

CAIO VINICIUS LEITE

**IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA DO PINHÃO MANSO
(*Jatropha curcas* L.) NA REGIÃO LESTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

L533i
2011

Leite, Caio Vinicius, 1984-

Irrigação e adubação nitrogenada do Pinhão Manso
(*Jatropha curcas* L.) na região Leste de Minas Gerais
Caio Vinicius Leite. – Viçosa, MG, 2011.

ix, 52f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Antonio Alves Soares.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 44-52

1. Pinhão Manso - Governador Valadares. 2. Pinhão Manso
- Produtividade - Espaçamento. 3. Irrigação por aspersão.
4. Tensiômetros. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.


CDD 22. ed. 633.85098151


CAIO VINICIUS LEITE

**IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA DO PINHÃO MANSO
(*Jatropha curcas* L.) NA REGIÃO LESTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 4 de fevereiro de 2011.


Prof.ª Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco


Prof. Fernando França da Cunha


Prof. Antonio Alves Soares (Orientador)

*“O Senhor te guiará constantemente,
alimentar-te-á no árido deserto, renovará teu vigor.
Serás como um jardim bem irrigado,
como uma fonte de águas inesgotáveis.”*
(Isaías 58, 11)

*Aos meus queridos pais, Pedro e Deisi,
Aos meus avós Mercil e Aparecida,
João (in memoriam) e Carmen (in memoriam),
Ao meu irmão Cesar e à minha Keliany,
com muito amor e carinho a todos,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai e a Nossa Senhora Aparecida, por todas as graças concedidas em minha vida e pelo amparo nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais, Deisi e Pedro, por todo amor e dedicação, por serem exemplos de vida e fonte de inspiração.

Aos meus avós Aparecida e Mercil, Carmen (*in memoriam*) e João (*in memoriam*), meu irmão Cesar, tios e primos, pela alegria e o acolhimento da família.

À Kelianny, pelo amor, amizade, carinho e por estar sempre ao meu lado.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade. Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Antonio Alves Soares, pela orientação, confiança no trabalho e pelos conselhos. Aos Professores Gilberto Chohaku Sedyama e Everardo Chartuni Mantovani, pela coorientação, sugestões e assistência nos trabalhos. Em nome destes, agradeço à todos os professores que contribuíram com a minha formação.

Aos Professores Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco e Fernando França da Cunha, pela participação na banca de defesa e pela sugestões muito bem vindas.

À Universidade Vale do Rio Doce - UNIVALE, pelo apoio e concessão da infraestrutura. Aos Professores Eduardo Rezende Galvão, em nome de todos que participaram do projeto. Aos estagiários e bolsistas envolvidos, Lucas Pereira de Oliveira e Rodrigo Antônio Silva Araújo, pelo compromisso com o trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, Chicão, Eduardo, Galinari, Edna e Zé Mauro, pela excelente convivência durante esses anos.

Aos meus amigos, Valdeir, Luana, Denis, Marquinhos, Italo, Luiz, Renan, Raphael, Breno, Eugênio, Júlio, Joselma, Antover, Luan, Raquel, Samuel, Alípio, Marcos, Márcio, Fernando, Gustavo, Gustavinho, Marcelo, Fabrício e Abrahão, pelo companheirismo e toda contribuição que deram durante nosso período de convivência.

À Dona Arlete e ao Fabrício, pelo acolhimento em sua casa.

Aos meus queridos amigos “OS INSANOS”, de forma especial, pelos trabalhos que realizamos juntos e também pelas inúmeras alegrias que compartilhamos.

À todas as pessoas que contribuíram para realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.)	4
3.2. Manejo da irrigação.....	6
3.3 Adubação nitrogenada.....	7
3.4. Espaçamento.....	8
3.5. Eficiência do uso da água.....	9
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
4.1. Caracterização da área experimental	10
4.2. Caracterização físico-hídrica do solo	11
4.3. Sistema de aspersão em linha e manejo da irrigação	12
4.4. Determinação do coeficiente de cultura	14
4.5. Eficiência do uso de água.....	17
4.6. Condução do experimento.....	17
4.7. Análises estatísticas	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1. Condições climáticas	20
5.2. Manejo da irrigação.....	22
5.3. Crescimento do pinhão manso.....	23
5.3.1. Altura da planta.....	23
5.3.2. Diâmetro do caule.....	26
5.4. Determinação do coeficiente de cultura	29
5.5. Simulação do balanço hídrico	30
5.6. Produtividade do pinhão manso	37
5.7. Eficiência do uso de água.....	40
6. CONCLUSÕES.....	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

RESUMO

LEITE, Caio Vinicius, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Irrigação e adubação nitrogenada do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) na região leste de Minas Gerais.** Orientador: Antonio Alves Soares. Coorientadores: Gilberto Chohaku Sedyama e Everardo Chartuni Mantovani.

Uma das principais culturas para a produção de biocombustíveis é o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). A região leste de Minas Gerais apresenta-se como uma potencial produtora da cultura devido aos seus índices pluviométricos, temperatura e condições do solo. Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar a resposta do pinhão manso submetido à diferentes lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e espaçamentos. O trabalho foi realizado no *campus* II da Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE), situado no Município de Governador Valadares-MG. O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas dois espaçamentos, nas subparcelas cinco lâminas de irrigação e nas subdivididas quatro doses de nitrogênio. Para diferenciar as lâminas, usou-se um sistema de irrigação por aspersão em linha. Houve efeito significativo do espaçamento, da lâmina de irrigação e dos dias após transplântio tanto para altura quanto para diâmetro, porém, apenas a altura apresentou efeito significativo para a dose de nitrogênio. Com relação às produtividades, a média foi de 397,0 kg ha⁻¹ na primeira safra, colheita acumulada até 10/12/2009, e 795,2 kg ha⁻¹ na segunda safra, colheita acumulada até 05/06/2010, com média geral de 596,1 kg ha⁻¹. Observou-se interação entre os fatores espaçamento *versus* lâmina de irrigação. Para a segunda safra, o efeito da lâmina de irrigação na produtividade não foi significativo, enquanto que o fator nitrogênio proporcionou efeito significativo. A maior produtividade do pinhão manso (458,8 kg ha⁻¹) foi alcançada com aplicação de 971 mm na primeira safra, e para 679 mm na segunda safra (819,6 kg ha⁻¹). Para a dose de nitrogênio, a maior produtividade (449,7 kg ha⁻¹) foi alcançada com aplicação de 50 kg ha⁻¹ N na primeira safra, e para 150 kg ha⁻¹ N na segunda safra (923,7 kg ha⁻¹). O espaçamento que proporcionou a maior produtividade foi 2x1 m, com valores de 412,5 kg ha⁻¹ na primeira safra e 818,2 kg ha⁻¹ na segunda. O coeficiente de cultura (K_c) médio do pinhão manso encontrado foi de 0,41 para o estágio I (0 a 20 dias após transplântio), 0,66 para o estágio II (21 a 90 dias) e 0,95 para o estágio III em diante (91 dias em diante). De posse dos valores de K_c, simulou-se o balanço hídrico e verificou-se que a eficiência de uso de água (EUA), para a primeira safra, teve efeito quadrático significativo da lâmina de água, enquanto que, para a segunda safra, tanto a lâmina de

água quanto a dose de nitrogênio proporcionaram efeito quadrático significativo na EUA. Não foi verificado em nenhuma das safras efeito significativo do espaçamento na EUA. Para a primeira safra, a maior EUA ($61,8 \text{ g m}^{-3}$) foi encontrada para aplicação de 776 mm e $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$; e para a segunda safra, a maior EUA ($242,1 \text{ g m}^{-3}$) foi para a aplicação de 679 mm e $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$.

ABSTRACT

LEITE, Caio Vinicius, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Response of *Jatropha curcas* L. to irrigation and fertilization in the East of Minas Gerais state.** Advisor: Antonio Alves Soares. Co-advisors: Gilberto Chohaku Sedyama and Everardo Chartuni Mantovani.

The jatropha (*Jatropha curcas* L.) is one of the main crops for biofuel production and the eastern region of Minas Gerais can be a potential producer because of its rainfall, temperature and soil conditions. This work aimed to evaluate the response of jatropha subjected to different irrigation water depths, nitrogen fertilization dosis and two spacings in this region. The study was conducted on the campus II of the Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE) located in the city of Governador Valadares, Minas Gerais State. The experiment was conducted in a split split plot scheme, with two spaces in the plots, five irrigation depths in subplots and four nitrogen dosis in subsubplots. A line source sprinkler irrigation system was used to differentiate the applied water deths. A significant effect of spacing, irrigation depths and days after transplanting was found for both height and diameter, however, only height showed significant effects for the dosis of nitrogen. Regarding productivity, the average yield was 397.0 kg ha⁻¹ in the first harvest (acumulated until 10/12/2009) and 795.2 kg ha⁻¹ in the second one (accumulated until 05/06/2010), and total mean was 596.1 kg ha⁻¹. An interaction was observed between the spacing factors versus depth of irrigation, however no significant effect of nitrogen factor in the first harvest. For the second harvest, the effect of irrigation on yield was not significant. The highest yield of jatropha (458.8 kg ha⁻¹) was achieved with application of 971 mm in the first harvest, and 679 mm in the second crop (819.6 kg ha⁻¹). For nitrogen dosis, the highest yield (449.7 kg ha⁻¹) was achieved with application of 50 kg N ha⁻¹ in the first harvest, and 150 kg N ha⁻¹ in the second one (923.7 kg ha⁻¹). The space that provided the highest yield was 2x1 m, with values of 412.5 kg ha⁻¹ in the first harvest and 818.2 kg ha⁻¹ on the second one. The crop coefficient (Kc) of jatropha average of 0.41 was found for stage I (0 to 20 days after transplanting), 0.66 for stage II (21 to 90 days) and 0.95 for stage III onwards (91 days before). With this values, it was simulated the soil water balance and found that the water use efficiency (WUE), for the first harvest, had a significant quadratic effect of the water depth, while for the second crop both the water depth as the nitrogen dosis provided significant quadratic effect in the WUE. It was not observed in any significant effect of crop spacing in the WUE. For the first harvest, the

largest WUE (61.8 g m^{-3}) was found to application of 776 mm and 150 kg N ha^{-1} , and for the second one, the largest U.S. (242.1 g m^{-3}) was for the application of 679 mm and $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$.

1. INTRODUÇÃO

A matriz energética mundial é baseada em combustíveis fósseis, cujas reservas são finitas e seu uso indiscriminado é danoso ao ambiente. Desde a crise do petróleo na década de 70, tem-se intensificado a busca por matrizes renováveis, particularmente por combustíveis de origem vegetal, os biocombustíveis. Outro argumento favorável à produção de biocombustíveis é a redução do volume de emissões de gases do efeito estufa. Recentemente, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) divulgou relatório apontando os danos causados pelo aumento da temperatura do planeta e preocupando-se com a redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa (IPCC, 2000). O principal deles é o CO₂, que também é resultado da queima de combustíveis.

Graças à hidroeletricidade, ao etanol e aos ainda baixos índices relativos de consumo energético, o Brasil tem uma posição confortável em comparação ao resto do mundo. Autossuficiente em petróleo, o país discute hoje novas matrizes energéticas, em especial para a substituição dos combustíveis fósseis (GOLDEMBERG e LUCON, 2007). Ressalta-se que a lei 11.097/05, que estabelece a regulamentação sobre o uso do biodiesel no Brasil, adotou o biodiesel na proporção de 2% ao óleo diesel a partir 2008, em caráter de autorização e, a partir de 2013, obrigatoriamente.

