio, em diferentes épocas, durante o segundo ano de cultivo. Goiânia, GO, 2012.	44
Tabela 5. Resumo da análise de variância para densidade e acúmulo de massa seca de raízes de pinhão manso irrigado por microaspersão. Goiânia, GO, 2013.	49
Tabela 6. Interação entre os fatores posição e profundidade de amostragem para densidade de raízes (%) de pinhão manso irrigado por microaspersão. Goiânia, GO, 2013.	51
Tabela 7. Resultado do teste de comparação de médias de massa seca de raízes de pinhão manso (g) em função das profundidades e posições de amostragem.	51
Tabela 8. Resumo da análise de variância para produtividade de sementes de pinhão manso, irrigado por microaspesão e adubado com potássio. Goiânia, GO. Safras 2010/2011 e 2011/2012.	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de pinhão manso com um ano de idade. Goiânia, GO, 10/2011.....	18
Figura 2. Vista geral da área experimental da EA/UFG , mostrando a área do experimento. Goiânia, GO, 2012.....	25
Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,20m de profundidade.	26
Figura 3. A) Tubetes de 280 ml, preenchidos com substrato comercial com sementes de pinhão manso semeadas e B) mudas de pinhão manso com trinta dias de idade. Goiânia, GO, 2010.....	27
Figura 4. Mudas de pinhão manso transplantadas na área experimental no espaçamento de 3,0 m x 1,5 m. Goiânia, GO, 2010.....	27
Figura 5. Disposição de instalação de um microaspersor para cada duas plantas na área experimental. Goiânia, GO, 2011.....	28
Figura 6. Posições e profundidades de amostragem de raízes de plantas de pinhão manso irrigadas por microaspersão.....	31
Figura 7. Trado caneca utilizado no experimento.	32
Figura 8. Totais mensais (mm) para precipitação e evaporação do tanque Classe A ocorridos no período de outubro de 2010 a outubro de 2012. Goiânia. GO.....	34
Figura 9. Totais mensais (mm) acumulados de ECA e de irrigação (N0, N40, N80 e 120) e precipitação (P) para o primeiro ano. Goiânia. GO.	35
Figura 10. Totais mensais (mm) acumulados de ECA e de irrigação (N0, N40, N80e 120) e precipitação (P) para o segundo ano. Goiânia. GO.....	35
Figura 11. Temperatura média, máxima, e mínima mensal, ocorridas no período de outubro de 2010 a outubro de 2012. Goiânia, GO.....	36
Figura 12. Plantas de pinhão manso cultivadas sob regime de sequeiro à esquerda, com visível dormência vegetativa e plantas irrigadas à direita com ramos folhosos, durante o primeiro ano de cultivo. Goiânia, GO, 07/2011.	37
Figura 13. Plantas de pinhão manso com dois anos de idade durante a senescência. Goiânia, GO, 08/2012.....	38
Figura 14. Superfície de resposta para altura de planta do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicados, para o primeiro ano de cultivo na época doze (360 DAT). Goiânia, GO, 2011.....	39

Figura 15. Superfície de resposta da área de copa do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicadas, para o primeiro ano de cultivo na época doze (360 DAT). Goiânia, GO, 2011.	40
Figura 16. Superfície de resposta para o diâmetro de caule do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicadas, para o primeiro ano de cultivo na época doze (360 DAT). Goiânia, GO, 2011.....	41
Figura 17. Superfície de resposta para o número de ramificações no ramo principal de plantas de pinhão manso, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicadas, para o primeiro ano de cultivo na época doze (360 DAT). Goiânia, GO, 2011.....	42
Figura 18. Altura de planta do pinhão manso no segundo ano de cultivo, A) em função dos níveis de irrigação e, B) em função das doses de adubação potássica aplicados. Goiânia, GO, 2012.....	45
Figura 19. Superfície de resposta para área de copa do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicadas, no segundo ano agrícola. Goiânia, GO, 2012.....	45
Figura 20. Diâmetro de caule de planta de pinhão manso no segundo ano de cultivo, A) em função dos níveis de irrigação e, B) em função das doses de adubação potássica aplicadas. Goiânia, GO, 2012.	46
Figura 21. Superfície de resposta para o número de ramificações das plantas de pinhão manso, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica, para o segundo ano de cultivo. Goiânia, GO, 2012.....	47
Figura 22. Densidade de raízes (%), A) na direção ortogonal à fileira das plantas e, B) na direção longitudinal à linhas de plantio de pinhão manso, com três anos de idade, irrigado por microaspersão. Goiânia, GO. 2013.	50
Figura 23. Produtividade de sementes de pinhão manso em função dos níveis de irrigação aplicados. Goiânia, GO. Safra 2011/2012.	53

RESUMO

COSTA, F. R. **Manejo da adubação potássica e da irrigação localizada na cultura do pinhão manso no Cerrado**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.¹

O cultivo do pinhão manso vem despertando grande interesse para a produção de biodiesel. Apesar da irrigação e da adubação contribuírem para o melhor desenvolvimento da cultura, poucas pesquisas têm sido realizadas neste contexto. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica sobre o crescimento da parte aérea e produtividade de sementes de pinhão manso, e de níveis de irrigação sobre a distribuição de raízes da cultura. O experimento foi realizado na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, durante o período de dois anos. Foram avaliadas doze épocas, respectivamente, para o primeiro e segundo ano agrícola, em intervalos de trinta dias, coincidindo como as datas de avaliações das características. Na avaliação do crescimento da parte aérea da cultura, os tratamentos constaram de quatro níveis de irrigação, sendo: N0 = sequeiro (testemunha); N40 = 40% da evaporação do tanque Classe A (ECA), N80 = 80% da ECA; e N120 = 120% da ECA; quatro doses de adubação potássica: K40 = 40 kg ha⁻¹ de K₂O; K80 = 80 kg ha⁻¹ de K₂O; K120 = 120 kg ha⁻¹ de K₂O; e K160 = 160 kg ha⁻¹ de K₂O, tomando como base a primeira adubação do ano. Para análise de produtividade de sementes de pinhão manso, utilizou os mesmos tratamentos de irrigação e adubação potássica utilizados na análise de crescimento da parte aérea. Já o sistema radicular foi analisado pelo método do monólito nos tratamentos com 80 kg ha⁻¹ de K₂O para os quatro níveis de irrigação, amostrados em três profundidades: 0-25, 25-50 e 50-100 cm em cinco posições em relação ao caule da cultura. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão com frequência de irrigação de três vezes por semana, às segunda, quarta e sexta-feira. Foram avaliados os seguintes parâmetros de crescimento da cultura: altura de planta, área de projeção de copa,

¹ Orientador: Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista. EA-UFG.

Co-orientador: Prof. Dr. José Alves Júnior. EA-UFG.

Co-orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Moretti de Souza. Depto. de Solos e Engenharia Agrícola-UFPR.

diâmetro de caule, número de ramificações no ramo principal e distribuição radicular. A adubação potássica e os níveis de irrigação promoveram acréscimo significativo nos parâmetros de crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso cultivado no Cerrado. O nível médio de irrigação de 115% da ECA e a dose de 125,00 kg ha⁻¹ de K₂O, foram as que apresentaram o melhor resultado, mas os níveis de irrigação não influenciaram a densidade de raízes de plantas de pinhão manso cultivadas no Cerrado e as raízes das plantas tenderam a distribuir na camada superficial do solo e próximo ao microaspersor. A profundidade efetiva do sistema radicular do pinhão manso é de 0,50 m. As doses de adubação potássica aplicadas não influenciaram a produtividade de sementes de pinhão manso, enquanto o nível de irrigação de 67% da ECA maximizou a produtividade, alcançando 658 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: manejo de irrigação, nutrição de plantas, déficit hídrico, biocombustível.

ABSTRACT

COSTA, F. R. **Management of potassium fertilization and irrigation located in the culture of jatropha in the Cerrado**. 2014. 61 f. (Master in Agronomy: Soil and water) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.²

The cultivation of jatropha is attracting great interest for the production of biodiesel. Despite irrigation and fertilization contribute to the better development of the culture, few research has been done about this. So the objective of this study was to evaluate the effect of irrigation levels and dose of potassium fertilization on the growth of aerial part and seed productivity of jatropha, and levels of irrigation on the distribution of roots of culture. The experiment was conducted in the experimental area of the School of Agronomy from Federal University of Goiás, during the period of two years. Was evaluation twelve of epochs respectively in the first and second agricultural year, in intervals of thirty days, coinciding with the dates of the characteristics evaluated. In evaluating the growth of the aerial part of the culture, the treatments consisted of four levels of irrigation, being: N0 = rainfed (control), N40 = 40% of Class A pan evaporation (ECA), N80 = 80% ECA, and N120 = 120% ECA, four rates of potassium fertilization: K40 = 40 kg ha⁻¹ K₂O, K80 = 80 kg ha⁻¹ K₂O; K120 = 120 kg ha⁻¹ K₂O, and K160 = 160 kg ha⁻¹ K₂O, based on the first year of fertilization. For analysis of seed productivity of jatropha, used the same irrigation treatments and potassium fertilizer used in the analysis of growth the aerial part. Already the system root was evaluating by monolith methodology in the treatments with 80 kg ha⁻¹ of K₂O to four levels of irrigation, sampled in three depth: 0-25, 25-50 e 50-100 cm in five position in relation the stem of culture. The design was a randomized block with four replications. The irrigation system used was microsprinkler with frequency the irrigation to three times of week, by Monday, Wednesday and Fryday. Was evaluated the following parameters of crop growth culture: plant height, crown projection area, stem diameter, number of branches in the main branch and root distribution. Potassium fertilizer and irrigation levels promoted significant increase in the

²Adviser: Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista. EA-UFG.

Co-Adviser: Prof. Dr. José Alves Júnior. EA-UFG.

Co-Adviser: Prof. Dr. Jorge Moretti de Souza. UFPR.

parameters of vegetative growth of plants jatropha grown in the Cerrado. The level medium the irrigation of 115% to ECA and 125 kg ha⁻¹ to K₂O, was showed the best result, but the levels of irrigation not influenced the root density the jatrophas plant cultivate in Cerrado the plant roots tended to be distributed in the topsoil and near the emitter. The effective root depth of jatropha is 0.50 m. The applied rates of potassium fertilization did not affect the seed yield of jatropha, while the irrigation level of 67% ECA maximized productivity, reaching 658 kg ha⁻¹.

Key words: irrigation management, plant nutrition, water deficit, biofuel.

1 INTRODUÇÃO

O risco de alteração climática no mundo, o aquecimento global e a escassez das reservas mundiais de combustível fóssil, têm despertado o interesse por parte de agricultores, do cultivo de plantas oleaginosas com vistas à produção de biodiesel (Nery et al., 2009). Dentre as plantas oleaginosas, o pinhão manso surgiu como boa alternativa como fornecedora de matéria-prima para produção de biodiesel. Segundo Obermaier et al. (2010), o pinhão manso além de apresenta características desejáveis na agricultura familiar, favorecendo a permanência do homem no campo, é uma planta que não compete com aquelas destinadas a alimentação humana, como a soja, e sua semente possui alta qualidade do óleo e não degrada facilmente, podendo ser armazenada muitos meses antes do beneficiamento.

Apesar das vantagens, somente nas últimas três décadas o pinhão manso passou a ser estudado agronomicamente, e os resultados de pesquisas ainda são incipientes e preliminares, principalmente os inerentes à sua resposta em crescimento quando submetida à irrigação e adubação na região do Cerrado (Albuquerque et al., 2009). Segundo Reis & Müller (1979), a análise de crescimento é importante para explicar diferenças no crescimento de ordem genética ou resultante de modificações do ambiente e constitui ferramenta eficiente para a identificação de ambientes favoráveis, além de identificar características que, no crescimento inicial, indiquem possibilidade de aumento no rendimento da planta adulta, favorecendo os trabalhos de melhoramento genético na busca de materiais com melhor desenvolvimento e mais produtivos. Dessa forma, por ser o pinhão manso uma cultura ainda não domesticada, pesquisas relacionadas com esse tema são necessárias na região do Cerrado.

No Cerrado, os plantios comerciais na maioria das vezes tornam-se inviáveis, pela região apresentar uma estação seca e veranicos na estação chuvosa e ainda os solos com baixa fertilidade natural. Referente ao cultivo comercial de pinhão manso, resultados de pesquisa (Albuquerque et al., 2009; Nascimento et al., 2010; Oliveira et al., 2012) tem demonstrado que para obtenção de alta produtividade de sementes a planta necessita de água e exige solos férteis e com boas condições físicas. Logo nessa região, o uso da técnica

da irrigação e adubação são fatores decisivos para se obter sucesso e lucratividade com a cultura.

A recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para o crescimento vegetativo e reprodutivo, assim como a eficiência de aproveitamento dos adubos aplicados e a fração de nutrientes suprida pelo solo (Dias et al., 2007).

Dentre os nutrientes o potássio é responsável pela indução da atividade de mais de sessenta enzimas mantendo a turgescência da folha, razão pelo qual é essencial no transporte interno de açúcares e no equilíbrio eletroquímico da planta; a deficiência de potássio ocasiona redução na atividade fotossintética das folhas e redução no crescimento dos brotos e do sistema radicular (Castro et al., 2005). Saturnino et al. (2005) observaram em plantas de pinhão manso, que o potássio foi o mineral encontrado em maior concentração nos tecidos vegetais, em comparação com os demais macronutrientes sinalizando, portanto, que o potássio pode ser um dos nutrientes exigidos em maior quantidade, por essa cultura. Laviola & Dias (2008), verificaram que o potássio participa ativamente na formação dos frutos de pinhão manso sendo o segundo elemento mais exportado no fruto.

Outro fator é o fornecimento de água para a cultura de forma eficiente interferindo diretamente no processo de produção agrícola, principalmente na região do Cerrado onde as chuvas se concentram em determinado período durante o ano. Segundo (Jiang & Zhang, 2002), a reduzida disponibilidade de água é um dos fatores ambientais mais importantes na regulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade de sementes e óleo de plantas oleaginosas. (Drumond et al., 2010) obtiveram produtividades variando de 330 kg ha⁻¹ em condições de sequeiro, e 1200 kg ha⁻¹ em área irrigada, já no primeiro ano de cultivo, em Petrolina, PE.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica sobre o crescimento da parte aérea e produtividade de sementes do pinhão manso e de níveis de irrigação sobre a distribuição de raízes da cultura, na região do Cerrado Goiano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O BIOMA CERRADO

O Cerrado ocupa aproximadamente um quarto do território brasileiro, totalizando uma área de 200 milhões de hectares, abrigando um rico patrimônio de recursos naturais renováveis adaptados às severas condições climáticas, edáficas e hídricas que determinam sua própria existência. Desse total de área, 155 milhões de hectares estão no planalto central e 38,8 milhões de hectares no nordeste brasileiro, dos quais a maior parte se concentra na região meio-norte. Aproximadamente metade do território do Estado de Goiás é composto por áreas de Cerrado (Ribeiro & Filho, 2013)

O Cerrado é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, cujo clima principal é classificado como tropical chuvoso, que coincide com a classificação dos climas da maioria das savanas. A precipitação média anual é de 1500 mm, com variação de 750 mm a 2000 mm. As chuvas se concentram de outubro a março e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18⁰C (Silva et al., 2008). A ocorrência de duas estações bem definidas caracteriza a distribuição concentrada das chuvas em toda região, com influência direta sobre a vegetação. O clima também tem influência temporal na origem dessa vegetação, pois as chuvas, ao longo do tempo geológico, intemperizaram os solos deixando-os pobres em nutrientes essenciais (Lima, 2011).

Os solos predominantes no Cerrado são extremamente ácidos, com problemas de toxidez de alumínio e, em certos casos, de manganês e normalmente são solos com teores extremamente baixos de fósforo, cálcio, magnésio, zinco, enxofre e nitrogênio e baixos em potássio, cobre e boro, e apresentam alta capacidade de fixação de fósforo, associada, em geral, aos teores de mineralogia das argilas (Embrapa, 2006).

A vegetação típica do Cerrado é caracterizada pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidência de queimadas (Silva et al., 2008). Sua flora é composta por dois grupos de espécies: aquelas da camada lenhosa, que varia de 3 m a 5 m de altura, com cobertura

arbórea de 10% a 60%; e as próprias da camada rasteira, com predominância de gramíneas (Einten, 2001; Felfili et al., 2002).

Apesar das restrições edáficas e hídricas, em razão dos estudos para manejo racional de solos através de calagem e adubação, do uso de técnicas como a irrigação, e devido à topografia favorável ao plantio, os Cerrados se transformaram nas últimas duas décadas, em uma nova fronteira agrícola do Brasil, a ponto de ser considerado como uma das regiões mais promissoras do país.

2.2 A CULTURA DO PINHÃO MANSO

2.2.1 Origem e características botânicas

O local de origem do pinhão manso é duvidoso, existem pesquisadores que o consideram nativo do Brasil, pois vegeta espontaneamente em diversas regiões do país (Rosado et al., 2010), entretanto, conforme (Brasil, 2013), seu mais provável local de origem é a América Central. Outros autores, como (Tominaga et al., 2007) apontam o México como seu país de origem no qual sua distribuição foi realizada pelos índios. Na região Centro-Oeste brasileira, nas áreas de Cerrado, a cultura do pinhão manso, antes da revolução verde, já era cultivada como cerca viva (Abreu et al., 2009).

O pinhão manso pertencente à família das euforbiáceas é uma cultura perene e monóica, da mesma família da mamona, mandioca e seringueira. É um arbusto de crescimento rápido, caducifólio, com altura variando de 3 m a 5 m. As folhas da cultura são alternadas, pecioladas, destituídas de pêlos, verdes quando maduras (Figura 1) e de coloração vermelho-vinho quando novas, os ramos são espessos e o diâmetro do caule é de aproximadamente 20 cm. O floema encerra canais compridos que se prolongam até as raízes, nos quais circula o látex ou suco celular, que é segregado, em grande quantidade, ao menor golpe ou ferimento, o qual, depois de seco, torna-se uma substância acastanhada com aspecto de resina (Cortesão, 1956).



Figura 1 Planta de pinhão manso com um ano de idade. Goiânia, GO, 10/2011.

O sistema radicular do pinhão manso possui raiz principal pivotante e raízes secundárias pouco ramificadas de tamanhos variados de acordo com a projeção da copa da planta. Conforme Araujo et al. (2009), plantas de pinhão manso com 17 meses, geralmente possuem mais de 50% das raízes concentradas na camada de 0m a 0,3 m e mais de 80% das raízes na camada de 0 a 0,6 m. Ainda segundo os autores, cerca de 50% das raízes se concentram até 0,5 m distante do tronco, e 80% se encontram até 0,75 m da linha de plantio.

Os frutos do pinhão manso são do tipo cápsula ovóide, com 1,5 cm a 3,0 cm de diâmetro, trilocular, contendo três sementes, sendo uma semente por lóculo. As sementes medem de 1,5 cm a 2,0 cm de comprimento e de 1,0 cm a 1,3 cm de largura, representam entre 53% a 79% da massa do fruto e apresentam teor de óleo variando entre 33% a 38% (Dias et al., 2007).

2.2.2 Importância da cultura

A cultura do pinhão manso nos tempos remotos foi bastante utilizada pelos índios para diversos fins terapêuticos e como repelente e inseticida (Oliveira et al., 2012). Atualmente na medicina popular, as sementes e o óleo extraído do pinhão manso são utilizados como purgativo, no tratamento de afecções da pele, hidropisia, gota, paralisia e reumatismo, principalmente nos países tropicais (Gübitz et al., 1999)

Wang et al. (2011) verificaram em estudo realizado com alimentação de suínos, que o uso do farelo de pinhão manso desintoxicado, foi capaz de substituir em 50% a quantidade de soja na ração com suplementação de lisine, sem nenhum efeito tóxico para os animais, reduzindo o custo de produção do empreendimento.

Em estudo realizado em áreas desérticas do Egito por Abou Kheira & Atta (2009), os autores constataram que o pinhão manso apresenta boa adaptação as condições de clima e stress hídrico em áreas desérticas e pode ser usado no controle da erosão e na contenção de encostas e dunas, sendo apontada como uma planta capaz de recuperar áreas degradadas.

Segundo Dabdoub et al. (2009) o pinhão manso produz sementes ricas em óleo de fácil colheita e com propriedades capazes de produzir combustível de alta qualidade, razão por que se torna competitivo internacionalmente de vez que suas características também superam o padrão de qualidade do óleo de colza comercializado, hoje, na Europa.

Com a possibilidade do uso do óleo do pinhão manso para a produção de biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio com esta cultura na região do Cerrado brasileiro, em áreas onde predomina a agricultura familiar, servindo como uma alternativa na geração de emprego e renda, haja vista que esta cultura além de apresentar um bom desenvolvimento nas condições edafoclimáticas dessa região, ainda permite o consórcio com culturas anuais, como, feijão-caupi, milho, arroz de sequeiro; e culturas perenes, tais como, pupunha, açaí, e espécies florestais (Arruda et al., 2004).

As perspectivas favoráveis ao aumento de área plantada com essa cultura decorrem, não somente dos baixos custos de sua produção agrícola, principalmente na agricultura familiar, com mão-de-obra própria, mas, sobretudo, porque poderá ocupar solos pouco férteis e arenosos; em geral, tais solos são inaptos à agricultura de subsistência, proporcionando, assim, uma nova opção econômica para regiões carentes, principalmente na agricultura familiar (Achten et al., 2010).

Portanto o pinhão manso poderá inserir entre as mais promissoras fontes de matéria prima, rica em óleo, para produção de biocombustíveis. As facilidades de seu manejo agrícola, comparativamente a outras espécies, tornam essa espécie bastante atrativa e, especialmente, recomendada para um programa de produção de óleos vegetais.

2.3 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE CULTURAS

O fundamento da análise de crescimento baseia-se no fato de que, em média, 90% da matéria orgânica acumulada ao longo do crescimento da planta resultam da atividade fotossintética e o restante, da absorção mineral do solo (Benincasa, 1988). Com o uso da análise clássica destrutiva, trabalha-se com indivíduos distintos em cada amostragem, pois é necessário que as plantas sejam sacrificadas, uma vez que os valores primários são massa seca e área foliar. Isto demanda que as parcelas experimentais sejam maiores, para se ter plantas com a finalidade de realizar a medição durante todas as coletas. Na análise não destrutiva, ao contrário, os mesmos indivíduos podem ser mensurados durante todo o ciclo biológico, já que os valores primários são a altura das plantas, o diâmetro caulinar, (Nery et al., 2009).

O conhecimento da distribuição do sistema radicular de plantas cultivadas em nível comercial também é importante para os estudos das interações que ocorrem entre o solo, as plantas e outros organismos vivos, uma vez que por meio dessa informação é possível o uso mais racional de práticas de cultivo tais como de manejo da adubação e água no solo.

O conhecimento da distribuição do sistema radicular de qualquer cultura constitui-se, também, numa relevante ferramenta para a elaboração de projetos e constitui num elemento essencial para qualquer plano de manejo da irrigação (Coelho et al., 2001). Nesse contexto, em se tratando de irrigação localizada, apenas o conhecimento da profundidade efetiva do sistema radicular não é suficiente para inferir as regiões de absorção de água e nutrientes no solo, uma vez que a geometria de distribuição de água é de caráter multidimensional, diferindo do caráter unidimensional da irrigação por aspersão, ou seja, a aplicação de água de forma pontual no solo pode gerar problemas como tombamento e restrição no crescimento radicular da cultura (Coelho et al., 2001).

Diante a escassez de informações sobre o crescimento da parte aérea e distribuição do sistema radicular do pinhão manso na região de Cerrado, pesquisas em

longo prazo acompanhando as diversas fases de desenvolvimento da cultura se fazem necessárias, para subsidiar diversas informações essenciais a exploração do potencial da cultura, com vistas ao conhecimento das relações entre a água, o solo, a planta e a atmosfera, para obtenção de um melhor desenvolvimento da cultura e de produtividades economicamente rentáveis (Laviola & Dias, 2008).

2.3 IRRIGAÇÃO DO PINHÃO MANSO

O pinhão manso é considerado uma cultura tolerante à seca, que se desenvolve em vários tipos de solos, mas resultado de pesquisa tem demonstrado que essas condições tornam limitantes ao pleno desenvolvimento da cultura, podendo inclusive provocar a perda de suas folhas e paralisar o seu crescimento, sobrevivendo apenas da água armazenada em seus tecidos. O pinhão manso se desenvolve em regiões com faixa pluviométrica entre 480 mm e 2380 mm por ano, tendo sua produtividade aumentada com valores de precipitação acima de 600 mm por ano (Saturnino et al., 2005). Dessa forma, para que essa cultura atinja seu máximo potencial produtivo e seja explorada em regiões onde a pluviosidade é fator limitante, é preciso que seja feito um suprimento adequado de água.

Na região do Cerrado brasileiro a irrigação de culturas tem sido utilizada pelos agricultores para estimular o desenvolvimento da planta durante todo o ano, pois a região possui duas estações do ano bem definidas, ou seja, verão chuvoso com ocorrência de veranicos e inverno seco (Oliveira et al., 2000; Lima, 2011), tendo como médias anuais de temperatura e precipitação iguais a 22,9 °C e 1520 mm, respectivamente.

Silva et al. (2009b) constataram em cultivo de pinhão manso em área de Cerrado, que o estresse hídrico contribuiu para redução da produtividade de sementes do pinhão manso. Os tratamentos de irrigação com 25% e 125% de reposição da evapotranspiração da cultura, promoveram aumento de 60,45% no número de cachos, 49,88% na massa de sementes, 50,62% na massa dos frutos e 55,21% no número de frutos, evidenciando resposta positiva da cultura, quando irrigada nessa região.

Segundo Oliveira et al. (2012) diferentes níveis de irrigação produziram efeitos significativos sobre a produtividade do pinhão manso na região sul do estado de Minas Gerais. Albuquerque et al. (2009) encontraram uma variação constante independente dos

níveis de água aplicados para os parâmetros de crescimento da cultura, porém Faria et al. (2011) afirmam que a irrigação promove incremento de crescimento vegetativo da cultura aos 330 dias após o plantio o que demonstra a importância da irrigação na fase inicial de estabelecimento da cultura.

2.3.1 Manejo de irrigação

O manejo de irrigação é um processo de tomada de decisão para suprir, de acordo com estratégia pré-definida a demanda hídrica da cultura de interesse, visando aumentar sua rentabilidade. É fundamental para viabilidade e sustentabilidade da agricultura, promovendo o uso racional dos recursos hídricos. De acordo com Cemig (2013), caso a irrigação fosse conduzida de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia produzida no Brasil seriam economizados. O uso racional ainda evita que insumos como defensivos e fertilizantes sejam perdidos, carregados pela água em excesso na área de plantio podendo contribuir para a contaminação ambiental (Bernardo et al., 2008). Dessa forma, o uso adequado do manejo de irrigação tem como principais vantagens a redução dos custos de produção, em especial pela diminuição do uso de água e energia.

O manejo de irrigação pode ser realizado via solo, planta, clima, ou pela associação destes, podendo ser diferenciado nos estádios fenológicos da cultura de acordo com a maior ou menor sensibilidade ao estresse hídrico e seu efeito na produção (Bernardo et al., 2008)

O manejo de irrigação via monitoramento climatológico é realizado por meio da determinação das necessidades hídricas das culturas, que podem ser obtidas através de sua taxa de evapotranspiração, que está relacionada com a demanda evaporativa do ar. Essa demanda pode ser correlacionada com a evapotranspiração de referência, que indica o efeito do clima sobre o nível da evapotranspiração da cultura. A evapotranspiração de referência representa a taxa de evapotranspiração de uma área extensa coberta por grama, em ativo crescimento e pode ser medida ou estimada por vários métodos, como o do tanque de evaporação (Mantovani et al., 2006)

Neste sentido, alguns pesquisadores, visando facilitar o manejo de irrigação de culturas, via monitoramento do climatológico, tem proposto para o calculo da lâmina de irrigação, a utilização direta da porcentagem da evaporação do tanque Classe A (ECA). Em experimento com pinhão manso irrigado por gotejamento na região sul do estado de Minas Gerais, (Oliveira et al., 2012) constataram que a produtividade máxima da cultura é alcançada, quando irrigada com a lâmina calculada com base em 120% da ECA. (Andrade Junior & Klar, 1997), observaram que a aplicação da lâmina de irrigação equivalente a 75% da ECA proporcionou a obtenção dos melhores resultados de matéria fresca por planta e produtividade da cultura de alface. (Teodoro et al., 2006), registraram uma a produtividade máxima de 44,96 t ha⁻¹, de melancia irrigada por gotejamento na região de Uberlândia, MG, quando a cultura foi irrigada com a aplicação da lâmina de irrigação correspondente a 120% da ECA.