Assim, há necessidade de cultivo de plantas para obtenção do biodiesel, ou seja, a cadeia produtiva deve garantir, de forma constante e uniforme, o fornecimento de insumos básicos para a produção do biodiesel (RATHMANN et al., 2006). Estima-se que o uso mundial de biomassa deverá dobrar até o ano 2050 (FISCHER, 2001). O autor ainda aponta problemas no que tange ao uso de terra agriculturável para uso em cultivos de interesse na produção de biodiesel.

Uma das principais culturas usadas na produção de biodiesel, em diversos países, é o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), especialmente pela qualidade do óleo extraído. O pinhão manso é uma cultura de múltiplos usos como, por exemplo, atenuação da degradação dos solos, produção de sabão e cosméticos, uso medicinal e, seu principal chamariz, a geração de biodiesel para substituir o petróleo. O teor de óleo na semente varia de 30 a 35% em relação ao peso da semente (SATURNINO et al., 2005). Merece, portanto, uma grande atenção e esforços para alavancar sua produção, especialmente em comunidades carentes sem sustentabilidade (ISRIPH, 2007). Um interesse especial tem sido dado, também, porque é uma planta tolerante à seca e pode

ser usada em áreas marginais ou degradadas sem a competição com culturas para fins de alimentação (HELLER, 1996).

No entanto, o pinhão manso ainda é uma planta silvestre, cujas características agronômicas não são completamente entendidas e os efeitos do ambiente sobre as plantas não têm sido completamente investigados. Francis et al. (2005) e Henning (2006) ressaltam a capacidade do pinhão manso para recuperação de áreas degradadas, alta produtividade e rendimento do óleo, contudo, os autores pouco relatam sobre sua viabilidade econômica, que ainda carece de muita pesquisa e desenvolvimento.

A adubação e aplicação de água podem aumentar o rendimento de semente e óleo do pinhão manso. No entanto, Kheira e Atta (2009) afirmam que não existem dados quantitativos disponíveis e confiáveis sobre a necessidade e eficiência do uso da água do pinhão manso no momento e, em ambientes permanentes úmidos ou em situações com grande aplicação de água e fertilizantes, a planta pode induzir uma produção elevada de biomassa, porém com baixa produção de sementes.

Os níveis adequados de adubação e irrigação do pinhão manso para otimizar o rendimento ainda precisam ser quantificados, haja vista a escassez de dados sobre a necessidade de água, produtividade, e eficiência do uso da água pelo pinhão manso no momento (ACHTEN, 2008). Os trabalhos nos quais se avalia a produtividade do pinhão manso normalmente estão pautados em estimativas que nem sempre correspondem à realidade do campo, pois se trata de uma planta com variadas expressões agronômicas. Além disso, seu comportamento nas diversas condições edafoclimáticas merecem mais estudos, conforme recomendação de Albuquerque (2009), o que indica a necessidade de difusão de pesquisa para o conhecimento das técnicas de produção do pinhão manso, como o uso da irrigação.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o desempenho do pinhão manso em resposta à diferentes lâminas de irrigação, adubação nitrogenada e espaçamentos na região leste de Minas Gerais.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar a lâmina de água que proporcione maior produtividade;
- Determinar a dose de nitrogênio que proporcione maior produtividade;
- Determinar o espaçamento que proporcione maior produtividade;
- Estimar o coeficiente de cultura do pinhão manso;
- Determinar a lâmina de água e a dose de nitrogênio que proporcionem maior eficiência do uso de água.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta pertencente à família das Euforbiáceas, perene, tolerante à seca, que pode ser considerada tanto como uma pequena árvore quanto como um grande arbusto. O pinhão manso é uma planta nativa de países latino-americanos como Brasil, Argentina, Paraguai, Peru, Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e México (USDA, 2008). No entanto, hoje é cultivada em todas as regiões tropicais do mundo (HENNING, 2006).

Considerada como uma planta ainda selvagem, não domesticada, não há consenso na literatura sobre as características de crescimento do pinhão manso e os fatores que as afetam. Acthen et al. (2008) indicam que a planta pode atingir de 5 a 7 m de altura, com diâmetro de caule em torno de 20 cm e expectativa de vida de 50 anos, enquanto que Avelar et al. (2008) afirmam que o pinhão manso pode alcançar 12 m de altura com diâmetro caulinar de até 30 cm. Já Arruda et al. (2004) afirmam que a altura comum é de 2 a 3 m podendo alcançar até 5 m.

A planta desenvolve uma raiz principal e quatro raízes laterais, sendo que a raiz pivotante não é normalmente formada quando as plantas advêm de propagação vegetativa (HELLER, 1996). As folhas são lisas, lobadas, de 4 a 6 cm de comprimento e 10 a 15 cm de largura. O pinhão manso é uma planta monoica e as inflorescências terminais contêm flores unissexuais (PRAKASH et al., 2007). Apresenta crescimento articulado, com uma descontinuidade morfológica a cada incremento e seus galhos contêm látex (PEIXOTO, 1973). As sementes pretas da maioria das cultivares contêm toxinas, a níveis tais que as sementes, o óleo e a torta devem ser desintoxicadas para serem consumidas (MAKKAR et al., 1998). Na Figura 1 estão apresentadas as diferentes partes constituintes da planta do pinhão manso.

Segundo Arruda et al. (2004), o pinhão manso desenvolve-se sob diversas condições climáticas, desde as regiões tropicais muito secas às úmidas, desde as florestas subtropicais de espinho às zonas de florestas úmidas, tolerando precipitações pluviais de 480 a 2.380 mm anuais e temperaturas médias anuais entre 18 a 28,5 °C. Kheira e Atta (2009) afirmam que o pinhão manso cresce bem sob baixa pluviosidade, requerendo apenas cerca de 200 mm de chuva para sobreviver, mas também responde a um maior índice pluviométrico (até 1.200 mm por ano), particularmente em ambientes quentes. Os autores citam o exemplo do cultivo na Nicarágua, onde o pinhão manso

crece muito bem nos locais de clima quente com chuva de 1.000 mm anuais ou mais. Já segundo os autores Openshaw (2000) e Riyadh (2002) falam numa larga faixa de precipitação, de 200 a 1.500 mm por ano. Sua necessidade de água é extremamente baixa e pode resistir a longos períodos de seca, devido à queda de suas folhas para reduzir a transpiração.

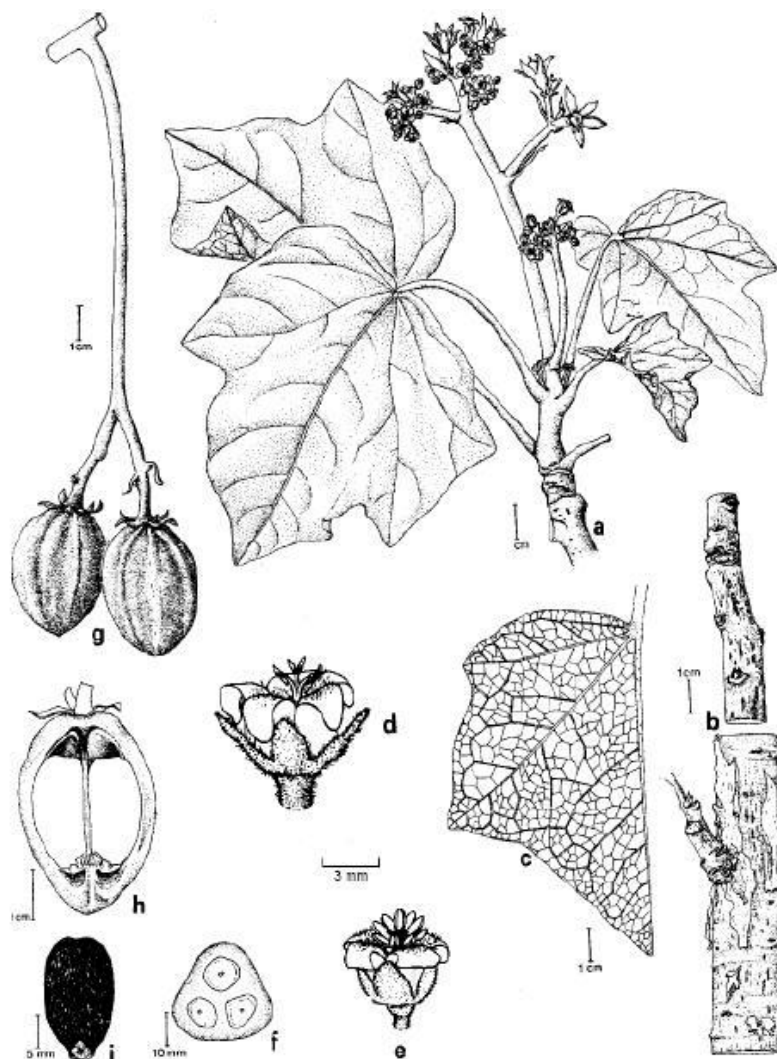


Figura 1. Diferentes partes do pinhão manso: ramo com inflorescências (a), caule (b), folha (c), pistilo – flor feminina (d), estame – flor masculina (e), fruto em corte transversal (f), frutos (g), fruto em corte longitudinal (h). Fonte: Joongshaap et al. (2007).

A produtividade do pinhão manso varia muito, o que é esperado para uma planta que cresce sob as mais diversas condições. Joongshaap et al. (2007) ponderam que as baixas produções encontradas na literatura recentemente referem-se a cultivos jovens, de 1 a 2 anos. Com uma disponibilidade mínima de água de 500 a 600 mm por ano, Euler e Gorriz (2004) afirmam que o pinhão manso pode apresentar produtividades inferiores a 1.000 kg ha⁻¹ de sementes.

3.2. Manejo da irrigação

A população mundial, no século XX, aumentou três vezes enquanto o consumo de água multiplicou-se por seis. Nem o Brasil, que dispõe em torno de 13% da água doce superficial do planeta (ATLAS, 2005), vive na abundância, pois seus recursos hídricos são mal distribuídos. O crescimento da população pressiona cada vez mais a produção de alimentos. A agricultura irrigada responde por boa parte da produção total de alimentos no mundos, sendo uma atividade que gera empregos permanentes e possibilita o melhor uso dos fatores de produção ao longo do ano (CHRISTOFIDIS, 2008).

O manejo da irrigação é o processo de tomada de decisão para se suprir, de acordo com uma estratégia predefinida, a demanda hídrica da cultura de interesse, visando aumentar a sua rentabilidade. É fundamental para viabilidade e sustentabilidade da agricultura, promovendo o uso racional dos recursos hídricos. De acordo com estudo da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG (2007), caso a irrigação fosse conduzida de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas.

O conhecimento do consumo de água das culturas é fundamental no manejo da irrigação, podendo ser obtido a partir de medidas efetuadas no solo, na planta e nos elementos climáticos. Os métodos baseados em medidas no solo se fundamentam na determinação do conteúdo de água na sua matriz; os que usam medidas na planta consideram o monitoramento e avaliações da resistência estomática, potencial hídrico e temperatura da folha, dentre outros; já os métodos baseados nos elementos climáticos consideram, desde simples medições da evaporação da água num tanque, até complexas equações para a estimativa da evapotranspiração (ROCHA et al., 2003).

O tensiômetro é um instrumento para medição da tensão da água no solo, a qual afeta diretamente a absorção de água pelas plantas. É constituído de uma cápsula porosa de cerâmica, ligada a um vacuômetro por um tubo completamente cheio de água, como apresentado na Figura 2. O tensiômetro propicia, diretamente, a leitura da tensão da água no solo e, indiretamente, a porcentagem de água no solo (MANTOVANI et al., 2009).

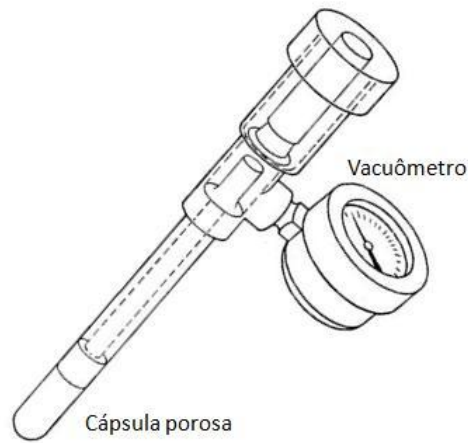


Figura 2. Tensiômetro e suas partes constituintes. Fonte: Kramer e Boyer (1995).

3.3 Adubação nitrogenada

O nitrogênio é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas (RAIJ, 1991), podendo proporcionar maior resposta na produção. Segundo Taiz e Zeiger (2009), o nitrogênio faz parte de um grande número de moléculas importantes para as células, como por exemplo, aminoácidos, proteínas estruturais e enzimáticas, ácidos nucleicos (DNA e RNA) e clorofilas. Andrade et al. (2008), avaliando sintomas de deficiência de macronutrientes em mudas de pinhão manso, encontraram os primeiros sintomas de deficiência nas plantas com omissão de nitrogênio, após 13 dias da emergência, sendo que os demais nutrientes avaliados apresentaram seus sintomas de deficiência posteriormente.

Para Lele (2006), o nitrogênio é requerido em maiores quantidades que a maioria dos demais nutrientes. Esse autor sugere a aplicação de NPK, na proporção de 46:48:24 kg ha⁻¹ para o pinhão manso. Saturnino et al. (2005) sugerem a aplicação de 2 kg de adubo orgânico acrescido de uma adubação de NPK no transplântio e de uma mistura de 20 g de ureia, 120 g de superfosfato simples após o pegamento da muda. Albuquerque et al. (2008), avaliando a produção de biomassa do pinhão manso em função de diferentes níveis de adubação nitrogenada (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia) e água disponível no solo (100, 80, 60 e 40% da água disponível), concluíram que houve interação significativa entre os dois fatores, e que as maiores estimativas para as variáveis de fitomassa, foram obtidas na maior dose de nitrogênio e no maior nível de água no solo estudado.

3.4. Espaçamento

O espaçamento de plantio traz diversas implicações do ponto de vista cultural, tecnológico e econômico, pois afeta as taxas de crescimento das plantas, qualidade do produto, produtividade, bem como as práticas de exploração e manejo e, conseqüentemente, os custos de produção.

Muitas dúvidas existem sobre a melhor forma de se plantar pinhão-mansão, sendo que serão necessários o decorrer de alguns anos para a divulgação de resultados preliminares confiáveis das pesquisas sobre essa planta. Arruda et al (2004) recomendam a abertura das covas nas dimensões usuais de 30 x 30 x 30 cm, adotando-se o espaçamento de 2 a 5 m, em todos os sentidos, de acordo com a fertilidade e condições físicas do solo, condições climáticas e modo de condução das plantas. Ainda, segundo Dias et al. (2007), os espaçamentos comumente empregados no Brasil tem sido 3 x 3 m, 2 x 3 m e 2,5 x 4 m.

Jones e Miller (1992) recomendam um espaçamento de 2 x 3 m ou 3 x 3 m para as plantações de pinhão manso e um espaçamento de sementes de 15 a 25 cm para formação de cercas vivas ou cordões de contorno para conservação de solo. Para cercas vivas, o espaçamento recomendado por Peixoto (1973) deve ser de 20 a 50 cm entre as sementes ou estacas, sendo preferíveis o uso destas. O plantio do pinhão já é tradicionalmente utilizado como cerca viva para pastos no Norte de Minas Gerais, com a vantagem de não ocupar áreas importantes para outras culturas e pastagens e favorecer o consórcio nos primeiros anos, pois o espaçamento entre plantas é grande (PURCINO e DRUMMOND, 1986).

Para avaliar o desenvolvimento vegetativo do pinhão manso no norte de Minas Gerais submetido a diferentes lâminas de irrigação em dois sistemas de irrigação, Leal (2010) plantou sementes de pinhão manso em covas de 0,75 x 0,75 m com profundidade de 0,5 m no espaçamento de 4 x 2 m. Avaliando o crescimento do pinhão manso no semiárido paraibano, Albuquerque et al. (2009) valeram-se de um espaçamento de 2 m entre plantas e 3 entre fileiras de plantas, resultando numa densidade de 1600 plantas por hectare, aproximadamente. Behera et al. (2010), avaliando o desempenho do pinhão manso no nordeste da Índia, empregaram um espaçamento de 2 x 2 m e 3 x 3 m em covas de 45 x 45 x 45 cm. O espaçamento 2 x 2 m também foi usado por Kheira e Atta (2009) para avaliação do estresse hídrico do pinhão manso cultivado no Egito.

3.5. Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água (EUA) representa a razão entre a quantidade de biomassa ou a produção de grãos pelo volume de água consumida pela cultura (KRAMER e BOYER, 1995). Com a crescente preocupação sobre a disponibilidade de recursos hídricos, tanto na agricultura irrigada quanto na de sequeiro, há um interesse em compreender como sistemas agrícolas podem ser mais eficientes no uso da água.

O manejo do solo pode afetar os processos de consumo de água pelas plantas, modificando a água disponível no perfil do solo. Práticas de fertilização como, por exemplo, a adição de N e P, tem um efeito indireto sobre a utilização da água por meio da melhoria da eficiência fisiológica da planta (HATFIELD et al., 2001). A EUA varia principalmente em função dos elementos climáticos e da disponibilidade de água (ABBATE et al., 2004), apesar da cultura também proporcionar tal efeito.

Os métodos de irrigação também influenciam a EUA. Em geral, consegue-se maior eficiência com irrigação localizada e por aspersão do que com irrigação por superfície. A irrigação localizada permite melhor controle da lâmina aplicada, diminui as perdas por evaporação, problemas fitossanitários, reduz perdas por percolação e por escoamento superficial, não irriga as plantas daninhas entre as fileiras de cultura e permite maior eficiência de irrigação.

A EUA de algumas culturas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de EUA encontrados para diversas culturas

Cultura	EUA (g m ⁻³)	Autores
Arroz	900	MARCOLIN e MACEDO (2001)
Banana	1.170-3.580	FIGUEIREDO et al. (2005)
Eucalipto	3540	SILVA et al. (2004)
Feijão	600	NIELSEN e NELSON (1998)
Mamão	400-1.800	ALMEIDA et al. (2004)
Maracujá	7.850-3.400	SOUZA et al. (2005)
Melancia	2.720	SOARES et al. (2002)
Melão	28.300	SOUZA et al. (2000)
Milho	4.000	BEGONCI et al. (2001)
Pimentão	4.690-10.430	REZENDE et al. (2003)
Soja	930	LIMA (2002)
Sorgo	900	JONES e POPHAM (1997)
Tomate	3700	SILVEIRA et al. (2003)
Trigo	950	ABBATE et al. (2004)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado no *campus* II da Universidade Vale do Rio Doce – UNIVALE, de dezembro de 2008 a junho de 2010 (Figura 3), no Município de Governador Valadares, região leste do estado de Minas Gerais, com latitude 18°47'30"S e longitude 41°59'04"W, e altitude de 223 m.



Figura 3. Vista da área experimental.

O clima de Governador Valadares, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, isto é, clima tropical com estação seca no inverno. De acordo com as normais climatológicas, obtidas em DNMET (1992), a temperatura média anual é de 25 °C; com temperatura mínima média de 18 °C e temperatura máxima média de 33 °C. A precipitação anual é de 1.115 mm, sendo que os maiores índices pluviométricos concentram-se entre novembro e março. Na Figura 4 apresenta-se o balanço hídrico utilizando a metodologia de Thornthwaite e Matter (1955) para Governador Valadares, evidenciando forte estiagem no inverno.

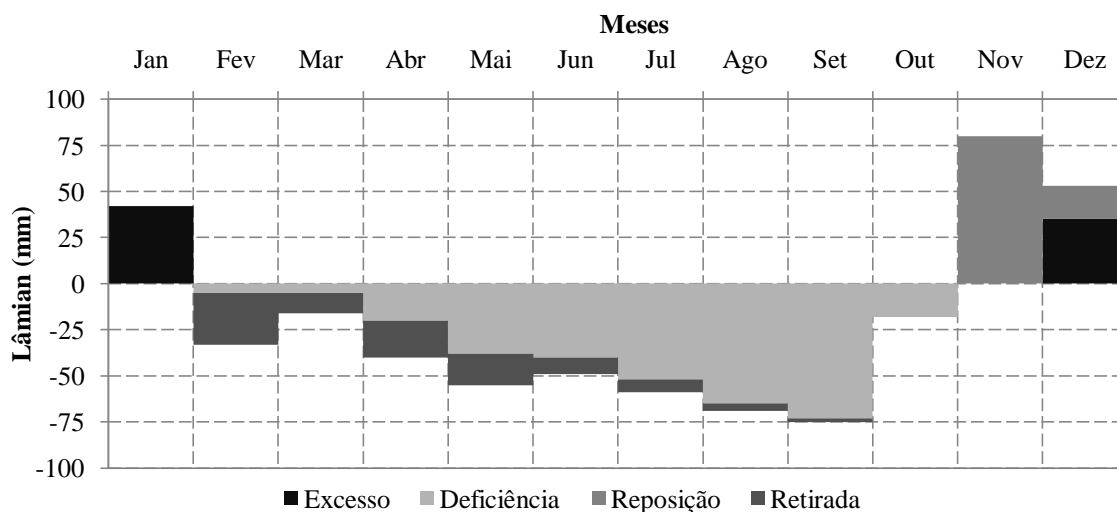


Figura 4. Balanço hídrico climático para Governador Valadares.

4.2. Caracterização físico-hídrica do solo

O solo da área experimental é classificado como neossolo flúvico, de textura média. Amostras de solo nas camadas 0-20 e 20-40 cm de profundidade foram coletadas para as análises granulométricas e físico-hídricas nos laboratórios da Faculdade de Ciências Agrárias (FAAG) da UNIVALE e do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), cujos resultados estão apresentados na Tabela 2. A capacidade de campo foi determinada por testes de bacia e verificou-se que a mesma correspondia aproximadamente ao conteúdo de água à tensão de -10 kPa, valor este dentro da faixa prevista por Reichardt (1988). O ponto de murcha foi determinado pelo conteúdo de água no solo para uma tensão de -1500 kPa.

Tabela 2. Análise granulométrica e físico-hídrica do solo da área experimental

Profundidade (cm)	Areia	Silte (kg kg ⁻¹)	Argila	Capacidade de campo (kg kg ⁻¹)	Ponto de murcha	Densidade do solo g cm ⁻³
0 - 20	0,443	0,252	0,305	0,291	0,135	1,40
20 - 40	0,426	0,224	0,350	0,287	0,149	1,40

As curvas de retenção da água no solo para as camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm estão apresentadas nas Figuras 5 e 6, respectivamente, e foram determinadas no laboratório do DEA-UFV pelo método da Câmara de Richards (RICHARDS, 1949). A densidade do solo foi determinada com auxílio de um trado para amostra indeformada.