2.4 ADUBAÇÃO POTÁSSICA

O potássio é um dos seis macronutrientes essenciais às plantas. Atua na abertura e fechamento estomático, na fotossíntese, na respiração, nas sínteses e fixação simbiótica de nitrogênio, e no transporte e acúmulo de carboidratos e outros produtos. É um importante elemento para obtenção de boas colheitas contribuindo significativamente para aumentar o teor de óleos, gorduras e proteínas de plantas oleaginosas; estimulando o enchimento de grãos, além de possibilitar melhor utilização de água e fortalecer a planta na resistência à seca, geadas, pragas e doenças (Malavolta, 2006). Em oposição a essa necessidade, ocorre a carência desse nutriente em muitos solos brasileiros bastante intemperizados, apresentam níveis abaixo dos exigidos pelas culturas, fazendo-se necessárias a sua aplicação (Nachtigall & Raij, 2005)

O teor de potássio nos adubos é expresso em óxido (K₂O) e não como potássio elementar. O cloreto de potássio é o mais empregado na adubação, sendo muito solúvel, e comercializados em dois tipos, com concentrações variando de 48% a 50% e outro com 60% a 62%. Devido a sua solubilidade, é facilmente lixiviado, tornando necessário o parcelamento de sua aplicação, principalmente em solos arenosos com pequeno poder adsorvente (Osaki, 1991).

No caso específico dos sintomas apresentados pela planta quanto à deficiência de potássio, as folhas mais velhas apresentaram-se com clorose marginal, seguidas de necrose. De acordo com (Nascimento et al., 2010), que estudaram o efeito de doses de potássio sobre o desenvolvimento do pinhão manso, até 180 dias após semeadura, verificaram redução linear nas variáveis de crescimento analisadas com aumento da quantidade de potássio. (Evangelista et al., 2009) na região sul do estado de Minas Gerais, avaliando o efeito de aplicação de doses de adubação potássica de 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 90 kg ha⁻¹, e 120 kg ha⁻¹ sobre a produtividade do pinhão manso, verificaram que não obteve diferença significativa dos tratamentos sobre a produtividade da cultura, tendo como justificativa a presença de um teor considerável de potássio no solo na fase inicial de estabelecimento do experimento, correspondente a 101 mg dm⁻³.

Laviola & Dias (2008) ao analisar os teores de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso com cerca de um ano de idade, encontraram alto teor de potássio nos tecidos da cultura, apresentando a seguinte ordem de acúmulo no limbo foliar: N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu e nos frutos maduros os autores observaram a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes: N > K > Ca > P ≥ Mg > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu. Entretanto, Silva et al. (2009a) verificaram em estudo com supressão de nutrientes em mudas de pinhão manso que a ordem de limitação de macronutrientes é Ca > Mg > K > N > P > S, e de micronutrientes Fe > Cu > Zn > Mn > B.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG), no município de Goiânia, GO (Figura 2). A área está situada nas coordenadas geográficas de 16° 35' de latitude sul e 49° 16' de longitude oeste a 722 m de altitude. O período de condução do experimento foi de outubro de 2010 a outubro de 2012.



Figura 2 Vista geral da área experimental da EA/UFG , mostrando a área do experimento. Goiânia, GO, 2012.

O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo Aw (tropical e chuvoso), caracterizado por dois períodos bem definidos, sendo uma estação chuvosa, compreendida, entre os meses de outubro e abril, onde se verifica cerca de 90% do total anual precipitado, e outra estação seca, de maio a setembro, com baixos índices de precipitações. A temperatura média anual do ar é de 22,3°C, e as médias das temperaturas mínimas e máximas do ar anuais de 17,1°C e 29,2°C, respectivamente. Os meses mais frios são os de junho e julho, quando a temperatura média do ar é de 19°C, com mínimas de 12°C. O total de precipitação pluvial média anual é de 1488,5 mm, apresentando uma precipitação média total para o mês mais chuvoso de 299,3 mm e 0,0 mm para o mês mais seco, enquanto o total médio anual de insolação é de 2318,9 horas. A umidade relativa do

ar apresenta-se baixa nos meses de julho a setembro, provocando níveis de evaporação superiores a 250 mm mensais (Brasil, 2013).

O solo onde foi instalado o experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (Embrapa, 2006), com composição granulométrica de 614,4g de argila, 77,8g de silte e 307,8g de areia por quilograma de solo. A umidade do solo correspondente à capacidade de campo é de 34% e a correspondente ao ponto de murcha permanente de 22%, com base em volume, estimados por meio da curva de retenção de água no solo.

A adubação química de plantio, correção do solo e cobertura com nitrogênio e fósforo, foi realizada na mesma dosagem para todas as parcelas experimentais, de acordo com os resultados de análise de química do solo (Tabela 1), havendo apenas diferenciação na adubação de potássio. Tomou-se como fundamentação teórica às recomendações de adubação para a cultura da mamoneira de acordo com (Savy Filho, 1997) e (Martinez et al., 1999), por ser uma cultura da mesma família (euforbiácea) do pinhão manso, também produtora de sementes ricas em óleo.

Tabela 1 Características químicas do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,20m de profundidade.

MO g Kg ⁻¹	pH-H ₂ O	P -----mg dm ⁻³ -----	K -----	Ca ²⁺ -----cmol _c dm ⁻³ -----	Mg ²⁺ -----	Al ³⁺ -----	CTC
2,1	5,2	9,6	99	2,0	0,9	0,0	6,4
V	S	P _{rem.}	Zn	Fe	Mn	Cu	B
%	mg dm ⁻³	mg L ⁻¹	-----	-----	-----	-----	-----
51,7	22,7	13,6	4,4	18,2	20,3	24,6	0,4

pH em H₂O: relação 1:2,5. CTC: capacidade de troca de cátions. P, K, Fe, Zn, Mn, Cu: extrator Mehlich¹. Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺: KCl 1 mol L⁻¹. H + AL: método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7. Matéria orgânica: C orgânico x 1,724 – Walkley Black

As mudas de pinhão manso provenientes de sementes foram produzidas em telado localizado na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, GO. As sementes de pinhão manso foram provenientes do banco de germoplasma da EPAMIG em Nova Porteirinha, MG, coletadas em plantas com seis anos de idade que apresentavam características de crescimento e produtividade de sementes com baixa variabilidade. A semeadura foi realizada em tubetes de 280 mL, utilizando-se substrato comercial, segundo as recomendações de Anez et al. (2005) (Figuras 3A e 3B).

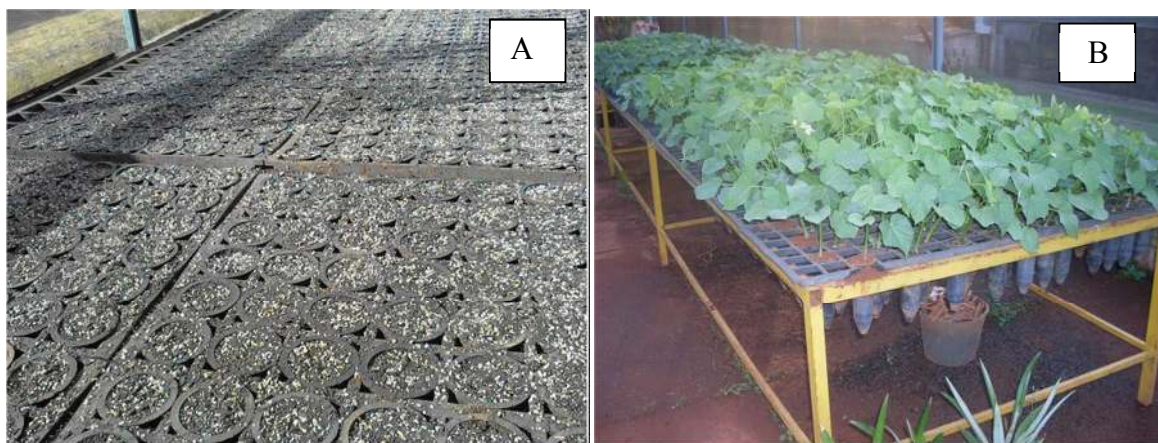


Figura 3 A) Tubetes de 280 ml, preenchidos com substrato comercial com sementes de pinhão manso semeadas e B) mudas de pinhão manso com trinta dias de idade. Goiânia, GO, 2010.

O plantio foi efetuado em covas, manualmente, sessenta dias após a semeadura, quando as mudas possuíam uma altura média de 0,20 m acima do colo da planta no ato do plantio. O espaçamento utilizado foi de 3,0 m entre linhas de plantio e 1,5 m entre plantas (Figura 4). As mudas foram transplantadas na área em outubro do ano de 2010 (período de início das chuvas na região).



Figura 4 Mudas de pinhão manso transplantadas na área experimental no espaçamento de 3,0 m x 1,5 m. Goiânia, GO, 2010.

O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão, sendo composto por um conjunto moto-bomba, filtros de tela e de disco, controlador de irrigação, válvulas solenóides, sensor de chuva, manômetros e conexões. A linha principal e de derivação

foram de 40 mm de diâmetro, com tubo de PVC e as linhas laterais foram compostas por tubos de polietileno, com 16 mm de diâmetro, onde os emissores foram conectados. O microaspersor utilizado foi do fabricante Amanco, modelo fixo, com raio de alcance 1,0 m e vazão média de 65 L h^{-1} à uma pressão de operação de 20 mca com um emissor para cada duas plantas, perfazendo uma área molhada de 35% instalados logo após o plantio, o que data início do tratamento de irrigação na área (Figura 5).



Figura 5 Disposição de instalação de um microaspersor para cada duas plantas na área experimental. Goiânia, GO, 2011.

O manejo de irrigação foi realizado com base na evaporação diária medida em um tanque Classe A e a precipitação medida em pluviômetro, instalados na estação evaporimétrica, localizada na área da Escola de Agronomia da UFG, numa distância de 300 m da área experimental.

As irrigações foram realizadas três vezes por semana (segundas, quartas e sextas-feiras). O volume de água aplicado foi calculado com base no saldo entre a evaporação do tanque Classe A (ECA) e as precipitações ocorridas no período, entre duas irrigações consecutivas. O tempo de irrigação foi estimado segundo equações apresentadas por Bernardo et al. (2008), com uma capacidade de armazenamento de água no solo de 42.3 mm e coeficiente de localização de 0.41 e também segundo metodologia de Bernardo et al. (2008) foi realizado teste de uniformidade na área revelando um valor de 92,5% para o sistema de irrigação, com manutenção mensal do sistema.

Os tratos culturais adotados durante o experimento consistiram de controle das ervas daninhas nas fileiras das plantas, realizado através de capinas. Nas entrelinhas, quando necessário, foi aplicado o herbicida glifosato na dosagem de 200 ml para cada 20 L de água de forma rasteira.

Durante o desenvolvimento do experimento, ocorreu a presença das seguintes pragas: cigarrinha verde (*Empoasca* sp), percevejos (*Pachicoris torridus*) e ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*) com controle químico das pragas através da utilização do endossulfan, aplicado via pulverizador costal manual, com uma diluição de 0,1%, ou seja, 0,02 l de endossulfan em 20 L de água. Também houve controle durante a fase inicial de formigas cortadeiras (*Atta cephalotes* e *Acromyrmex octospinosus*) por meio de iscas granuladas com uso de porta iscas segundo metodologia proposta por (Boaretto & Forti, 1997)

3.1 CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE PINHÃO MANSO

Para avaliação do crescimento da parte aérea do pinhão manso utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam de quatro doses de adubação potássica, quatro níveis de irrigação e de épocas após o transplantio das mudas. Os tratamentos de adubação foram: $K_{40} = 40 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O ; $K_{80} = 80 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O ; $K_{120} = 120 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O ; e $K_{160} = 160 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O . As aplicações foram parceladas em três vezes, sendo a primeira no plantio definitivo e as demais em cobertura. A segunda e a terceira aplicação foram realizadas respectivamente aos trinta e sessenta dias após o transplantio das mudas (DAT). Os tratamentos de irrigação corresponderam a níveis água determinados com base na porcentagem de evaporação acumulada do tanque Classe A (ECA), ou seja: N_0 = testemunha; N_{80} = 80% da ECA; N_{120} = 120% da ECA. As épocas foram definidas em intervalos de trinta dias, coincidindo como as datas de avaliações das características de crescimento da planta, tomando como base a primeira adubação do ano. O número de épocas foram vinte e quatro, respectivamente, para o primeiro e segundo ano de avaliação. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de pinhão manso com cinco plantas cada uma. Cada bloco foi constituído por quatro parcelas, somando 48 plantas, com área útil total de 216 m^2 , ocupando uma área total de 864 m^2 .

Foram avaliados mensalmente, durante dois anos após o transplante das mudas, os parâmetros de crescimento da cultura: altura de planta, área de copa, diâmetro de caule e número de ramificações no ramo principal. A altura de planta foi medida utilizando uma régua graduada. A área de copa foi determinada a partir de medição dos comprimentos de copa da planta medidos na direção da linha de plantio e perpendicular a mesma. O diâmetro de caule foi medido a uma altura de 10 cm da superfície do solo e o número de ramificações no ramo principal foi avaliado através de contagem direta na planta.

Foi realizada a análise de variância e, em seguida, quando a interação tripla foi significativa, em nível de 5% de probabilidade de erro, ajustaram-se superfícies de resposta para as combinações de dois fatores. Para as interações duplas significativas, procedeu-se ao ajuste de superfície de resposta. Quando houve efeito significativo isolado das fontes de variação quantitativas, desdobrou-se a soma dos quadrados dos tratamentos em polinômios de 1º e 2º graus, ajustando o polinômio de maior grau significativo em nível de 5% de probabilidade de erro e para o tratamento qualitativo, quando apresentou efeito significativo, as médias foram comparadas usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2 DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DO PINHÃO MANSO

Para o estudo da distribuição de raízes do pinhão manso, realizaram-se amostragens de raízes aos final do segundo ano, irrigadas por microaspersão sob a dose de 80 kg ha⁻¹ em todos os tratamentos de irrigação N₀ = testemunha; N₈₀ = 80% da ECA; N₁₂₀ = 120% da ECA). As amostras foram coletadas em cinco posições, sendo duas na linha de plantio e três perpendiculares nas distancias de: 0,25 m, 0,75 m e 1,5 m) em relação ao caule, e em três profundidades: 0,0 à 0,25 m, 0,25 à 0,50 m e 0,50 à 1,0 m, sendo 15 amostras por planta com quatro repetições totalizando 240 amostras (Figura 6).