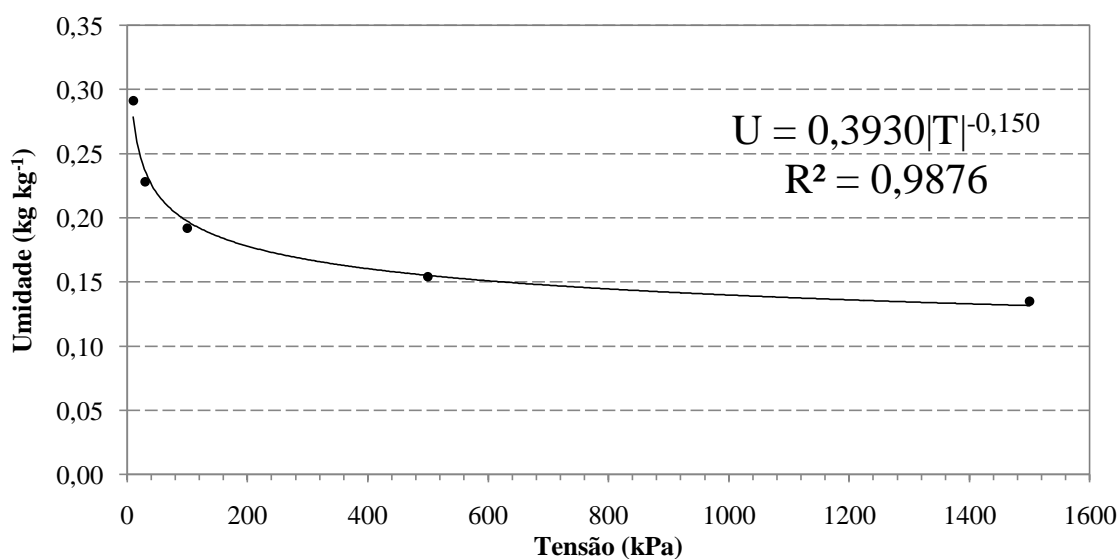


Figura 5. Curva de retenção da água no solo para a camada de 0 a 20 cm de profundidade.

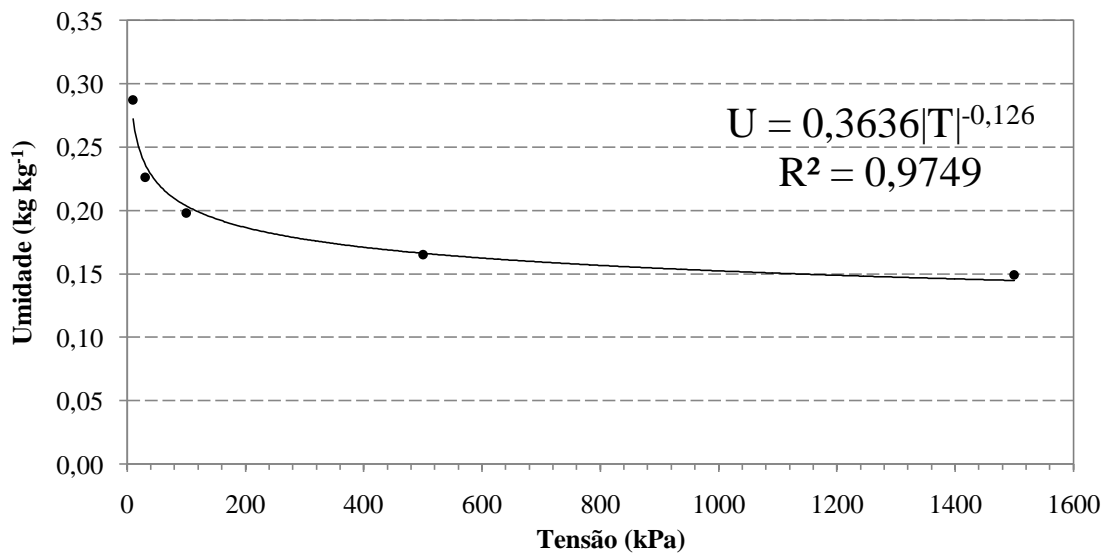


Figura 6. Curva de retenção da água no solo para a camada de 20 a 40 cm de profundidade.

4.3. Sistema de aspersão em linha e manejo da irrigação

Durante o período experimental, a irrigação foi feita por um sistema de aspersão em linha – *line source sprinkler system* (HANKS et al., 1976). Os aspersores foram instalados com espaçamento de 6 m entre si, numa tubulação localizada no centro da área experimental. A sobreposição dos jatos de água e o arranjo dos aspersores promoveram maior precipitação próximo a estes e lâminas decrescentes ao longo das linhas de plantio, conforme pode ser observado na Figura 7.

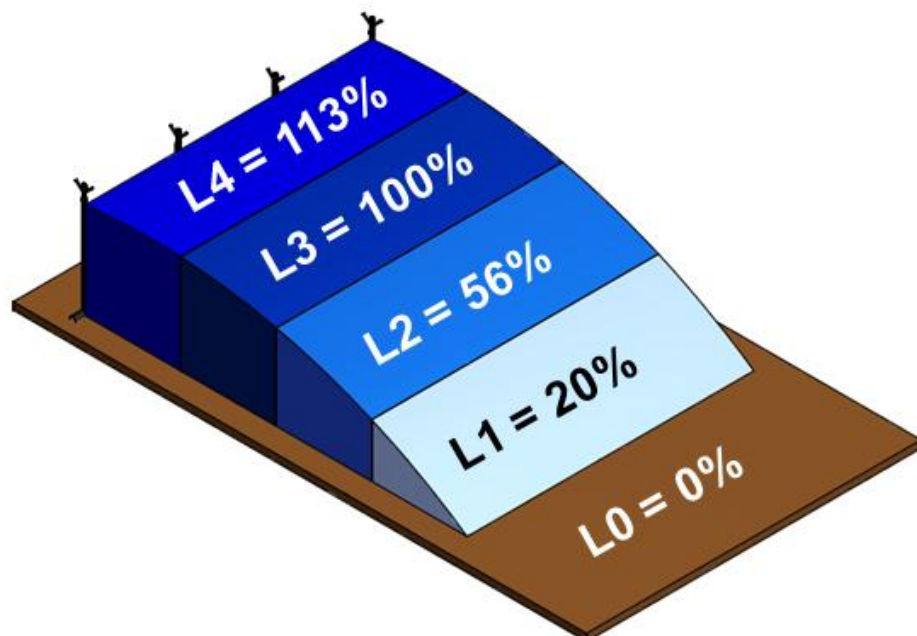


Figura 7. Distribuição decrescente das lâminas de irrigação em relação ao tratamento L3, tomado como lâmina de referência (Li).

Foram usados 10 aspersores da marca Fabrimar, modelo ECO A232, com bocais de 5,6 e 3,2 mm, operando com pressão de 280 kPa e vazão de $2,43 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, sendo estes aspersores escolhidos por seu perfil de precipitação, próximo de uma distribuição normal.

A relação entre o tratamento de referência (L3) e os demais, assim como as lâminas aplicadas em cada tratamento, foi obtida por avaliações do sistema de irrigação conduzidas ao longo do experimento (Figura 8). Os ensaios para aferição da intensidade de precipitação consistiram na distribuição de linhas de coletores perpendiculares à linha de aspersores, entre as linhas de plantio. Os resultados dos testes estão apresentados na Tabela 3.



Figura 8. Ensaio de precipitação para avaliação do sistema de irrigação.

Tabela 3. Resultado das avaliações de lâmina do sistema de irrigação

Tratamento	Ia (mm h ⁻¹)	Li (% referência)	Desvio padrão
L4	25,5	113%	2,2%
L3	22,5	100%	3,1%
L2	12,5	56%	5,0%
L1	4,5	20%	7,1%
L0	0,0	0%	0,0%

Ia = intensidade de aplicação do sistema, com base na lâmina média coletada em cada tratamento, em mm h⁻¹.

A condução do manejo foi feita monitorando-se o conteúdo de água no solo por meio de oito tensiômetros digitais (Figura 9), posicionados entre as linhas de plantio do tratamento cuja lâmina aplicada correspondeu a 100% da lâmina requerida (L3).



Figura 9. Leitura e locação dos tensiômetros digitais na área experimental.

O manejo de irrigação foi feito acompanhado-se a média dos potenciais de água no solo nos tensiômetros digitais instalados a 10 e 30 cm de profundidade nos tratamentos L4, em leituras feitas diariamente pela manhã. As irrigações foram efetuadas quando os tensiômetros instalados a 10 cm indicaram valores de potencial matricial em torno de -60 kPa, que corresponde ao consumo de 50% da água disponível no solo. A lâmina de irrigação foi calculada, em cada camada de solo (0-20 e 20-40 cm), por meio da Equação 1:

$$Li = 1000(CC - Ua)ds Z \quad \text{Equação 1}$$

em que;

- Li = Lâmina líquida de irrigação, mm;
- CC = Conteúdo de água no solo à capacidade de campo, kg kg^{-1} ;
- Ua = Conteúdo de água atual no solo, kg kg^{-1} ;
- ds = Densidade do solo, kg m^{-3} ;
- Z = Profundidade radicular efetiva, m;

4.4. Determinação do coeficiente de cultura

Para obtenção do coeficiente de cultura (K_c) ao longo do ciclo do pinhão manso, foram empregados os resultados do monitoramento da água no solo obtidos por tensiometria advindos do manejo da irrigação, até a profundidade de 40 cm do solo. Assim, a evapotranspiração diária da cultura, em condições de campo (ET_c), foi obtida pela diferença entre o conteúdo de água à capacidade de campo e o conteúdo de água atual no solo, conforme o balanço hídrico apresentado na Equação 2.

$$ET_{c_{i-1}} = CC_{i-1} - Ua_i + Li_{i-1} + Pe_{i-1} - Pp_{i-1} + Ac_{i-1} \quad \text{Equação 2}$$

em que;

- $ET_{c\ i-1}$ = Evapotranspiração da cultura, em campo, para o dia $i-1$, mm;
- CC_{i-1} = Lâmina de água à capacidade de campo no fim do dia $i-1$, mm;
- Ua_i = Lâmina de água no solo na manhã do dia i , mm;
- Li_{i-1} = Lâmina líquida de irrigação no fim do dia $i-1$, mm;
- Pe_{i-1} = Precipitação efetiva no fim do dia $i-1$, mm;
- Pp_{i-1} = Percolação além da zona radicular efetiva no fim do dia $i-1$, mm;
- Ac_{i-1} = Ascensão capilar para a zona radicular efetiva no fim do dia $i-1$, mm.

A precipitação efetiva foi considerada como a lâmina correspondente à diferença de conteúdo de água entre a umidade atual do solo a capacidade de campo. A lâmina de chuva excedente a esse valor, depois de uma forte chuva ou irrigação, foi considerada como lâmina percolada, não sendo aproveitada para o manejo da irrigação. Quanto ao aporte de água subterrânea à zona radicular devido à ascensão capilar, este foi desconsiderado no manejo da irrigação, conforme a metodologia descrita por Allen et al. (1998) para a determinação do balanço de água no solo. Os autores consideram que a contribuição de água por ascensão capilar pode ser assumida como zero quando o lençol freático encontra-se a partir de 1 m abaixo da zona radicular onde o balanço de água está sendo determinado.

O coeficiente de estresse hídrico (K_s) faz o ajuste da evapotranspiração da cultura em condições ótimas, caso o solo fosse mantido sempre à capacidade de campo, para as condições reais de manejo, onde a variação da umidade do solo provoca restrição da evapotranspiração, por meio da regulação dos estômatos, reflexo da dificuldade da planta em retirar água do solo, conforme esse vai secando e tendo aumentadas as forças de retenção de água em sua matriz (ALLEN et al., 1998). A determinação do K_s , então, foi feita pelo modelo logarítmico proposto por Bernardo et al. (2006), conforme apresentado na Equação 3.

$$K_s = \frac{(Ua + 1)}{(CC + 1)} \quad \text{Equação 3}$$

em que;

- K_s = Coeficiente de estresse hídrico, mm;
- CC = Lâmina de água à capacidade de campo, mm;
- Ua = Lâmina de água no solo, mm;

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada pela Equação 4, de Penman-Monteith, parametrizada pela FAO (ALLEN et al., 1998) e pela ASCE (ITENFISU et al., 2003). Os dados de clima, necessários à essa equação, foram obtidos por uma estação meteorológica automática, localizada próxima à área experimental. Foram obtidos dados horários e calculada a ET_o para o mesmo período e integrados os valores correspondentes para 24 horas.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + C_d u_2)} \quad \text{Equação 4}$$

em que;

- ET_o = Evapotranspiração de referência, mm h^{-1} ;
- R_n = Saldo de radiação à superfície, $\text{MJ m}^{-2} \text{h}^{-1}$;
- G = Fluxo de calor no solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{h}^{-1}$;
- T = Temperatura média horária do ar a 2 m de altura, $^{\circ}\text{C}$;
- u_2 = Velocidade média do vento à altura de 2 m, m s^{-1} ;
- e_s = Pressão de saturação de vapor, kPa;
- e_a = Pressão de vapor atual do ar, em kPa
- Δ = Declividade da curva de pressão de vapor de saturação, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- γ = Coeficiente psicrométrico, em $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.
- C_n = Constante do numerador representando o intervalo de tempo do cálculo (37 para intervalos horários e 900 para diários);
- C_d = Constante do denominador representando o período do dia e o intervalo de tempo do cálculo (0,24 para dia e 0,96 para noite).

O coeficiente de cultura (K_c) do pinhão manso, então, foi obtido pela razão entre a evapotranspiração da cultura ($ET_{c \text{ aj}}$), o coeficiente de estresse hídrico (K_s) e a evapotranspiração de referência (ET_o), conforme a Equação 5.

$$K_c = \frac{ET_c}{k_s ET_o} \quad \text{Equação 5}$$

em que;

- ET_c = Evapotranspiração da cultura em condições de campo, mm d^{-1} ;
- K_s = Coeficiente de estresse hídrico, adimensional;
- ET_o = Evapotranspiração de referência, mm d^{-1} .

4.5. Eficiência do uso de água

A eficiência do uso de água (EUA) foi calculada com base em simulações do balanço hídrico, a partir da ET_o e do K_c obtidos conforme descrito no tópico anterior e as irrigações efetivamente realizadas pelo sistema de irrigação por aspersão em linha.

Para o cálculo do balanço hídrico, seguiu-se a metodologia descrita por Allen et al. (1998). A partir daí, foi possível computar a lâmina de água útil (Equação 6) durante uma safra, os excessos provenientes de precipitação e irrigação.

$$Lu = Li + Pe \quad \text{Equação 6}$$

em que;

- Lu = Lâmina de água útil para a cultura do pinhão manso, mm;
- Li = Lâmina de irrigação acrescentada na zona radicular, mm;
- Pe = Precipitação efetiva na zona radicular, mm;

A partir daí, calculou-se a EUA, como a razão entre a produtividade e a lâmina de água útil para a cultura, descrita na Equação 7.

$$EUA = 1000 \frac{Y}{Lu} \quad \text{Equação 7}$$

em que:

- EUA = Eficiência do uso de água, $g\ m^{-3}$;
- Y = Produtividade, $kg\ ha^{-1}$;
- Lu = Lâmina de água útil para a cultura, $m^3\ ha^{-1}$;

4.6. Condução do experimento

Para as análises de crescimento, o experimento foi conduzido em esquema de parcelas subsubsubdivididas, tendo nas parcelas dois espaçamentos, nas subparcelas cinco lâminas de irrigação e nas subsubparcelas quatro doses nitrogenadas e nas subsubsubparcelas o tempo, em dias após transplante, de quatro avaliações; no delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições.

Para as análises de produtividade, o experimento foi conduzido em esquema de parcelas subsubdivididas, tendo nas parcelas dois espaçamentos, nas subparcelas cinco lâminas de irrigação e nas subsubparcelas quatro doses nitrogenadas no delineamento

em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, conforme indicado na Figura 10. As unidades amostrais foram constituídas por três plantas.

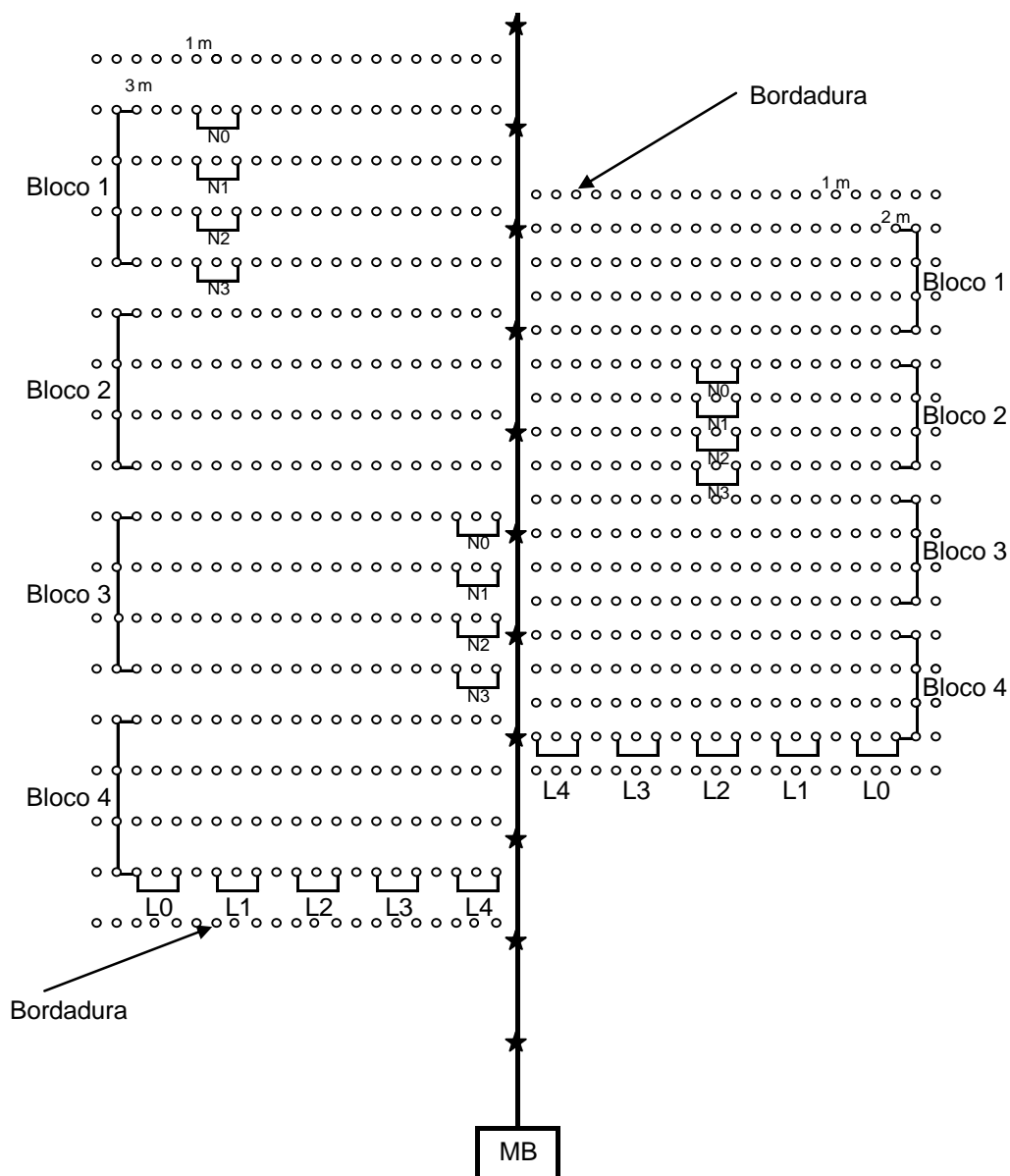


Figura 10. *Croquis* da área experimenteira.

Os espaçamentos avaliados foram 3x1 m (3.333 plantas por ha) e 2x1 m (5.000 plantas por ha) entre fileira e planta, respectivamente. As doses de nitrogênio estudadas foram de $N_0 = 0$, $N_1 = 50$, $N_2 = 100$ e $N_3 = 150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1} \text{ N}$. Estas doses foram escolhidas com base na necessidade prevista para algumas culturas semelhantes, como a mamona, segundo recomendações da CFSEMG (1999). A aplicação foi feita a lanço, parcelada em 6 vezes no ano, tendo a ureia como fonte de N. As cinco lâminas de irrigação foram $L_0 = 0\%$, $L_1 = 20\%$, $L_2 = 56\%$, $L_3 = 100\%$ e $L_4 = 113\%$, tendo como referência a quantidade de água para suprir a demanda hídrica da cultura, indicada pela tensiometria.

Foi realizada a desinfestação das sementes de pinhão manso por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 10%. As sementes foram semeadas em bandejas de isopor e as plântulas, daí oriundas, transferidas para sacos plásticos de 0,5 kg com vermiculita para o crescimento até o transplântio no campo. Foram realizadas irrigações nas mudas de modo a assegurar uniformidade e completo estabelecimento das mesmas. O transplântio das mudas foi feito em 03/12/2008, com uma muda por cova.

As covas foram abertas com enxada apresentando dimensões de 40x40x40 cm. Foram aplicados 80 gramas de supersimples (fonte de fósforo) misturado com 1 litro de esterco bovino curtido no fundo da cova para o tratamento 2x1. 120 gramas de supersimples misturado com 1,5 litro de esterco bovino curtido no fundo da cova para o tratamento 3x1. O replântio foi feito após 1 mês para covas em que a muda não sobreviveu. Houve 2 % de replântio e não houve desbaste. A adubação de cobertura foi feita, a seguir, conforme cada tratamento citado anteriormente.

4.7. Análises estatísticas

As medidas biométricas do pinhão manso consistiram nas medições de altura e diâmetro de caule e foram obtidas em quatro épocas: 70, 105, 140 e 175 dias após transplântio. A altura de planta foi medida com fita métrica, enquanto que um paquímetro digital foi empregado para determinação do diâmetro de caule. A produtividade foi obtida como média da produção das unidades amostrais, ajustadas para a mesma unidade de área. Foram obtidas duas safras ao longo do período de condução do experimento (dezembro de 2009 e junho de 2010).

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância e regressão. A comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, com base no teste F de probabilidade, no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno biológico. Para execução das análises estatísticas, foram usados os programas SigmaPlot 10.0 e SAEG 9.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Condições climáticas

Os elementos climáticos a seguir descritos foram coletados entre o transplante, em dezembro de 2008, e a segunda safra, em junho de 2010. Na Figura 11 está apresentada a variação da evapotranspiração de referência (ET_0) máxima e média mensal durante esse período, bem como a variação da temperatura média mensal. A ET_0 acumulada foi de 2.338 mm, com média de $4,12 \text{ mm d}^{-1}$, sendo que o mês que apresentou a maior ET_0 média ($6,05 \text{ mm d}^{-1}$) foi janeiro de 2010 e a menor ($2,83 \text{ mm d}^{-1}$), junho de 2009.

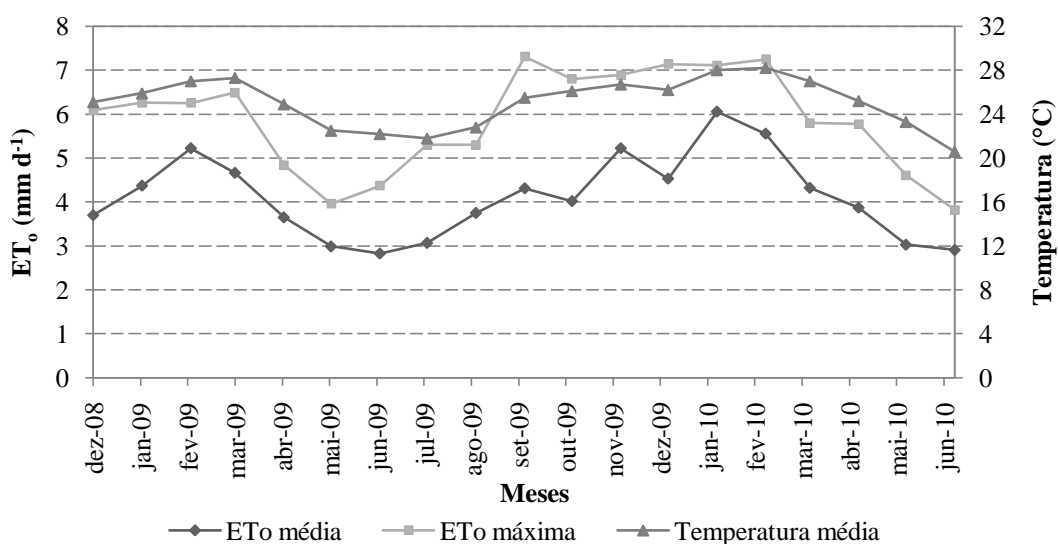


Figura 11. Variação da ET_0 (média e máxima mensal) e da temperatura média mensal.