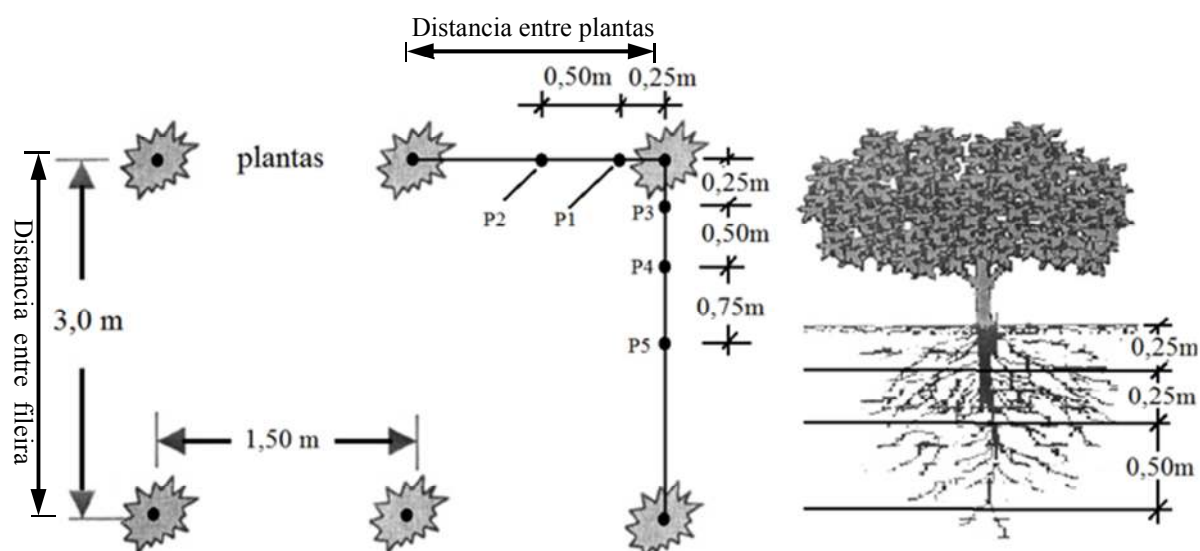


Figura 6. Posições e profundidades de amostragem de raízes de plantas de pinhão manso irrigadas por microaspersão.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e em arranjo fatorial de quatro níveis de irrigação, três profundidades e cinco posições de amostragem.

O método de coleta foi por meio de trado tipo caneca (Figura 7), com 0,090 m de diâmetro e altura de 0,25 m, com volume $0,0016 \text{ m}^3$ com boca serrilhada, com lavagem das raízes em água corrente em peneiras ($\phi = 2 \text{ mm}$) logo após a retirada da amostra (Bohm, 1979). Em seguida as amostras mergulhadas em solução de cloro a 2 ppm e armazenadas a 5°C em saco plástico fechado até o momento do processamento de imagem com tempo máximo de armazenagem de sete dias.

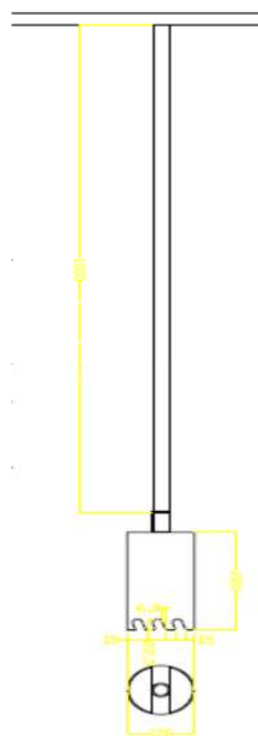


Figura 7. Trado caneca utilizado no experimento.

A aquisição das imagens digitais das raízes foi realizada utilizando um scanner com resolução de 600 dpi. Após a aquisição as imagens foram submetidas à quantificação do comprimento de raízes utilizando o aplicativo Safira (Jorge & Rodrigues, 2008). Os dados de comprimento de raízes permitiram a determinação da densidade de comprimento de raízes em cm cm^{-3} , pela razão entre o comprimento de todos os segmentos de raízes da amostra em cm e o volume da amostra em cm^3 . Em seguida as raízes foram secas em estufa de ventilação forçada à $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 36h e após este período foi determinado o acúmulo de massa seca de raízes.

Os resultados de densidade e acúmulo de massa seca de raízes foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F a 5%. Quando houve efeito significativo das fontes de variação quantitativas, desdobrou-se a soma dos quadrados dos tratamentos em polinômios de 1º e 2º graus, ajustando o polinômio de maior grau significativo em nível de 5% de probabilidade de erro e para o tratamento qualitativo, quando apresentou efeito significativo, as médias foram comparadas usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO

Para análise de produtividade de sementes de pinhão manso, utilizou-se também o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e os mesmos tratamentos de irrigação e adubação potássica utilizados na análise de crescimento da parte aérea da cultura. Durante a realização do experimento realizou-se duas colheitas entre os meses de fevereiro a março a primeira na safra 2010/2011 e segunda nos mesmos meses na safra 2011/2012. A colheita das parcelas foi manual e, após a homogeneização dos frutos colhidos as amostras foram acondicionadas em sacaria de fio plástico trançado e submetidas a secagem, em bancadas de madeira suspensa ao ar livre. Em seguida foi realizado o beneficiamento e, posteriormente, determinados: massa do pinhão-manso beneficiado, a umidade e a produtividade de sementes.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a qual, quando apresentou resultados significativos as diferenças entre os tratamentos desdobrou-se a soma dos quadrados dos tratamentos em polinômios de 1º e 2º graus, ajustando o polinômio de maior grau significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de precipitação e evaporação do tanque Classe para Goiânia (Figura 8), ocorridos durante o período de realização do experimento (outubro de 2010 a outubro de 2012), corroboram com Nascimento & Barros (2001) ao indicar uma maior concentração das precipitações na região entre os meses de outubro a março, cujos valores precipitados superam consideravelmente a evaporação do tanque Classe A, enquanto nos meses de abril a setembro ocorre o inverso, caracterizando-se déficit hídrico no período. Essas informações estão de acordo com Nascimento & Barros (2001), ao relatarem que a estação chuvosa para Goiânia se estende de outubro a março e a seca compreende os meses de abril a setembro.

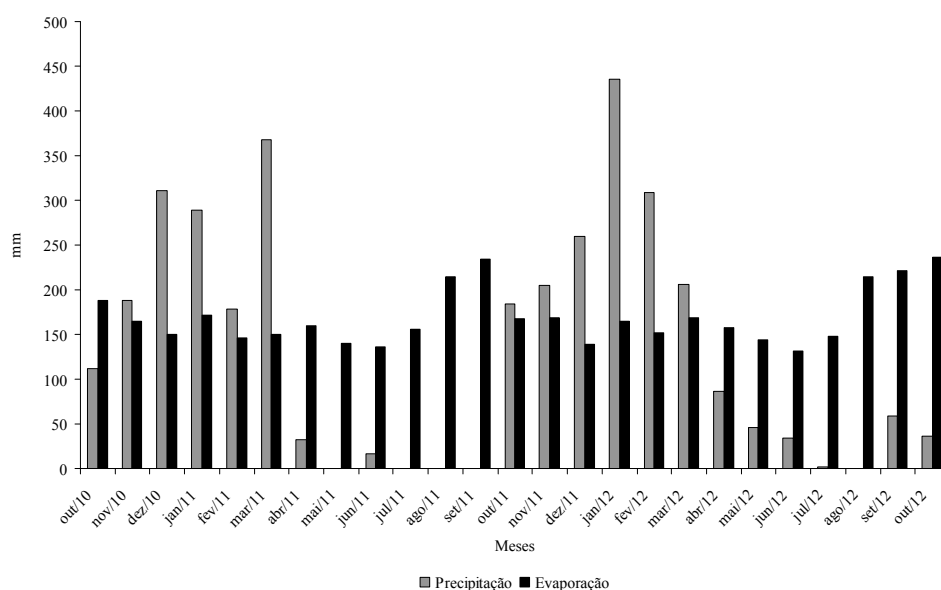


Figura 8 Totais mensais (mm) para precipitação e evaporação do tanque Classe A ocorridos no período de outubro de 2010 a outubro de 2012. Goiânia. GO.

O total de lamina de agua bruta aplicada nos tratamentos sugere ocorrência de déficit hídrico em N0 de abril a setembro e de maio a outubro respectivamente no primeiro (Figura 9) e segundo (Figura 10) ano, o mesmo pode ter havido nos tratamentos N40 e N80.

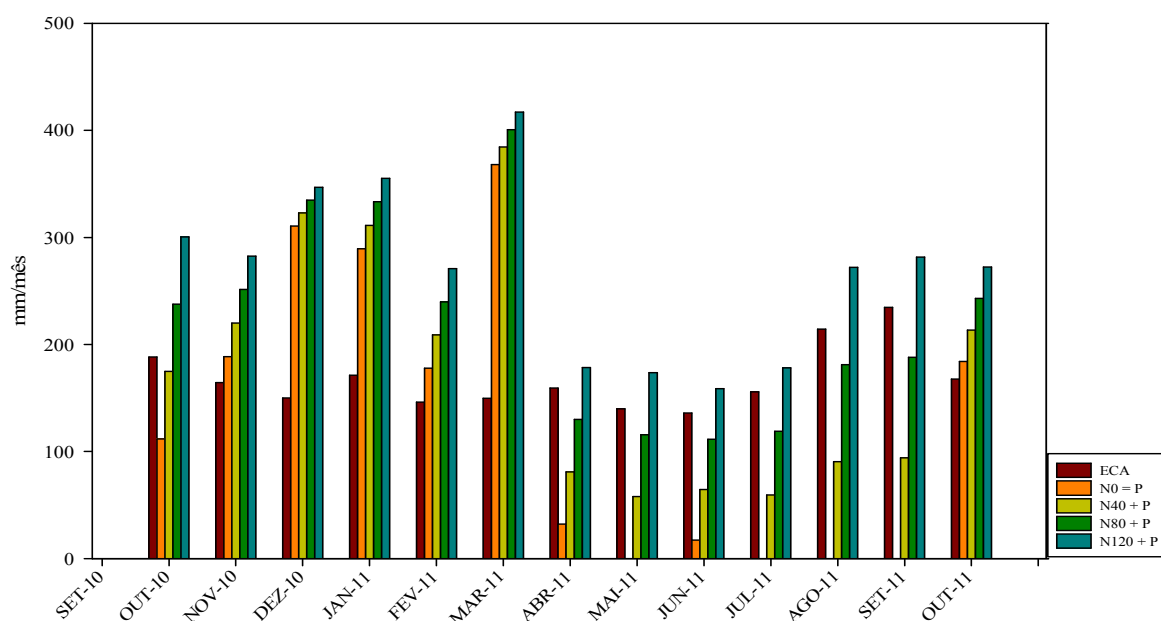


Figura 9 Totais mensais (mm) acumulados de ECA e de irrigação (N0, N40, N80 e 120) e precipitação (P) para o primeiro ano. Goiânia. GO.

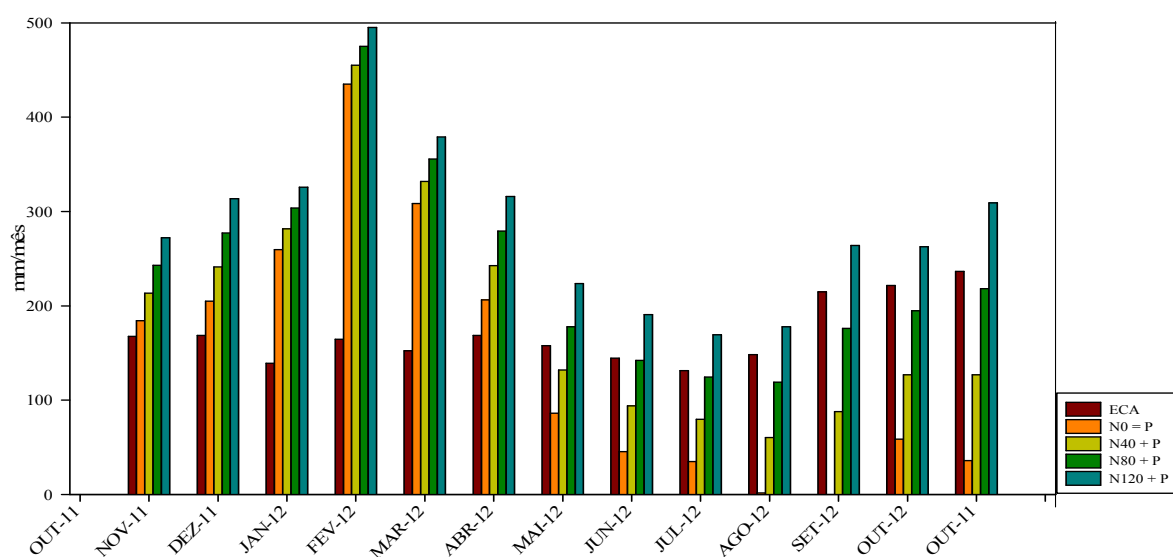


Figura 10 Totais mensais (mm) acumulados de ECA e de irrigação (N0, N40, N80e 120) e precipitação (P) para o segundo ano. Goiânia. GO.

O balanço entre a evaporação do tanque Classe A e a precipitação mostra déficit hídrico de 990,60mm e 991,80mm, para os períodos de abril a setembro, respectivamente nos anos de 2011 e 2012. Este déficit, por outro lado, é função da ausência ou dos baixos valores precipitados entre os meses de abril a setembro e de uma elevada demanda d'água pela atmosfera, o que pode ser constatado através dos valores da

evaporação do tanque Classe A, superiores a $5,0 \text{ mm d}^{-1}$ (Figura 7). Ressalta-se que um déficit hídrico superior a 150 mm pode comprometer a produção da maioria das culturas. Com bases nesses dados pode-se justificar, então, a irrigação do pinhão manso em Goiânia, GO, mesmo essa região apresentando precipitação média acima de 1000 mm (Silva et al., 1997), porém com ocorrência de verânicos.

A temperatura média do ar durante o período experimental foi de $23,8^\circ\text{C}$, e a média das temperaturas máximas e mínimas do ar foram de $30,7^\circ\text{C}$ e $16,9^\circ\text{C}$, respectivamente. Foi observada razoável variação de temperatura durante o experimento, sendo outubro de 2012 o mês mais quente com temperatura média de $34,4^\circ\text{C}$ e julho de 2011 o mês mais frio com temperatura média de $11,0^\circ\text{C}$ (Figura 11).