A temperatura média mensal no período foi de $25,1 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo o maior valor ($28,2 \text{ }^\circ\text{C}$) obtido em fevereiro de 2010 e o menor ($20,6 \text{ }^\circ\text{C}$), em junho de 2010. Estes valores estão de acordo com a faixa considerada ótima pelos pesquisadores Saturnino et al. (2005) e Dias et al. (2007) para o crescimento do pinhão manso, que estimam um melhor desenvolvimento das plantas em ambientes cuja temperatura média esteja entre 18 a $28,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

A variação da precipitação é apresentada na Figura 12, juntamente com a ET_0 média mensal. O total precipitado no período foi de 1.797 mm , sendo outubro de 2009 o mês mais chuvoso, com 331 mm . O período seco, em 2009, compreendeu abril a setembro. Não houve precipitação em julho de 2009 e janeiro de 2010, sendo o extenso veranico nesse último, atípico para a região.

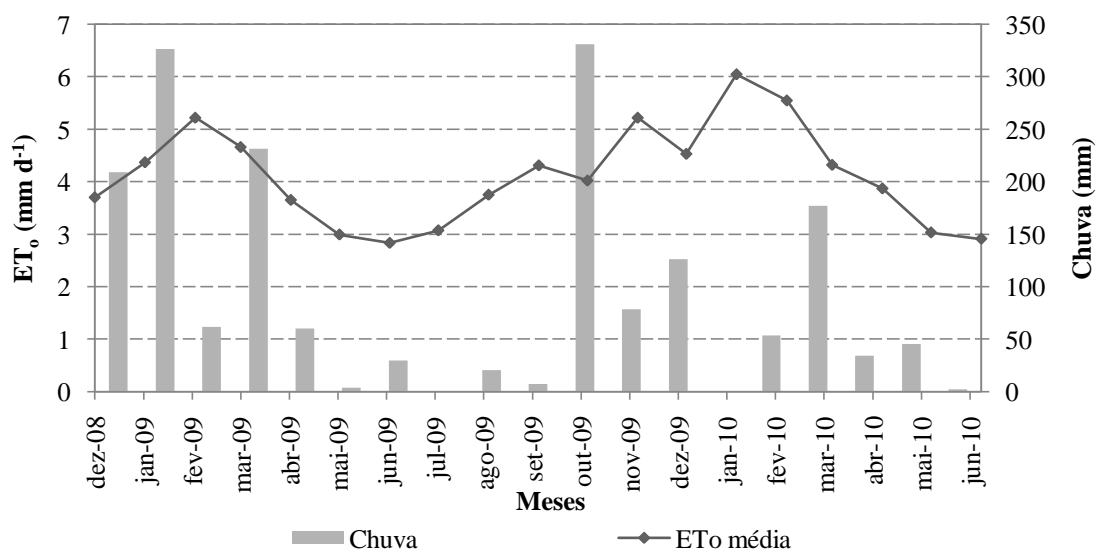


Figura 12. Variação da ET₀ média mensal e do total mensal de chuva.

A radiação média mensal foi de 18,7 MJ m⁻² d⁻¹, sendo sua variação no tempo apresentada na Figura 13, juntamente com a temperatura média, que, por sua vez, é influenciada pela radiação. A menor radiação foi registrada em junho de 2009, 13,2 MJ m⁻² d⁻¹; e a maior, 25,5 MJ m⁻² d⁻¹, em janeiro de 2010.

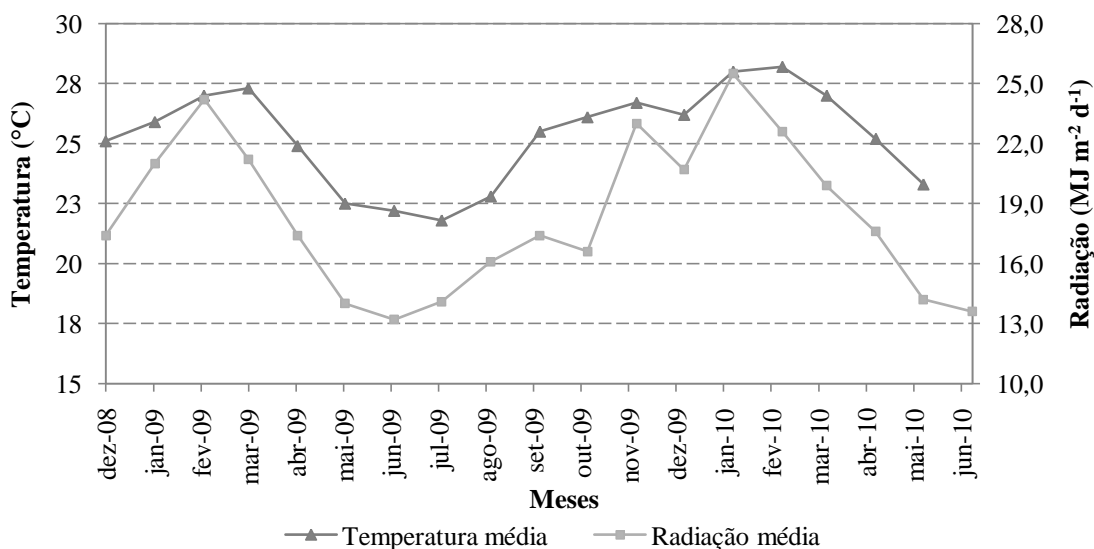


Figura 13. Variação da temperatura média mensal e da radiação solar média mensal.

Na Figura 14 estão apresentadas a variação da umidade relativa do ar e da temperatura média. A umidade relativa média mensal foi de 74,1%, sendo o maior valor (81,3 %) obtido em janeiro de 2009 e o menor (64,6%), em janeiro de 2010.

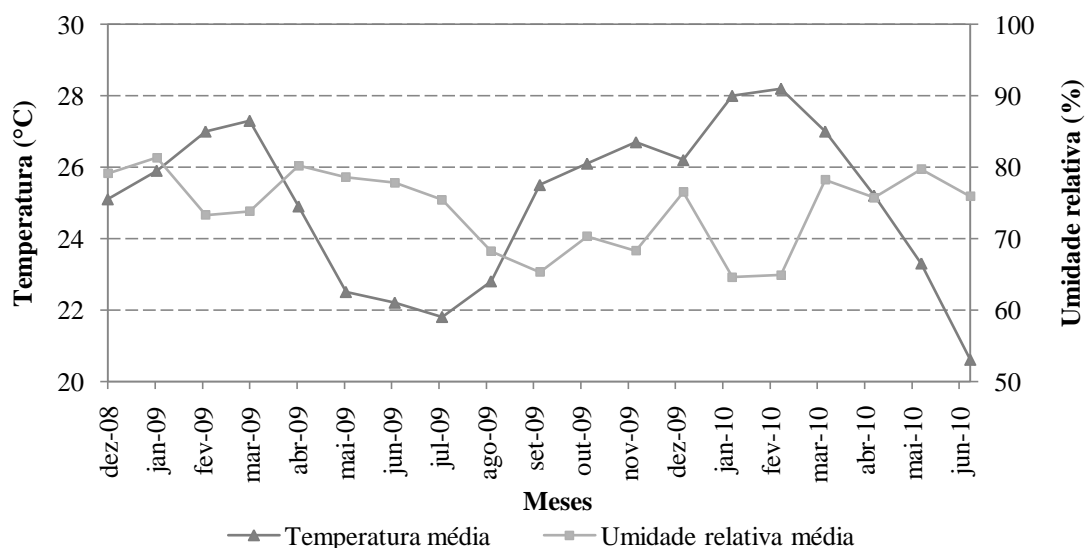


Figura 14. Variação da temperatura média mensal e umidade relativa média mensal.

5.2. Manejo da irrigação

A lâmina total de irrigação foi de 1.073 mm, distribuídos em 27 irrigações ao longo do período analisado. Janeiro de 2010 foi o mês cuja lâmina de irrigação foi maior, 160 mm, sendo que, por outro lado, não houve irrigação nos meses de dezembro de 2008 e janeiro de 2009, conforme a Figura 15.

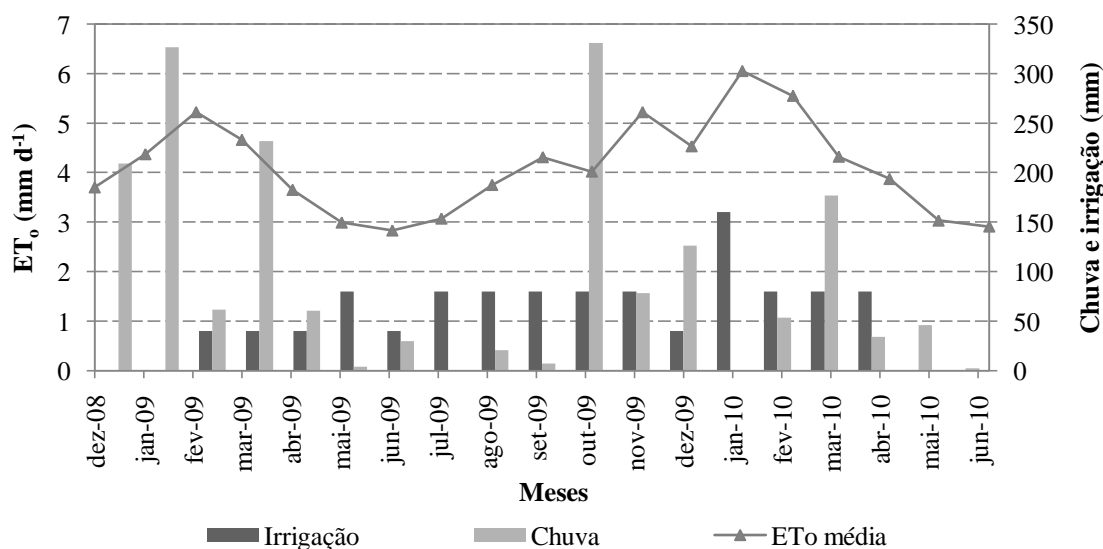


Figura 15. Distribuição de chuva, irrigação e variação da ET₀ média mensal, para o tratamento com aplicação de 100% da lâmina de irrigação requerida.

Observa-se que a concentração das chuvas implicou em grande volume excedente nas estações chuvosas e escassez demarcada no período seco. Assim, embora o volume precipitado seja considerável, não foi suficiente para atender o cultivo perene do pinhão manso, devido ao déficit na estação seca e a má distribuição das chuvas.

O extenso veranico de janeiro de 2010 implicou em uma depleção mais intensa da água no solo e houveram mais irrigações, por conseguinte. Em 2009, a lâmina de irrigação no outono e inverno (400 mm) foi 17% menor que a lâmina na primavera e verão (480 mm). Apenas no inverno desse ano, porém, a irrigação superou a quantidade precipitada para suprir a demanda, como mostrado na Figura 16.

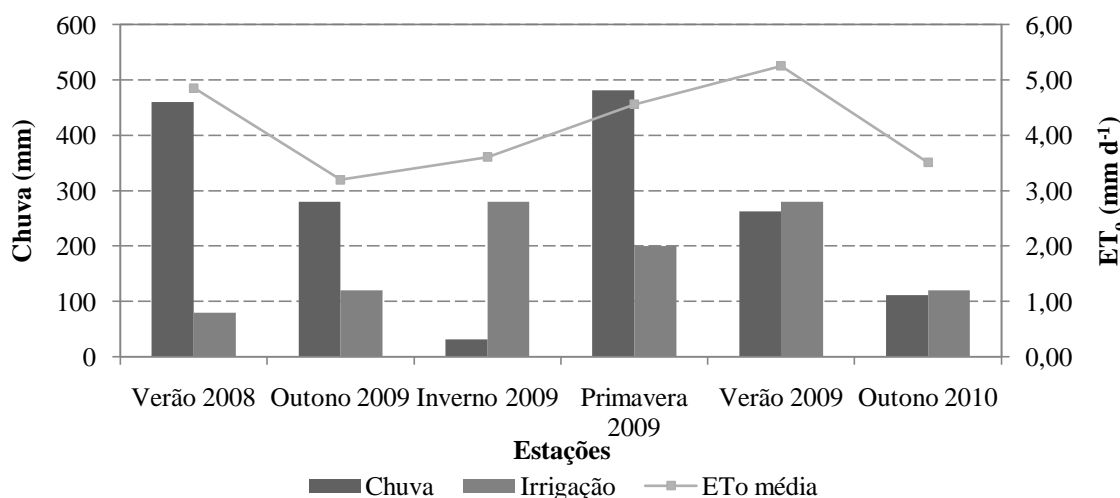


Figura 16. Distribuição sazonal de chuva e irrigação e variação da ET₀ média para o tratamento com aplicação de 100% da lâmina de irrigação requerida.

5.3. Crescimento do pinhão manso

5.3.1. Altura da planta

Observou-se interação ($p = 0,0189$) entre os fatores dias após transplântio (DAT) *versus* espaçamento (ESP) *versus* lâmina de irrigação (Li) e efeito isolado ($p = 0,0371$) do fator nitrogênio (N) na altura de planta (A) do pinhão manso. Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios de altura do pinhão manso para os diferentes espaçamentos dentro dos fatores dias após transplântio e lâmina de irrigação.

Tabela 4. Altura do pinhão manso, em cm, submetido a dois espaçamentos, em função de diferentes lâminas de irrigação e dias após transplântio

Li (%)	Dias após transplântio							
	75		105		140		175	
	2x1	3x1	2x1	3x1	2x1	3x1	2x1	3x1
0	51,9 a	53,0 a	92,2 a	87,7 a	120,7 a	128,4 a	141,0 a	154,9 a
20	55,5 a	49,4 a	104,1 a	84,1 b	122,5 a	120,6 a	138,2 a	144,8 a
56	60,7 a	50,4 a	111,2 a	92,8 a	134,0 a	124,0 a	152,2 a	146,0 a
100	56,1 a	46,4 a	104,1 a	93,6 a	118,8 a	118,7 a	132,3 a	137,9 a
113	59,5 a	53,7 a	103,1 a	98,7 a	118,0 a	114,4 a	131,0 a	128,2 a

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam o espaçamento, dentro das lâminas de irrigação (Li) e dos dias após transplântio (DAT), de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

A altura das plantas de pinhão manso, dentro do período avaliado (de 70 a 175 dias após transplântio), variou de 46,4 a 154,9 cm. Praticamente não houve diferença significativa entre as várias lâminas de irrigação. Mello et al. (2008) avaliando a altura de planta do pinhão manso em duas condições de fertilidade, em Planaltina-DF, encontraram praticamente as mesmas alturas de plantas. Os autores notaram, ainda, uma discreta superioridade na altura para a condição de baixa fertilidade. Os valores encontrados no presente trabalho são superiores àqueles encontrados por Drummond et al. (2007), avaliando o efeito de diferentes espaçamentos do pinhão manso no semiárido sergipano, e por Albuquerque et al. (2009) trabalhando com cultivo em sequeiro em Itaporanga-PA. Já Drummond et al. (2009) encontraram valores superiores (1,3 m), com genótipos diferentes, a apenas 3 meses de idade, sob irrigação por gotejamento, indicando a água como um dos principais fatores no crescimento do pinhão manso.

Verifica-se na Figura 17 que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito quadrático ($p = 0,0022$) na altura de planta do pinhão manso cultivado no espaçamento 2x1 m, em que o valor máximo estimado pela equação foi de 58% da lâmina de irrigação tomada como referência. No espaçamento 3x1, entretanto, foi verificado efeito linear decrescente ($p = 0,1529$) das lâminas de irrigação na altura de planta. Possivelmente esse resultado ocorreu pelo fato das avaliações terem sido realizadas no período chuvoso, período em que houve pequena contribuição da irrigação, haja visto o resultado pouco significativo desse fator.

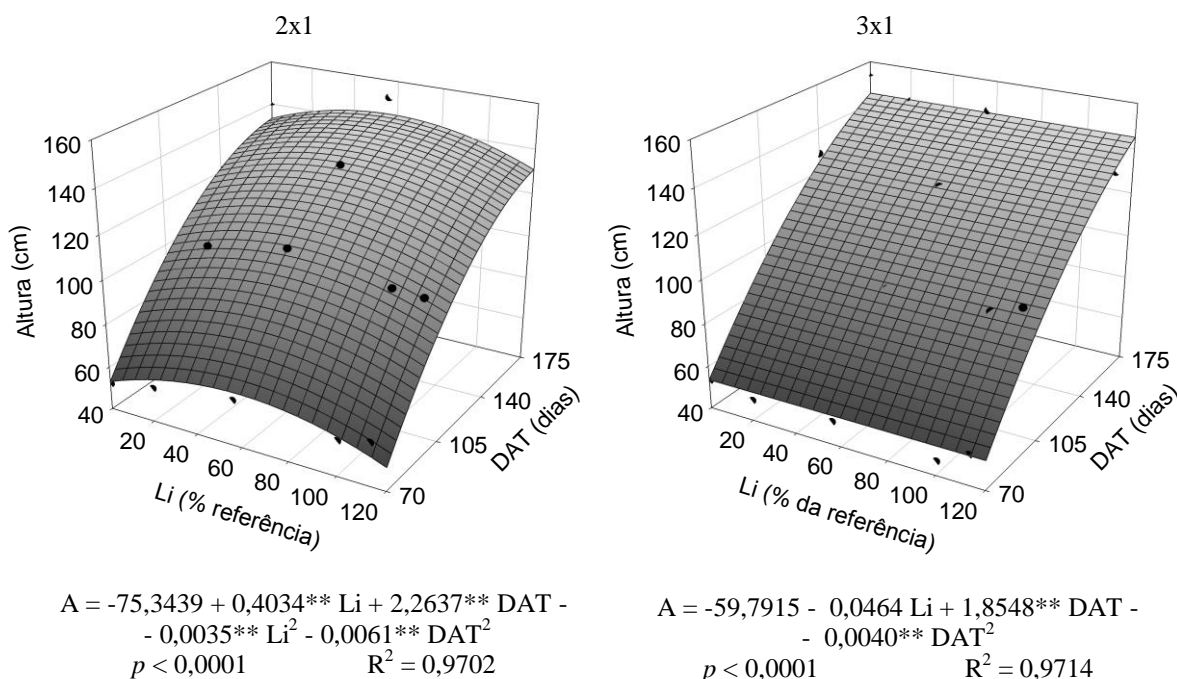


Figura 17. Estimativa da altura do pinhão manso (A), submetido aos espaçamentos 2x1 e 3x1, em função de diferentes lâminas de irrigação (Li) e dias após transplântio (DAT).

Quanto a isso, Calbo et al. (1989a, 1989b) explicam que funções de grau mais elevado podem ter uma significância adequada, no entanto não encontram explicação biológica na análise de dados de crescimento. Ainda assim, segundo os autores, comumente empregam-se funções lineares simples, múltiplas e polinomiais.

Verifica-se também na Figura 17 que, independente do espaçamento de cultivo do pinhão manso, os dias após transplântio proporcionaram aumento quadrático na altura de planta. Leal (2010), numa primeira avaliação, verificou aumento linear na altura de planta do pinhão manso cultivado no norte de Minas Gerais. Contudo, o mesmo efeito não se verificou em avaliações posteriores, sendo que o autor creditou essa constatação à maior importância da irrigação suplementar no estágio inicial de crescimento.

As doses de nitrogênio, por sua vez, proporcionaram um efeito linear positivo ($p = 0,0046$) na altura de planta no espaçamento 2x1, como apresentado na Figura 18, sendo o maior valor equivalente a 143,1 cm, para $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. Ainda na mesma figura, as doses de nitrogênio ajustaram-se melhor a um polinômio de segundo grau ($p = 0,0011$) para o espaçamento 3x1. A maior altura de planta estimada pela equação, para 175 dias após transplântio, seria aquela correspondente a aplicação de uma dose aproximada de $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$.

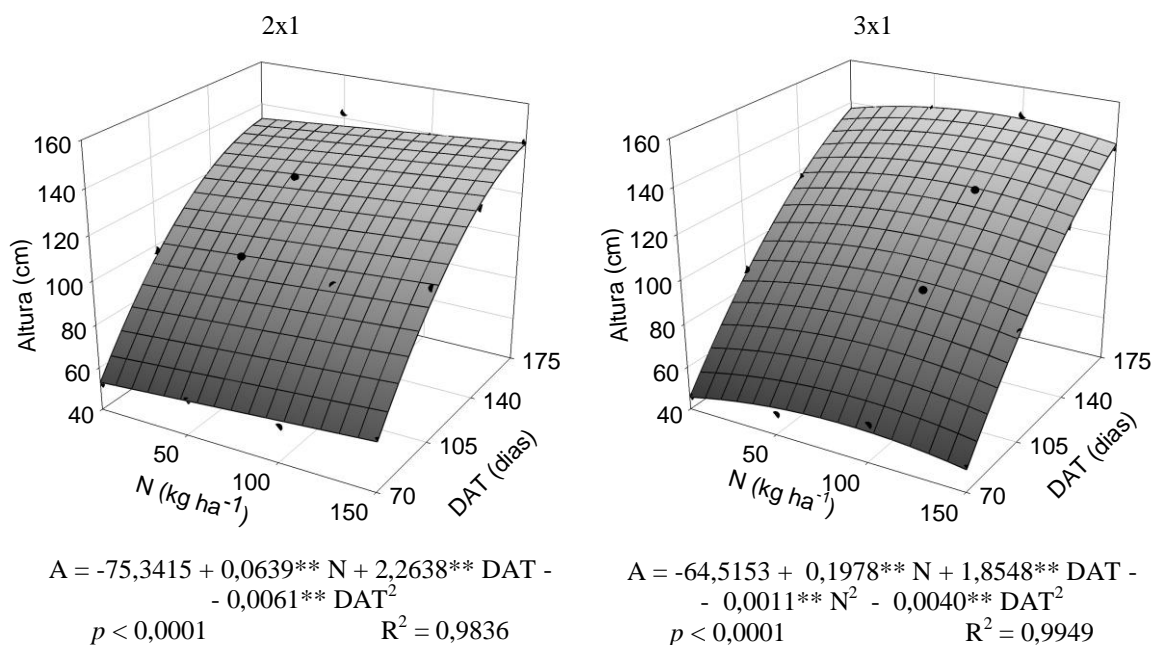


Figura 18. Estimativa da altura do pinhão manso (A), submetido aos espaçamentos 2x1 e 3x1, em função de diferentes doses de nitrogênio (N) e dias após transplântio (DAT).