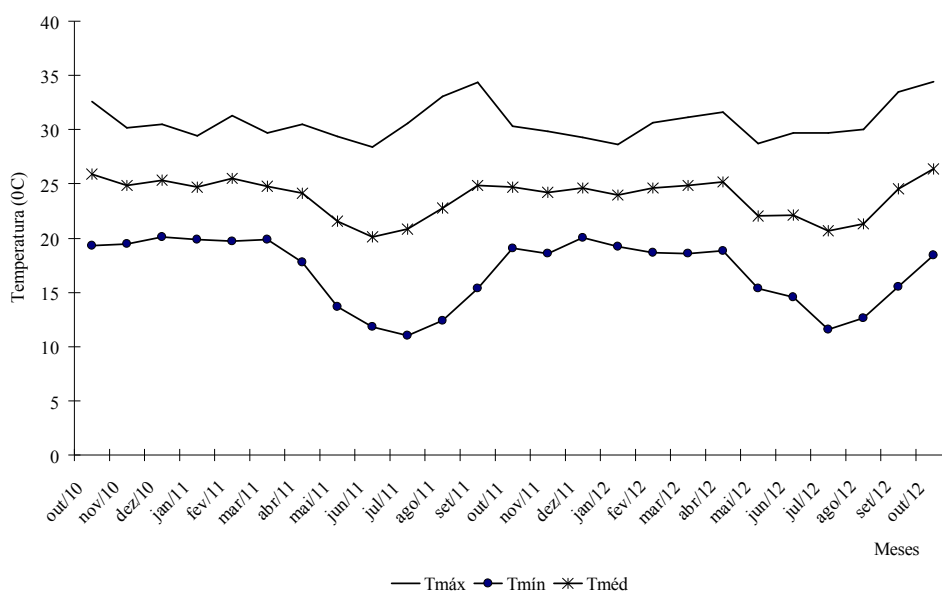


Figura 11 Temperatura média, máxima, e mínima mensal, ocorridas no período de outubro de 2010 a outubro de 2012. Goiânia, GO.

No primeiro ano, durante a estação seca e no mês mais frio, quando a temperatura do ar média das mínimas registrada foi de $11,1^\circ\text{C}$, todas as plantas cultivadas sob regime de sequeiro, entraram em dormência vegetativa, enquanto as plantas irrigadas permaneceram com os ramos folhosos (Figura 12) e com emissão de novos brotos, durante todo ano. Entretanto, no segundo ano, também na estação seca do ano, tanto as plantas de sequeiro quanto as irrigadas entraram em dormência vegetativa (Figura 12). Segundo Henning (2009) a dormência do pinhão manso é induzida pelas mudanças climáticas em especial a temperatura e luminosidade, mas nem todas as plantas respondem a esse estímulo, podendo-se ter num cultivo, tanto ramos desfolhados, como outros cheios de

folhas verdes. De acordo Saturnino et al. (2005), conforme a região, o desenvolvimento do pinhão manso pode ser influenciado pela época de chuvas, ventos dominantes e outras ocorrências climáticas típicas de cada local.



Figura 12 Plantas de pinhão manso cultivadas sob regime de sequeiro à esquerda, com visível dormência vegetativa e plantas irrigadas à direita com ramos folhosos, durante o primeiro ano de cultivo. Goiânia, GO, 07/2011.

No segundo ano, a abscisão foliar iniciou no mês de abril em maior intensidade nas plantas de sequeiro, aumentando com a redução da temperatura média do ar nos meses subsequentes, chegando ao mês de julho, no início da estação seca, com 100% de desfolhamento em todas as plantas, sugerindo a maior influência da temperatura da região sobre a fenologia da planta (Figura 13).



Figura 13 Plantas de pinhão manso com dois anos de idade durante a senescência. Goiânia, GO, 08/2012.

4.1 CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE PINHÃO MANSO

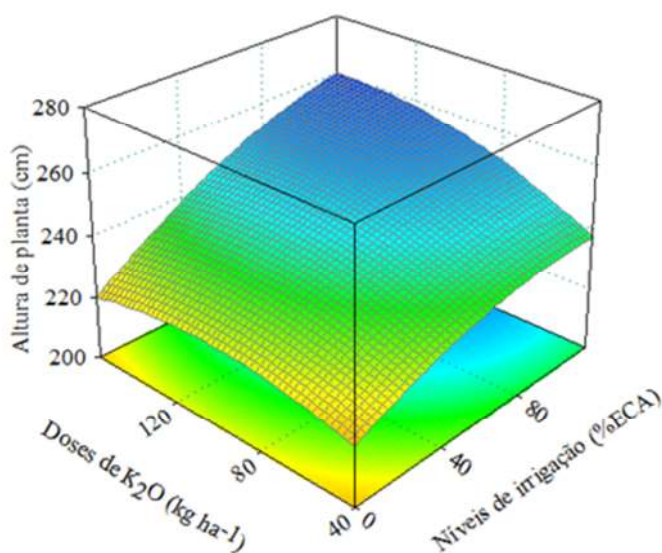
No primeiro ano de cultivo, constatou-se interação tripla significativa entre os tratamentos de irrigação, adubação potássica e épocas, para altura de planta, área de copa e diâmetro de caule, enquanto para o número de ramificações houve interação dupla significativa entre os fatores níveis de irrigação e doses de adubação potássica, enquanto as épocas influenciaram esse parâmetro de crescimento separadamente (Tabela 2).

No primeiro ano, houve aumento gradual na altura de planta, com o aumento dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica (Figura 14). No desdobramento dos graus de liberdade, constatou-se que a melhor resposta em altura da planta, foi registrada na época doze (360 DAT), e a altura máxima de 260,07 cm foi alcançada com a aplicação do nível de irrigação de 120% da evaporação do tanque Classe A e dose de adubação potássica de 160 kg ha⁻¹ de K₂O. Esse resultado corrobora com os dados encontrados por Saturnino (2005) que afirma que o pinhão manso é um arbusto grande e de crescimento rápido, cuja altura normal é de dois a três metros de altura, mas podendo alcançar até cinco metros em condições especiais, como por exemplo, com o uso da irrigação e adubação correta.

Tabela 2 Resumo da análise da variância para os dados de altura de planta, área de copa, diâmetro de caule e número de ramificações do pinhão manso cultivado, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicados, durante o primeiro ano de cultivo. Goiânia, GO, 2011.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Altura de planta (cm)	Área de copa (m ²)	Diâmetro de caule (mm)	Número de ramificações
Bloco	3	605,35*	4708,49*	64,31**	35,94*
Irrigação (N)	3	9884,25*	83327,35*	3577,48*	8,83*
Erro(1)	9	217,23	1603,45	114,22*	7,19
Doses de Potássio (K)	3	3419,63*	10120,27*	532,72*	10,35*
N*K	9	1282,36*	6639,88*	433,28*	15,64*
Erro(2)	27	150,65	947,65	83,56*	5,35
Época	12	551760,54*	1177942,29*	40864,12*	241,82*
N*Época	36	445,39*	4925,02*	202,34*	0,380 ^{ns}
K*Época	36	97,15*	579,47**	17,17 ^{ns}	0,729 ^{ns}
Época *N*K	108	146,63*	928,11*	28,80*	0,679 ^{ns}
Erro(3)	324	28,46	278,09	16,07	0,348
Média	-	152,24	1,73	55,03	4,23
CV (%)	-	3,69	11,04	7,65	19,01

* significativo (P < 0,05); ** significativo (P < 0,01); ns: não significativo.



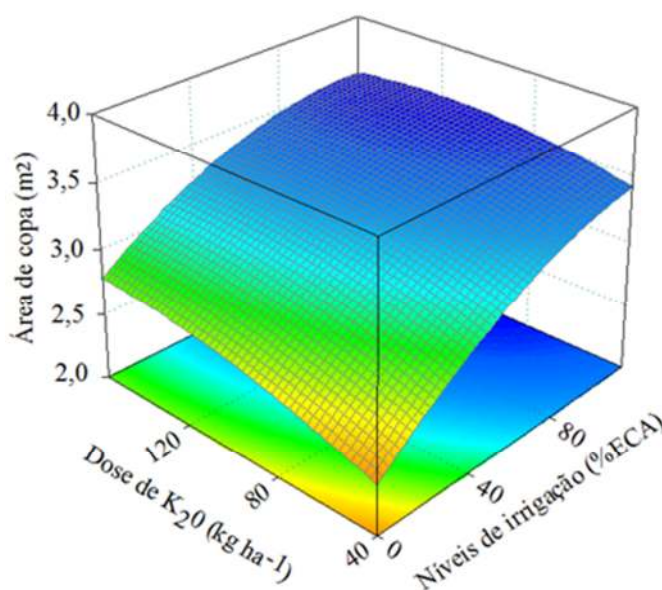
$$\text{Altura} = 206,91 + 0,28N + 0,35K - 0,0015N^2 - 0,0017K^2 + 0,0014NL \quad R^2 = 0,64$$

Figura 14 Superfície de resposta para altura de planta do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicados, para o primeiro ano de cultivo na época doze (360 DAT). Goiânia, GO, 2011.

Ressalta-se que o crescimento vigoroso da planta de pinhão manso não é conveniente, pois segundo Achten et al. (2010), pode ocorrer queda de produtividade da

cultura em razão da demanda de nutrientes pelas partes vegetativas e autossombreamento e, também, dificultar a execução dos tratos culturais e fitossanitários e as operações de colheita. Os mesmos autores também comentam que, para facilitar a colheita, quando adultas a altura média das plantas não deve ultrapassar dois metros, o que ocorreu com as plantas irrigadas e adubadas com os melhores tratamentos, neste experimento justificando, assim, o uso de técnicas de manejo da cultura como, por exemplo, a poda das plantas.

A área de copa é uma característica da planta que pode influenciar a produção da maioria das culturas, pois interfere diretamente no processo de interceptação da luz solar, que é transformada pelo processo da fotossíntese em energia química. No primeiro ano de cultivo, a área de copa da planta do pinhão manso, também apresentou aumento acentuado com a aplicação dos tratamentos (Figura 15). Semelhante a altura de planta, a melhor resposta para área de copa ($3,58 \text{ m}^2$) também foi alcançada aos 360 dias após o transplantio, com a aplicação do nível de irrigação também de 120% da evaporação do tanque Classe A e adubação potássica de $119,21 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O .



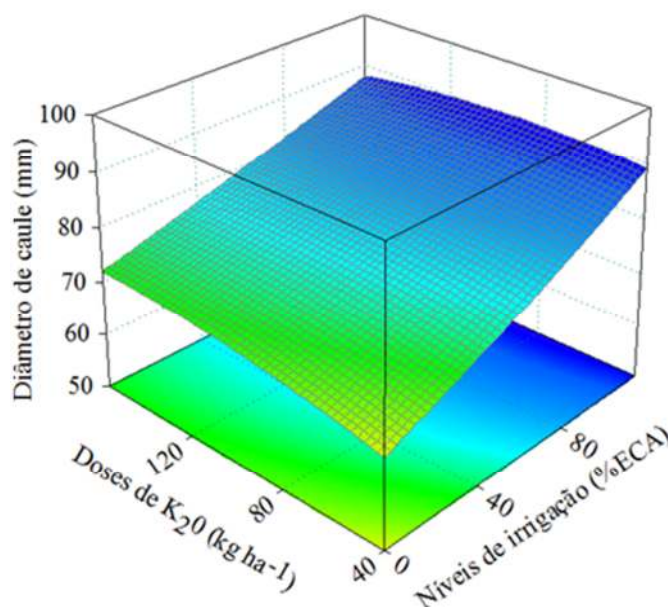
$$\text{Área da copa} = 2,04 + 0,016N + 0,009K - 5,64N^2 - 2,81K^2 - 1,98NL \quad R^2 = 0,61$$

Figura 15 Superfície de resposta da área de copa do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicadas, para o primeiro ano de cultivo na época doze (360 DAT). Goiânia, GO, 2011.

A maior área de copa alcançada com a aplicação dos tratamentos que o otimizaram, foi em média, 51% maior que àquela das plantas de sequeiro e adubadas com a menor dose de potássio, indicando mais uma vez, restrição no desenvolvimento da cultura caso seja cultivada nas condições de clima do Cerrado e em solos com baixos

teores de potássio. (Albuquerque et al., 2009) avaliando o crescimento inicial do pinhão manso em condições de sequeiro no semiárido nordestino verificaram um rápido crescimento da área de copa da cultura no período chuvoso, porém, na época seca do ano houve drástica redução na sua taxa de crescimento.

Houve um aumento no diâmetro de caule do pinhão manso, a medida que se aumentou simultaneamente a aplicação dos níveis de irrigação e doses de potássio (Figura 16), onde os níveis ótimos de nutrientes para o alcance dos diâmetro de caule máximos aumentaram com o acréscimo da aplicação dos níveis de irrigação. Esse comportamento justifica-se à medida que a fertirrigação torna-se mais eficiente com o aumento da disponibilidade de água no solo, principalmente com relação aos nutrientes com elevada solubilidade, como o potássio (Dalri & Cruz, 2008).



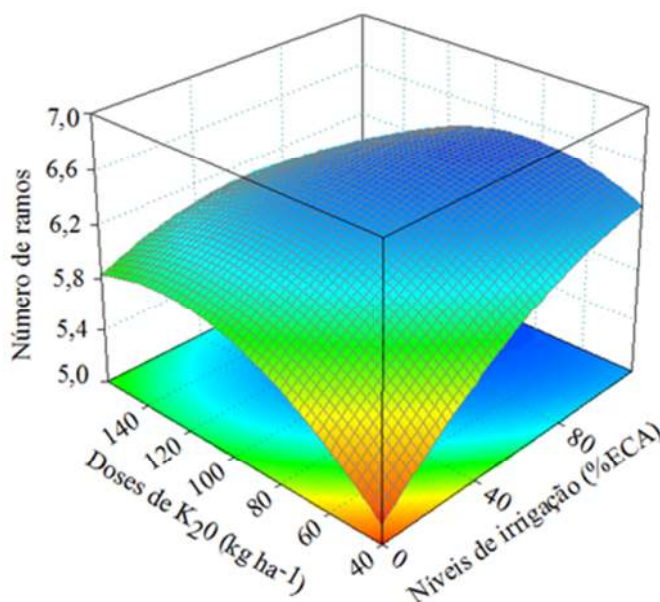
$$\text{Diâmetro do caule} = 61,35 + 0,55N + 0,137K + 0,00015N^2 - 0,00045K^2 - 0,00048NL \quad R^2 = 0,59$$

Figura 16 Superfície de resposta para o diâmetro de caule do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicadas, para o primeiro ano de cultivo na época doze (360 DAT). Goiânia, GO, 2011.

O acréscimo na disponibilidade de água no solo proporcionado pelo nível de irrigação de 120% da ECA, e com aumento da fertilidade do solo com a aplicação da dose de adubação potássica de 88,50 kg ha⁻¹ de K₂O, contribuiu para alcançar o diâmetro máximo de caule para a cultura de pinhão manso de 90,06 mm, também aos 360 dias após o transplântio das mudas (Figura 16). Ressalta-se que plantas com maiores diâmetros de

caule apresentam na maior resistência mecânica e também um maior volume de vasos condutores de seiva, garantindo maior fluxo na parte interna da planta.

O número de ramificações nas plantas nas três primeiras épocas (até 90DAT) foram considerados estatisticamente iguais com média de 1,24 ramos, apresentando aumento acentuado nas épocas 4 (120 DAT), 5 (150 DAT) 6 (180 DTA) 7 (210 DTA) e 8 (240 DAT), com médias de 2,73, 3,99, 4,71 e 5,07 respectivamente. A partir da época 8 os diâmetros de caule foram considerados iguais. Para a época 12 (360 DAT), o maior número de ramificações foi de 5,49, alcançado com a aplicação do nível de irrigação de 102,56% da ECA e dose de adubação potássica de 90,34 kg ha⁻¹, resultando em um número máximo de ramificações de 6,28 (Figura 17).



$$\text{N}^{\circ} \text{ ramificação} = 4,23 + 0,020N + 0,026K + 6,65 \cdot 10^{-5}N^2 - 0,00010K^2 - 7,54 \cdot 10^{-5}NL \quad R^2 = 0,72$$

Figura 17 Superfície de resposta para o número de ramificações no ramo principal de plantas de pinhão manso, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicadas, para o primeiro ano de cultivo na época doze (360 DAT). Goiânia, GO, 2011.

Este fato reforça a importância da adubação potássica e da irrigação do pinhão manso na região do Cerrado, com vistas à obtenção de melhores condições de desenvolvimento e produção da cultura, pois segundo (Anez et al., 2005), quanto maior for o número de ramificações na planta, maior será possivelmente, sua produtividade, uma vez que a primeira inflorescência do pinhão manso é apical e assim que surge, força o brotamento de dois novos ramos secundários, que passam a ser axilares até o surgimento

de novas inflorescências que, por sua vez, impedem novamente o crescimento apical, surgindo dois novos ramos terciários.

No segundo ano de cultivo houve efeito significativo entre os tratamentos para todas as características da planta analisadas (Tabela 3). Houve interação significativa entre os níveis de irrigação e doses de adubação potássica, para a área de copa e número de ramificações. Enquanto para a altura de planta e diâmetro de copa, houve influência independente dessas fontes de variação. Com exceção do número de ramificações todas as outras características de crescimento da planta apresentaram diferenças significativas ao longo das épocas.

Tabela 3 Resumo da análise da variância para os dados de altura de planta, área de copa, diâmetro de caule e número de ramificações do pinhão manso, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicados no segundo ano de cultivo. Goiânia, GO, 2012.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Altura de planta (cm)	Área de copa (m ²)	Diâmetro de caule (mm)	Número de ramificações
Bloco	3	4482,65*	76205,16*	8754,55*	53,56*
Irrigação (N)	3	25619,35*	570806,15*	29428,83*	9,68**
Erro(1)	9	1920,87	51685,80	3671,38	20,60
Doses de Potássio (K)	3	1494,94*	98866,08*	6003,16*	1,05 ^{ns}
N*K	9	2492,86 ^{ns}	40309,00*	3517,04 ^{ns}	49,70**
Erro(2)	27	772,89	10500,68	1928,14	9,73
Época	11	25056,11*	50083,72*	22889,39*	1,45 ^{ns}
L*Época	33	144,84 ^{ns}	1145,62 ^{ns}	437,19 ^{ns}	0,08 ^{ns}
K*Época	33	70,96 ^{ns}	957,14 ^{ns}	43,26 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Época*N*K	99	141,78 ^{ns}	681,46 ^{ns}	161,65 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Erro(3)	297	41,25	555,04	151,36	0,04
Média	-	292,80	3,99	141,89	6,52
CV (%)	-	3,73	12,38	10,32	10,41

* significativo (P < 0,05); ** significativo (P < 0,01); ns: não significativo.

No segundo ano, após a adubação em cobertura, as plantas continuaram a responder com aplicação dos tratamentos, até a época 8 (630 DAT), alcançando a altura máxima de 311 cm (Tabela 4), indicando a necessidade de realização de poda de condução, pois como mencionado anteriormente, em razão do maior desenvolvimento em altura da planta, pode ocorrer queda em sua produtividade pelo aumento da demanda de nutrientes

pelas partes vegetativas, além de autossombreamento e dificultar a execução dos tratos culturais e as operações de colheita.

Tabela 4 Médias de altura de planta, área de copa e diâmetro de caule de plantas de pinhão manso irrigado por microaspersão e adubados com potássio, em diferentes épocas, durante o segundo ano de cultivo. Goiânia, GO, 2012.

Épocas	Altura de planta (cm)	Área de copa (m ²)	Diâmetro de caule (mm)
Época 1 – 390 DAT	258,1 a	3,41 a	97,78 a
Época 2 – 420 DAT	266,4 b	3,61 b	123,93 b
Época 3 – 450 DAT	274,5 c	3,79 bc	130,79 bc
Época 4 – 480 DAT	279,0 cd	3,85 cd	133,36 cd
Época 5 – 510 DAT	283,2 d	3,93 cd	135,60 cd
Época 6 – 540 DAT	293,1 e	4,02 de	140,19 de
Época 7 – 570 DAT	302,8 g	4,14 ef	148,27 e
Época 8 – 600 DAT	310,9 h	4,23 f	158,44 f
Época 9 – 630 DAT	311,2 h	4,23 f	158,56 f
Época 10 – 660 DAT	311,2 h	4,23 f	158,57 f
Época 11 – 690 DAT	311,3 h	4,23 f	158,57 f
Época 12 – 720 DAT	311,4 h	4,24 f	158,58 f

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si.

Neste período, houve incremento na altura de planta com o aumento da aplicação dos tratamentos, porém o efeito foi isolado. A maior altura de planta (3,05m) foi obtida com aplicação do nível de irrigação de 120% da ECA (Figuras 18A) e no caso da adubação potássica, a dose que maximizou a altura de planta (2,96 m) foi de 125 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 18B). Comparando com ano anterior, as exigências da planta para obtenção das maiores alturas foram semelhantes quanto ao requerimento de água, entretanto, a dose de adubação potássica exigida pela cultura foi menor. Isso não era esperado, pois nesse período as plantas entraram em fase de produção, e nesse período, segundo (Laviola & Dias, 2008) o requerimento da planta por esse nutriente aumenta, desempenhando papel importante na formação dos frutos.

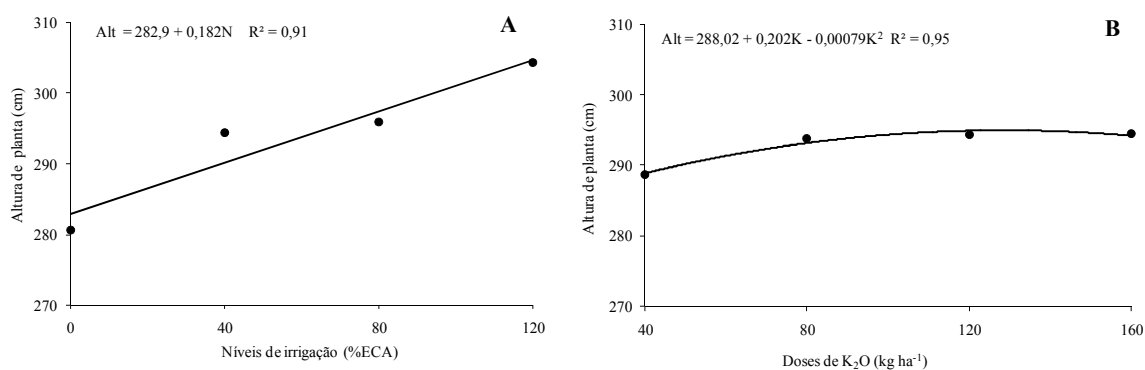
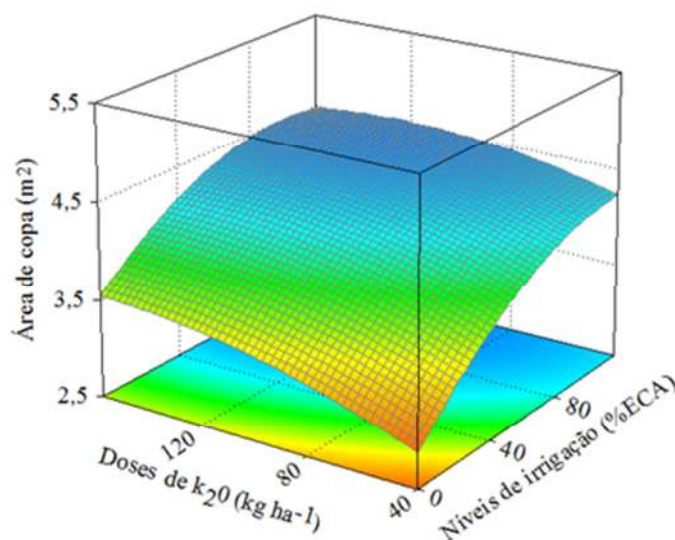


Figura 18 Altura de planta do pinhão manso no segundo ano de cultivo, A) em função dos níveis de irrigação e, B) em função das doses de adubação potássica aplicados. Goiânia, GO, 2012.

Ao longo do tempo houve aumento significativo da área de copa das plantas até a época 8 (600DAT), a partir do qual, as médias não diferiram entre si, alcançando o valor máximo de 4,23 m² (Tabela 4). Na Figura 19 visualiza-se a superfície de resposta para área de copa do pinhão manso em função da aplicação dos tratamentos, no segundo ano agrícola. A melhor resposta da cultura quanto a esse parâmetro foi para aplicação do nível de irrigação de 101,32% da ECA e da dose de 160 kg ha⁻¹ de K₂O, maximizando a área de copa em 4,51 m².



$$\text{Área da copa} = 2,35 + 0,023N + 0,0145K - 9,38 \cdot 10^{-5}N^2 - 4,45 \cdot 10^{-5}N^2K^2 - 2,97 \cdot 10^{-5}NK \quad R^2 = 0,62$$

Figura 19 Superfície de resposta para área de copa do pinhão manso em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica aplicadas, no segundo ano agrícola. Goiânia, GO, 2012.

Spinelli et al. (2010) verificaram que quanto maior for o volume de copa do pinhão manso, maior será a produtividade de óleo e sementes da cultura. Sousa et al. (2011), trabalhando com diferentes lâminas de reposição hídrica, também observaram correlação positiva e significativa entre massa de 100 sementes, teor de óleo e volume de copa da planta de pinhão manso. Portanto os resultados alcançados nesse trabalho demonstram que a irrigação e adubação potássica do pinhão manso, cultivado nas condições de solo e clima do Cerrado, podem contribuir para o aumento da produtividade da cultura.

Semelhante à altura de planta e área de copa das plantas, ao longo do tempo, houve aumento acentuado no diâmetro de caule até a época 8 (600DAT), a partir do qual, as médias não diferiram entre si, alcançando o valor máximo de 158 mm (Tabela 4). A aplicação dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica proporcionaram aumento do diâmetro de caule das plantas de pinhão manso no segundo ano agrícola. Para ambas as fontes de variação a resposta foi quadrática e o maior diâmetro de caule foi alcançado com o nível de irrigação estimado em 115,25% da ECA e com a dose de adubação potássica de 144,16 kg ha⁻¹ de K₂O, com obtenção dos diâmetros de caule de 153,27 mm e 147,04 mm, respectivamente (Figuras 20A e 20B).

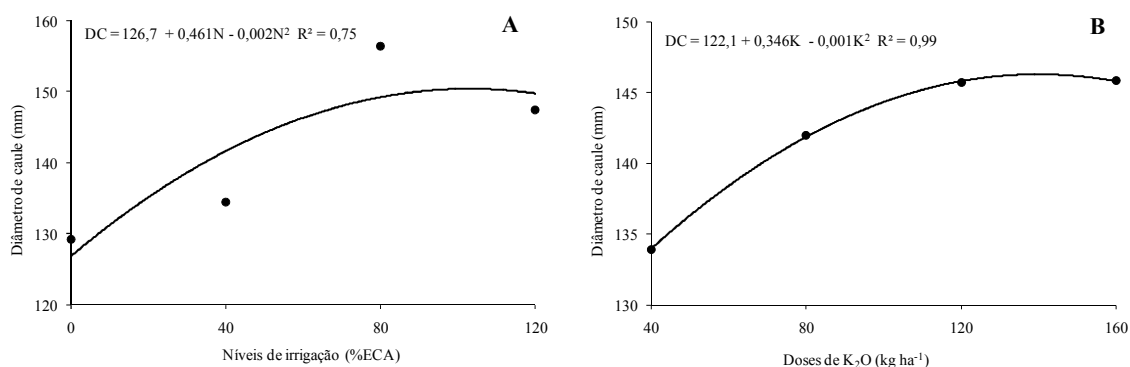


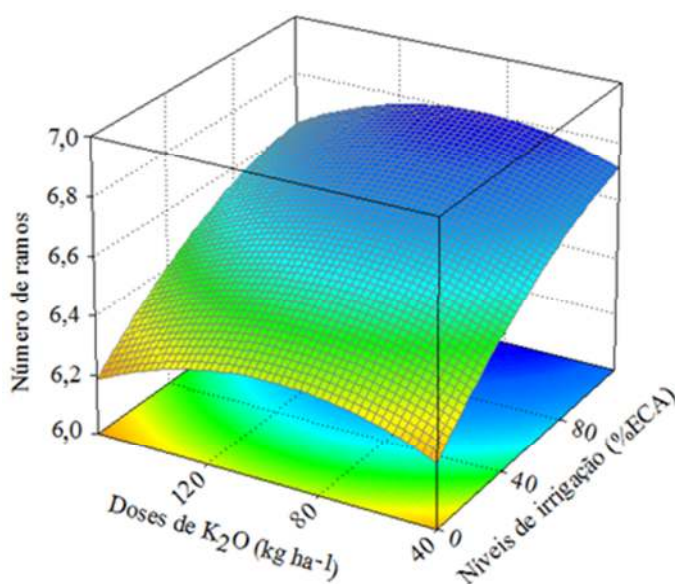
Figura 20 Diâmetro de caule de planta de pinhão manso no segundo ano de cultivo, A) em função dos níveis de irrigação e, B) em função das doses de adubação potássica aplicadas. Goiânia, GO, 2012.

Oliveira et al. (2012) na região sul do estado de Minas Gerais, verificaram que a irrigação também influenciou o diâmetro de caule das plantas de pinhão manso, aos 450 DAT, alcançando um diâmetro médio de 111,4 mm com o nível de irrigação estimado em 106% da ECA. Entretanto, a aplicação de doses de adubação potássica não influenciaram essa característica de crescimento da planta, justificado pelo teor de potássio de 101 mg

dm^{-3} , encontrado no solo, antes da implantação do experimento. Ressalta-se que nesse experimento e na mesma época, o diâmetro médio do caule das plantas de pinhão manso era de 130,79 mm (Tabela 5), sendo 17% maior que o das plantas cultivadas em Minas Gerais. Possivelmente essa diferença pode ser justificada pela diferença do clima em ambas regiões, onde o da região de Goiás, indica ser o mais recomendado para o cultivo.

Segundo (Cortesão, 1956), a fase adulta do pinhão manso é alcançada aos quatro anos de idade onde a planta atinge um diâmetro médio de caule de 200 mm. Considerando nesse experimento, que aos dois anos de idade o diâmetro médio das plantas já era de 158 mm (Tabela 5), provavelmente os tratamentos aplicados e o clima da região do Cerrado, contribuíram para um melhor desenvolvimento da planta.

Verificou-se no segundo ano de cultivo, que o nível de irrigação que maximizou o número de ramificações (6,85) foi de 120% da ECA e com a adubação potássica de 116 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 21).



$$\text{Diâmetro do caule} = 5,98 + 0,023N + 0,072K + 2,25 \cdot 10^{-5}N^2 - 3,74 \cdot 10^{-5}N^2K^2 - 3,91 \cdot 10^{-6}NL \quad R^2 = 0,56$$

Figura 21 Superfície de resposta para o número de ramificações das plantas de pinhão manso, em função dos níveis de irrigação e doses de adubação potássica, para o segundo ano de cultivo. Goiânia, GO, 2012.

Considerando que o número de ramificações do pinhão manso é um indicativo do seu potencial produtivo, reforçam-se mais uma vez a necessidade de nutrição com potássio e irrigação do pinhão manso na região do Cerrado. Ressalta-se que essa região apresenta períodos de verânicos que podem comprometer o desenvolvimento e

produtividade da cultura. o desenvolvimento desse experimento, foram visualizados sintomas de déficit hídrico nas plantas de sequeiro, como murcha e desfolha, em períodos de seca dentro da estação chuvosa. Ponciano De Deus (2010) e Oliveira et al. (2012) em pesquisa realizada com pinhão manso irrigado no sul do estado de Minas Gerais, também visualizaram os mesmos sintomas de déficit hídrico nas plantas de sequeiro, em épocas de verânico. Por outro lado, este fato pode ser interessante para o agricultor, pois segundo Ariza-Montobbio et al. (2010) o florescimento do pinhão manso pode ser induzido duas ou três vezes ao ano, por meio do manejo de irrigação, induzindo o déficit hídrico durante um período suficiente para provocar a queda da metade das folhas da planta, para em seguida restabelecer a irrigação gradualmente, visando aumento de produtividade e do florescimento e amadurecimento dos frutos mais uniforme, facilitando as operações de colheita.

4.2 DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES DE PINHÃO MANSO

A análise de variância para densidade de raízes de plantas de pinhão manso, em função das posições e profundidades de amostragem, evidenciou efeito significativo da interação entre essas fontes de variação, entretanto, o acúmulo de massa seca de raízes foi influenciado pelas mesmas fontes de variação, porém, separadamente. Os níveis de irrigação não influenciaram os parâmetros analisados (Tabela 5).

O efeito negativo dos níveis de irrigação sobre a densidade e acúmulo de massa seca de raízes de pinhão manso, provavelmente foi devido à alta concentração de precipitações ocorridas na época de estabelecimento da cultura (Figura 8), suficiente para umedecer o solo em profundidades, reduzindo a resistência à penetração de raízes. Segundo Gregory (1987) e Klepper (1987) os limites do volume de solo explorado pelo sistema radicular das culturas, depende das características genéticas das plantas, dos atributos físicos do solo, como a textura e a estrutura, e do teor de água no solo que influencia a resistência do solo à penetração das raízes.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para densidade e acúmulo de massa seca de raízes de pinhão manso irrigado por microaspersão. Goiânia, GO, 2013.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Densidade de raízes (cm cm ⁻³)	Massa seca de raízes (g)
Blocos	3	0,00261 ^{ns}	7,95 ^{ns}
Níveis de irrigação (N)	3	0,00373 ^{ns}	4,54 ^{ns}
Resíduo-N	9	0,0058	4,05
Posição amostragem (P)	4	0,03354 ^{**}	6,04 [*]
Nível x Posição	12	0,00128 ^{ns}	2,21 ^{ns}
Resíduo-P	48	0,00215	2,06
Profundidade (Z)	2	0,08597 ^{**}	8,86 [*]
Nível x Profundidade	6	0,00176 ^{ns}	2,77 ^{ns}
Posição x Profundidade	8	0,0075 ^{**}	3,23 ^{ns}
Nível x Posição x Profundidade	24	0,00133 ^{ns}	3,86 ^{ns}
Resíduo-Z	120	0,00183	2,53
Média	-	0.046	0.594
CV (%)	-	22,10	16,70

* significativo (P < 0,05); ** significativo (P < 0,01); ns: não significativo.

Tanto na direção ortogonal como na longitudinal à fileira das plantas, houve presença de raízes até a profundidade de 1,0 m, até a distância do tronco das plantas de 0,75 m e 1,50 m, respectivamente. A maior concentração de raízes de pinhão manso foi verificada na camada solo de 0,0 a 0,25 m, na direção ortogonal às linhas de plantio e na distância de 0,75 m do tronco da planta (Figura 19).

Comparando a concentração de raízes da cultura, nas mesmas camadas de solo avaliadas (0,0 m - 0,25 m e 0,25 m - 0,50 m) e também nas mesmas distâncias (0,25 m e 0,75 m) do tronco da planta, porém em direções diferentes (ortogonal e longitudinal), verifica-se que em geral, a maior densidade de raízes foi encontrada na direção ortogonal às linhas de plantio, no sentido da instalação dos microaspersores (Tabela 6 e Figura 22A). Isso pode ser justificado pela pequena área molhada gerada pelo sistema de irrigação por microaspersão, que contribui para a redução do volume de solo explorado pelas raízes, com consequente concentração do sistema radicular das plantas próximo ao emissor.

Associando esse comportamento às condições mais favoráveis existentes nessas camadas, onde a atividade biológica e a disponibilidade de água e nutrientes podem ser maiores, essa informação pode ser útil na definição das regiões do solo próximo a da planta, mais propícias tanto para aplicação de fertilizantes, como para instalação de sensores de umidade usados para o monitoramento das irrigações.

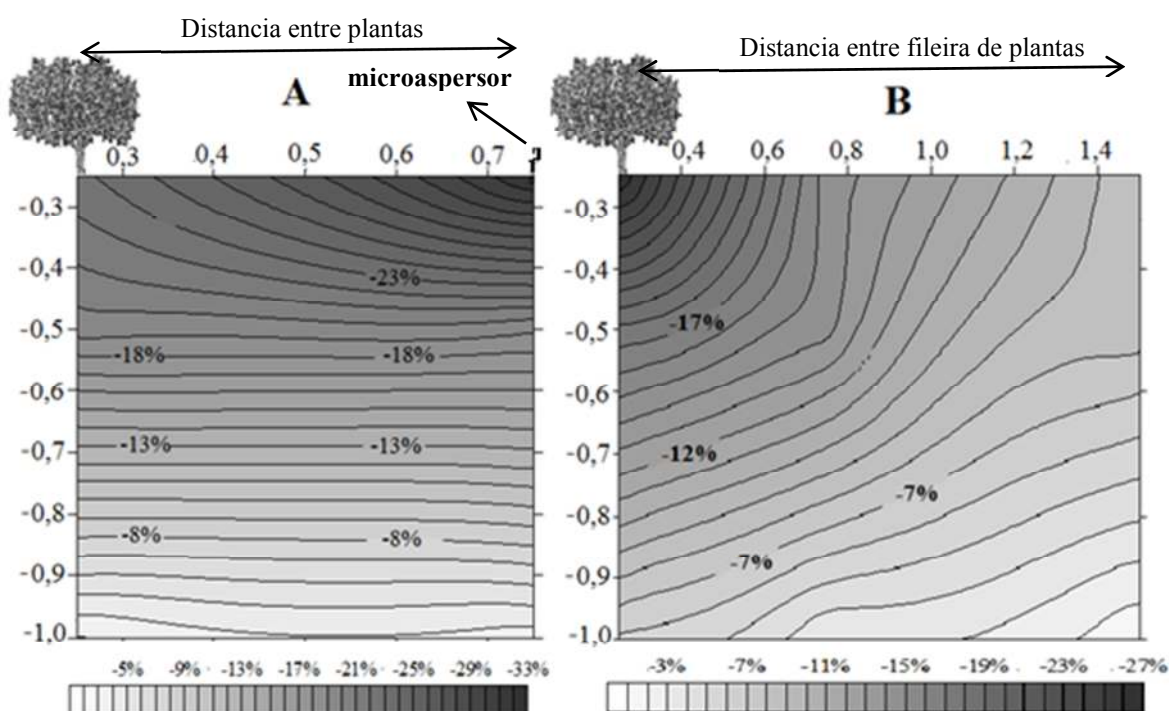


Figura 22 Densidade de raízes (%), A) na direção ortogonal à fileira das plantas e, B) na direção longitudinal à linhas de plantio de pinhão manso, com três anos de idade, irrigado por microaspersão. Goiânia, GO. 2013.

Verificou-se também que aproximadamente 80% do sistema radicular do pinhão manso se encontram na camada de solo de 0,0 a 0,50 m, indicando ser 0,50 m, a profundidade efetiva do sistema radicular do pinhão manso (Figura 22).

Ressalta-se também que altas frequências de irrigação condicionam menores volumes molhados no solo, quando comparados a irrigações com baixas frequências, que também influenciam os padrões de distribuição das raízes (Coelho et al., 2001). Coelho et al. (2001) verificaram que, para o intervalo de irrigação de 2 e 3 dias, as raízes de mamoeiro concentraram-se na profundidade até 0,50 m, atingindo a distância de 0,75 m da planta. Para o intervalo de quatro dias, a profundidade das raízes atingiu valores superiores a 0,75 m. Portanto, como nesse experimento o turno de rega foi de dois dias, essa frequência de irrigação utilizada, também pode ter contribuído pelo aumento da concentração de raízes próximo aos emissores.

Tabela 6 Interação entre os fatores posição e profundidade de amostragem para densidade de raízes (%) de pinhão manso irrigado por microaspersão. Goiânia, GO, 2013.

Posição de amostragem	Profundidade de amostragem (m)			Total
	0 – 0,25	0,25 – 0,50	0,50 – 1,00	
1 – 0,25m – DP	22,70 abA	19,47 Aa	2,92 Ab	45,09
2 – 0,75m – DP	32,19 aA	19,22 aB	3,50 aC	54,91
Total	54,89	38,69	6,43	100
3 – 0,25m – DF	26,90 bcA	14,52 abAB	5,79 aB	50,42
4 – 0,75m – DF	17,74 cdA	14,33 bA	3,07 aB	31,92
5 – 1,50m – DF	5,79 dA	8,51 bA	1,15 aA	17,66
Total	49,43	40,57	10,00	100,00

*em cada coluna, médias seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e em cada linha, médias seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; DP e DF são as distancia em relação as plantas e distancia em relação a fileira de plantas, respectivamente.

As menores concentrações de raízes do pinhão manso foram registradas na camada de solo de 0,50 m a 1,00 m, nas duas direções e distâncias do tronco da planta (Tabela 7 - Figuras 19A e 19B), indicando que a cultura possui raízes curtas e exploram um volume limitado de solo. Esses resultados evidenciam que a resistência a seca da planta de pinhão manso, não está diretamente relacionada à distribuição das raízes. Alguns autores relatam que o pinhão manso pode ter um sistema fotossintético misto, passando de C3 para CAM, conforme a disponibilidade de água, como acontece em algumas plantas (Lüttge, 2008; Maes et al., 2009). Este fato explica que a planta fecha os seus estômatos completamente durante o dia, e somente os abre no período noturno, como as plantas CAM, reduzindo acentuadamente a taxa de fotossíntese e a condutância estomática em situação de déficit hídrico, e após poucos dias nessa situação as folhas começam a cair, de forma a evitar perdas de água.

o maior acúmulo de massa seca de raízes de pinhão manso foi registrado em raízes coletadas na camada superficial do solo (0,0 - 0,50 m) na distância de 0,75 m do caule da planta, nas duas direções (Tabela 7).

Tabela 7 Resultado do teste de comparação de médias de massa seca de raízes de pinhão manso (g) em função das profundidades e posições de amostragem.

Massa seca de raízes (g)			
Posição de amostragem		Profundidade de amostragem (cm)	
1 – 0,25m – DP	0,440 ab	0,00 – 0,25 m	0,944 a
2 – 0,75m – DP	1,149 a	0,25 – 0,50m	0,556 ab
3 – 0,25m – DF	0,722 ab	0,50 – 1,00m	0,281 b
4 – 0,75m – DF	0,418 ab	-	-
5 – 1,50m – DF	0,240 b	-	-

*Valores seguidos de letras iguais nas colunas, não se diferem estatisticamente; DP e DF são as distancia em relação as plantas e distancia em relação a fileira de plantas, respectivamente.

4.3 PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO

A análise de variância evidenciou que não houve efeito dos tratamentos sobre a produtividade de sementes de pinhão manso na safra 2010/2011, enquanto na safra 2011/2012 houve efeito significativo apenas para os níveis de irrigação (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para produtividade de sementes de pinhão manso, irrigado por microaspersão e adubado com potássio. Goiânia, GO. Safras 2010/2011 e 2011/2012.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio – Produtividade (kg ha ⁻¹)*	
		Safra 2010/2011	Safra 2011/2012
Blocos	3	149149,18 ^{ns}	60382,37 ^{ns}
Níveis de irrigação (N)	3	16351,47 ^{ns}	249005,45**
Doses de Potássio (k)	3	34517,18 ^{ns}	22003,87 ^{ns}
N*K	9	23856,15 ^{ns}	41342,83 ^{ns}
Resíduo	45	28933,76	33766,69
CV (%)	-	32	29

* grão a 20% de umidade; ** significativo (P < 0,01); ns: não significativo.

Na Figura 23 visualiza-se graficamente o comportamento da produtividade do pinhão manso em relação às lâminas de água aplicadas e pela equação de ajuste quadrático, estimou-se em 67% da ECA a lâmina que maximiza a produtividade (658 kg ha⁻¹) da cultura. Durante a realização do experimento, apesar do índice pluviométrico ter sido considerado satisfatório, existiram vários meses ao longo do ano em que foi observada baixa precipitação e altos índices de evaporação, o que resultou na redução da produtividade das plantas cultivadas em regime de sequeiro com obtenção de 424,4 kg ha⁻¹, o que corresponde uma redução de 55% quando comparado a produtividade máxima estimada. Portanto, justifica-se assim, a necessidade de irrigação da cultura do pinhão manso na região de Goiânia, Goiás, apesar dessa região apresentar precipitações médias anuais acima de 1000 mm, porém com períodos de veranico dentro da estação chuvosa. Como já relatado, segundo Jiang & Zhang (2002), a reduzida disponibilidade de água é um dos fatores ambientais mais importantes na regulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade de sementes e óleo de plantas oleaginosas.

Apesar da produtividade das plantas irrigadas terem superado as das plantas de sequeiro, os valores obtidos foram relativamente baixos quando comparados aos

alcançados por Horschutz et al. (2012) em Rio Verde, que constataram que o pinhão começou a produzir no primeiro ano, atingindo 810 kg ha^{-1} de sementes. Drumond et al. (2010) também obtiveram produtividades já no primeiro ano de cultivo, em Petrolina-PE, variando de 246 kg ha^{-1} , em condições de sequeiro, a 871 kg ha^{-1} , em área irrigada. Ressalta-se que o clima da região central do Estado de Goiás difere daquele da região nordestina brasileira, o que pode justificar os baixos valores de produtividade de sementes de pinhão manso obtidos neste trabalho.

Oliveira et al. (2012) também contataram na região sul do Estado de Minas Gerais que doses de potássio também não influenciaram a produtividade do pinhão manso no segundo ano agrícola e semelhante a esse trabalho os níveis de irrigação aplicados contribuíram para o aumento da produção, porém o nível de irrigação de 120% da ECA foi o que maximizou a produtividade em 190 kg ha^{-1} , consideravelmente menor que o encontrado nesse trabalho, indicando que a produtividade do pinhão manso é influenciada pelas condições climáticas típicas de cada local.

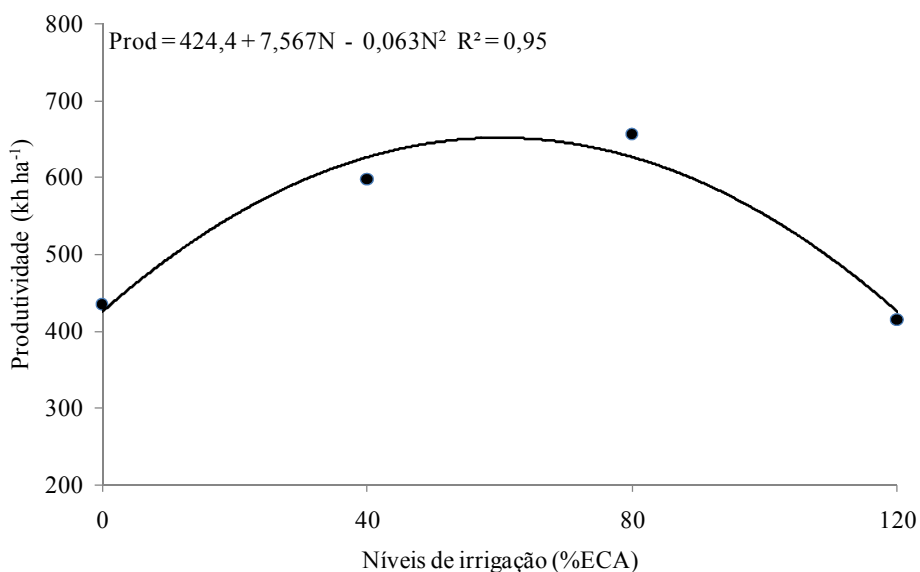


Figura 23. Produtividade de sementes de pinhão manso em função dos níveis de irrigação aplicados. Goiânia, GO. Safra 2011/2012.

Esses resultados também demonstram que pinhão manso não é uma cultura rústica, tolerante a seca como relatado por vários autores (Arruda et al., 2004; Saturnino et al., 2005; Dias et al., 2007; Laviola & Dias, 2008), e evidência que cultura, quando cultivada em nível comercial, exige um fornecimento adequado de água para o ideal

desenvolvimento e para obtenção de maiores produtividades. Quanto à adubação potássica, os resultados indicam que o fornecimento desse nutriente para a planta é mais importante na fase de desenvolvimento da cultura, do que na de produção de sementes, onde teor de 99 mg dm^{-3} encontrado no solo antes do estabelecimento do experimento somado a menor dose aplicada nesse trabalho, foi suficiente para garantir a produtividade de semente da cultura.

5 CONCLUSÕES

A adubação potássica e os níveis de irrigação promoveram acréscimo significativo nos parâmetros de crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso cultivado no Cerrado. O nível de irrigação de 115% da ECA e a dose de 125 kg ha⁻¹ de K₂O, foram as que apresentaram o melhor resultado;

Os níveis de irrigação não influenciaram a densidade de raízes de plantas de pinhão manso cultivadas no Cerrado e as raízes das plantas tenderam a distribuir na camada superficial do solo e próximo ao microaspersor. A profundidade efetiva do sistema radicular do pinhão manso é de 0,50 m.

A adubação potássica não afetou a produtividade do pinhão manso enquanto os níveis de irrigação produziram efeitos significativos sobre a produtividade de sementes de pinhão manso, na região do Cerrado.

6 REFERÊNCIAS

- ABOU KHEIRA, A. A.; ATTA, N. M. M. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficits: Yield, water use efficiency and oilseed characteristics. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 10, p. 1343-1350, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953408001542>>.
- ABREU, F. B.; RESENDE, M. D.; ANSELMO, J. L.; SATURNINO, H.; BRENHA, J.; FREITAS, F. D. Variabilidade genética entre acessos de pinhão-mansão na fase juvenil. **Magistra**, v. 21, p. 36-40, 2009.
- 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, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410000115>>.
- ALBUQUERQUE, W. D.; FREIRE, M. D. O.; BELTRÃO, N. D. M.; AZEVEDO, C. D. Avaliação do crescimento do pinhão-mansão em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada. **R. de Biol. e Ciência da Terra**, v. 9, p. 68-73, 2009.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; KLAR, A. E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do tanque classe A. **Scientia agricola**, v. 54, n. 1-2, p. 31-38, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161997000100005&script=sci_arttext&tlng=pt>.
- ANEZ, L. M. M.; COELHO, M. F. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; DOMBROSKI, J. L. D. Caracterização morfológica dos frutos, das sementes e do desenvolvimento das plântulas de *Jatropha elliptica*. **R. Bras. de Botânica**, v. 28, p. 563-568, 2005.
- ARAUJO, F. J. M.; ALVES JÚNIOR, J.; XIMENES, P. A.; EVANGELISTA, A. W. P., Distribuição de raízes de plantas de raízes de plantas jovens de pinha-mansão no Cerrado. In: I Congresso Brasileiro de Pesquisa de Pinhão Manso, 2009, Brasília. **Anais ... Embrapa Agroenergia**. p. 40-48.
- ARIZA-MONTOBBIO, P.; LELE, S.; KALLIS, G.; MARTINEZ-ALIER, J. The political ecology of *Jatropha* plantations for biodiesel in Tamil Nadu, India. **The Journal of Peasant Studies**, v. 37, n. 4, p. 875-897, 2010.
- ARRUDA, F. P. D.; BELTRÃO, N. E. D. M.; ANDRADE, A. P. D.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **R. Bras. de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 1, 2004.

- BENINCASA, M. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Funep, 1988.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Visçosa: EDITORA UFV, 2008. 625 p.
- BOARETTO, M.; FORTI, L. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 31-46, 1997.
- BOHM, W. **Methods of studing root system**. Berlin: Springer, 1979. 188 p.
- BRASIL. **Anuário Estatístico da Agroenergia**. Brasília: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2013. 94 p.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal: (teoria e prática)**. Editora Agronômica Ceres, 2005.
- CEMIG. **Alternativas Energéticas**. on-line: CEMIG. 2013, 2013. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/pt-br/acemig/Documents/RelatorioAnualeSustentabilidadeCemig2010.pdf>>. Acesso em: 15/12/13.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. D. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, D. M. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **R. Bras. de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 250-256, 2001.
- CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas**. Lisboa: Classica, 1956. 231 p.
- DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 776-792, 2009.
- DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 516-524, 2008.
- DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S. **Cultivo de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Visçosa: UFV, 2007. 40 p.
- DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônomo de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, 2010.
- EINTEN, G. **Vegetação natural do Distrito Federal**. Brasília: SEBRAE/DF, 2001. 162 p.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=X6RuGQAACAAJ>>.

- EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C.; OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A. D. Produtividade e rendimento de sementes de pinhão-mansão submetido à irrigação e adubação com Omm-Tech. **Eng. Agríc.**, v. 31, p. 315-323, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n2/a11v31n2.pdf>>.
- FARIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C.; JÚNIOR, J. A. Resposta da cultura de pinhão manso à irrigação e à adubação com OMM-Tech®. **Irriga**, v. 16, n. 1, 2011.
- FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SILVA, J. C. S.; OLIVEIRA, E. C. L.; PINTO, J. R. R.; SILVA JUNIOR, M. C.; RAMOS, K. M. O. **Plantas da APA gama e cabeça de veado: espécies, ecossistemas e recuperação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2002. 52 p.
- GREGORY, P. J. Development and growth of root systems. In: GREGORY, P. J.; LAKE, J. V.; ROSE, D. A. (Ed.). **Root Development and function**. New York: Cambridge University Press, 1987. p. 207.
- GÜBITZ, G. M.; MITTELBAACH, M.; TRABI, M. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. **Bioresource technology**, v. 67, n. 1, p. 73-82, 1999.
- HENNING, R. K. **The Jatropha System. An integrated approach of rural development**. 2009. Disponível em: <<<http://www.jatropha.de/documents/The%20Jatropha%20Book-2009.pdf>>>. Acesso em: 18 dezembro 2013.
- HORSCHUTZ, A. C.; TEIXEIRA, M. B.; ALVES, J. M.; SILVA, F. G.; SILVA, N. F. D. Growth and productivity of physic nut as a function of plant spacing and irrigation. **R. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1093-1099, 2012.
- JIANG, M.; ZHANG, J. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 2401-2410, 2002. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA-2010/41847/1/OPB2601.pdf>>.
- JORGE, L. A. D. C.; RODRIGUES, A. F. D. O. Safira: sistema de análise de fibras e raízes. **Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 24, 2008.
- KLEPPER, B. Origin branching and distribution of root systems. In: GREGORY, P. J.; LAKE, J. V.; ROSE, D. A. (Ed.). **Root Development and function**. New York: Cambridge University Press, 1987. p. 103-123.
- LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. D. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão. **R. Bras. de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1969-1975, 2008.
- LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado. **Ciência e Cultura**, v. 63, p. 27-29, 2011. Disponível em:

<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252011000300011&nrm=iso>.

LÜTTGE, U. Stem CAM in arborescent succulents. **Trees**, v. 22, p. 139-148, 2008.

MAES, W. H.; TRABUCCO, A.; ACHTEN, W. M. J.; MUYS, B. Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 10, p. 1481-1485, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953409001202>>.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, 2006.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. UFV, 2006.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: GERAIS, C. D. F. D. S. D. E. D. M. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Imprensa Universitária UFV, 1999. p. 359.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. Análise e interpretação de potássio no solo. In: YAMADA, T. R., T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 93-118. 3 cap.

NASCIMENTO, J. J. V. R.; DA NÓBREGA, J. A.; REBEQUI, A. M.; DA NÓBREGA, J. A.; LEITE, P. G.; DE AZEVEDO, C. A. V., Adubação potássica no crescimento inicial do pinhão-mansão. In: I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2010, João Pessoa. **Anais ...** Campina grande: Embrapa Algodão. p. 430-435.

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. **R. Bras. de Eng. Agr. e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 551-558, 2009.

OBERMAIER, M.; HERRERA, S.; LA ROVERE, E. L. 2010, João Pessoa. **Anais ...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012.

OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W.; MELO, P. C. Resposta do pinhão-mansão à aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 593-598, 2012.

OLIVEIRA, L. F. C. D.; ANTONINI, J. C. D. A.; GRIEBELER, N. P. Estimativas de chuvas intensas para o Estado de Goiás. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 22-33, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000100003&nrm=iso>.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. 2 ed. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

PONCIANO DE DEUS, F. **Produção de pinhão-manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de adubação potássica**: Produção de pinhão-manso submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de adubação potássica. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)– Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, , Lavras, 2010.

REIS, G. G.; MÜLLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas**: FCAP informe Didático. Belém: FCAP, 1979. 39 p.

RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F. Nota Científica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, p. 7, 2013.

ROSADO, T. B.; LAVIOLA, B. G.; FARIA, D. A.; PAPPAS, M. R.; BHERING, L. L.; QUIRINO, B.; GRATTAPAGLIA, D. Molecular markers reveal limited genetic diversity in a large germplasm collection of the biofuel crop *L. in Brazil*. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 10, 2010.

SATURNINO, H.; PACHECO, D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. Produção de oleaginosas para o biodiesel. **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 229, p. 44-74, 2005.

SAVY FILHO, A. Mamona. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 201.

SILVA, E. D. B.; TANURE, L. P. P.; SANTOS, S. R.; RESENDE JÚNIOR, P. S. D. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 44, p. 392-397, 2009a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000400009&nrm=iso>.

SILVA, F. D.; ASSAD, E.; EVANGELISTA, B. Caracterização climática do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, p. 69-88, 2008.

SILVA, M. B. R.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A.; VIÉGAS, R. A., Produção de pinhão manso, primeiro ano, irrigado com água residuária. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão Manso, 2009b, Brasília. **Anais...** Embrapa Agroenergia.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N. Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia, GO. **Pesquisa Agropec. Brasileira**, Goiania, v. 32, n. 10, p. 977-985, 1997.

TEODORO, R. E. F.; ALMEIDA, F. P.; LUZ, J. M. Q.; DE MELO, B. Diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na cultura de melancia (*Citrullus lanatus*). **Bioscience Journal**, v. 20, n. 1, p. 29-32, 2006. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6486/4220>>.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K. **Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa: CTP, 2007. 120 p.

WANG, H.; CHEN, Y.; ZHAO, Y. N.; LIU, H.; LIU, J.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Effects of replacing soybean meal by detoxified *Jatropha curcas* L. kernel meal in the diet of growing pigs on their growth, serum biochemical parameters and visceral organs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 170, n. 1, p. 141-146, 2011.