Carvalho et al. (2010), no entanto, não encontraram diferença significativa para altura caulinar ao avaliar diferentes doses de nitrogênio no cultivo de pinhão manso

em Cratéus-CE. Chaves et al. (2009), também, não encontraram diferença significativa na altura do pinhão manso submetido a diferentes doses de Zn e Cu, ao que creditaram o insucesso do experimento ao fato de que a adubação NPK não ter sido suficiente para o desempenho das plantas, haja vista a falta de dados na literatura sobre a recomendação de adubação da cultura do pinhão manso.

5.3.2. Diâmetro do caule

Observou-se interação ($p = 0,0482$) entre os fatores espaçamento (ESP) *versus* lâmina de irrigação (Li) e interação ($p < 0,0001$) entre lâmina de irrigação (Li) *versus* dias após transplantio (DAT) para o diâmetro do caule do pinhão manso. Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios de diâmetro caulinar para os diferentes espaçamentos dentro do fator lâmina de irrigação.

Tabela 5. Diâmetro do caule do pinhão manso, submetido a dois espaçamentos, em função de diferentes lâminas de irrigação

Li (%)	Espaçamento (m)	
	2x1	3x1
0	46,21 a	48,02 a
20	48,56 a	46,09 a
56	51,58 a	46,66 b
100	47,02 a	44,54 a
113	47,13 a	44,43 a

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam o espaçamento, dentro das lâminas de irrigação (Li), de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

O diâmetro do caule do pinhão manso variou de 46,21 a 48,02 mm, em função de diferentes lâminas de irrigação, conforme indicado na Tabela 5. Os diâmetros médios encontrados foram de 48,10 mm para o espaçamento 2x1 e 45,95 mm para o 3x1. Inclusive, foi notada uma discreta superioridade nos valores encontrados no menor espaçamento, o que contrariou a expectativa do maior espaçamento apresentar melhor desempenho biométrico, uma vez que estaria sob menor competição por radiação e nutrientes.

Ressalta-se aqui, novamente, que as avaliações foram feitas até 175 dias após transplantio, onde se pode considerar que o pinhão manso não tenha alcançado um estágio em que essa competição seja relevante a ponto de influenciar seu crescimento. Pereira et al. (2008), avaliando as densidades de plantio de 500, 1000, 1500, 2000 e 2500 plantas por hectare na cultura do pinhão manso no Município de Tangará da Serra,

MT, verificaram redução linear do diâmetro caulinar com a redução do espaçamento de cultivo.

Na Figura 19 estão apresentados as estimativas do diâmetro de caule em função da lâmina de irrigação e dos dias após transplântio, para cada espaçamento avaliado. Verifica-se nesta figura que, para o espaçamento 2x1, a lâmina de irrigação proporcionou efeito quadrático ($p = 0,0018$), sendo que o maior diâmetro corresponderia à lâmina de 56% da referência, aproximadamente. Já para o espaçamento 3x1, a lâmina de irrigação provocou efeito linear negativo ($p = 0,0157$) no diâmetro caulinar.

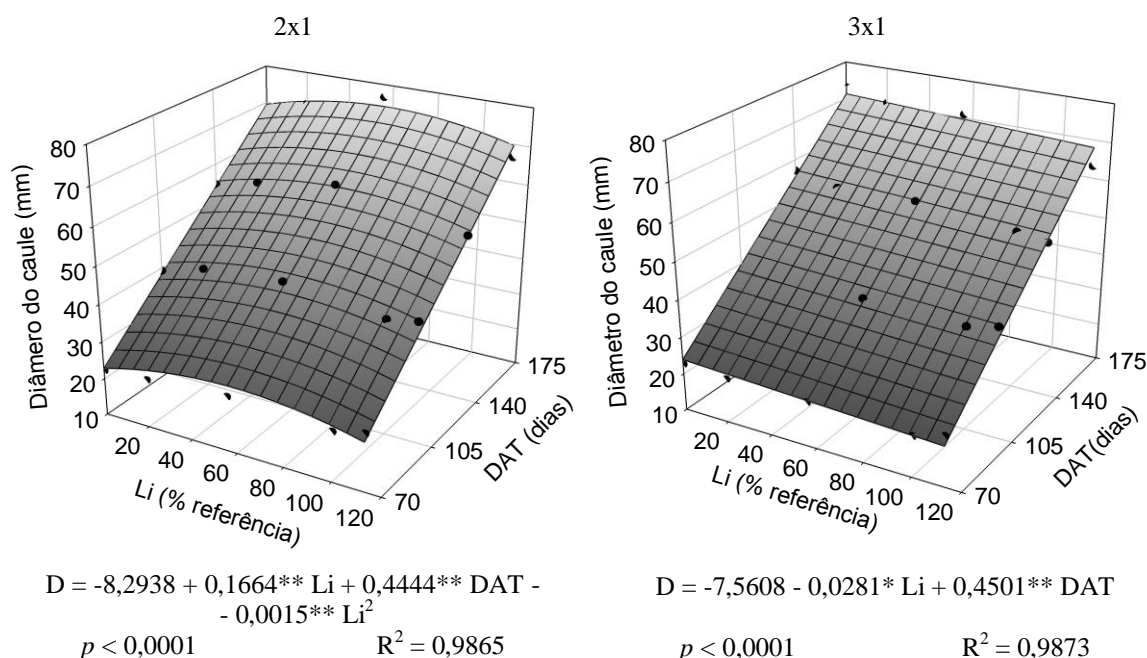


Figura 19. Estimativa do diâmetro de caule do pinhão manso (D), submetido aos espaçamentos 2x1 e 3x1, em função de diferentes lâminas de irrigação (Li) e dias após transplântio (DAT).

Esse resultado atípico, notado também na resposta da altura de planta à lâmina de irrigação, possivelmente ocorreu, como descrito anteriormente, devido à grande influência da precipitação nas avaliações iniciais, diminuindo a importância da irrigação em suprir a demanda de água das plantas no período. Como as avaliações foram feitas até 175 dias após transplântio, não se teria abrangido completamente todo o período de mais intenso crescimento, haja vista o comportamento linear ($p < 0,0001$) do diâmetro com a evolução do tempo, independente do espaçamento, durante o período compreendido entre as avaliações.

O diâmetro médio encontrado 175 dias após transplântio foi de 69,9 mm, resultado este semelhante ao encontrado por Drummond et al. (2009), que avaliando o desempenho de diferentes genótipos de pinhão manso no semiárido pernambucano,

irrigado por gotejamento, encontraram diâmetro caulinar médio de 63 mm, com 12 meses após emergência.

Behera et al. (2010), avaliando o desempenho do pinhão manso na Índia, não encontraram diferença significativa no diâmetro de caule entre os diferentes intervalos de irrigação estudados, porém, a irrigação contribuiu para valores maiores do incremento anual no diâmetro em relação ao tratamento suprido apenas com chuva. Um efeito linear no diâmetro de caule, proporcionado pelos níveis de água no solo foi verificado por Albuquerque et al. (2008) trabalhando com pinhão manso em Campina Grande-PB. Esse mesmo efeito foi encontrado por Leal (2010) em Janaúba-MG, cultivando pinhão manso irrigado por gotejamento e microaspersão.

Na Figura 20 está apresentada a estimativa do diâmetro de caule em função das doses de nitrogênio e dos dias após transplantio, para cada espaçamento avaliado. Verifica-se nesta figura que, para o espaçamento 2x1, a dose de nitrogênio proporcionou efeito quadrático ($p = 0,0191$), sendo que o maior diâmetro corresponderia a uma dose de $115 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, aproximadamente. Da mesma forma, verifica-se também efeito quadrático ($p = 0,0086$) do nitrogênio aplicado sobre o diâmetro do caule, com máximo encontrado para a dose de $104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$.

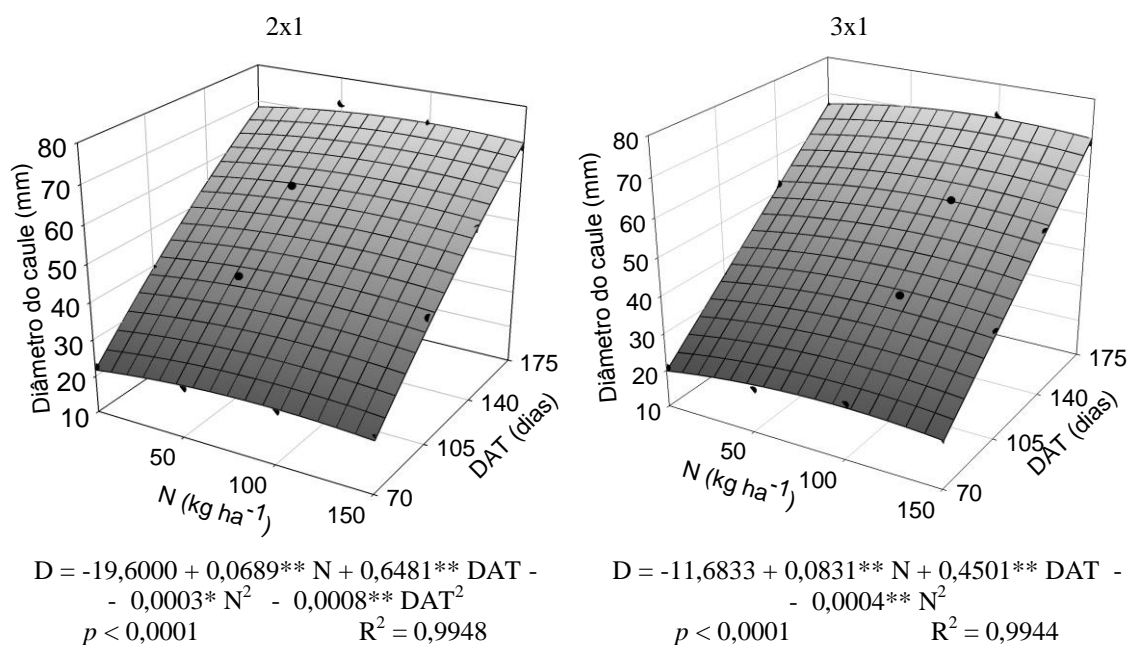


Figura 20. Estimativa do diâmetro de caule do pinhão manso (D), submetido aos espaçamentos 2x1 e 3x1, em função de diferentes doses de nitrogênio (N) e dias após transplantio (DAT).

Albuquerque et al. (2008) observaram que o pinhão manso obteve melhores resultados para as variáveis de crescimento quando submetido a maior dose de nitrogênio e ao maior nível de água disponível no solo. Primo et al. (2010) encontraram

efeito significativo da adubação orgânica sobre o diâmetro caulinar do pinhão manso, assim como Lima et al. (2006), trabalhando com mamoneira. Estes pesquisadores trabalharam com adubação orgânica, não estando, portanto, isolados os efeitos de cada macronutriente presente nas fontes avaliadas.

Carvalho et al. (2010), porém, não encontraram diferença significativa para diâmetro caulinar e outras variáveis de crescimento ao avaliar diferentes doses de nitrogênio no cultivo de pinhão manso em Cratêus-CE, observando efeito no diâmetro do caule provocado apenas por dias após plantio. Ainda, Santos (2008) trabalhando com aplicação de fertilizantes e doses de nitrogênio variadas em mamoneira, uma euforbiácea como o pinhão manso, não verificou efeitos significativos de fontes ou doses sobre o diâmetro do caule.

5.4. Determinação do coeficiente de cultura

Na Figura 21 estão apresentadas a variação da evapotranspiração da cultura (ET_c) e da evapotranspiração de referência (ET_o) observadas durante a condução do experimento. A aproximação dos valores do coeficiente de cultura (K_c) é apresentada na Tabela 6 e na Figura 22.

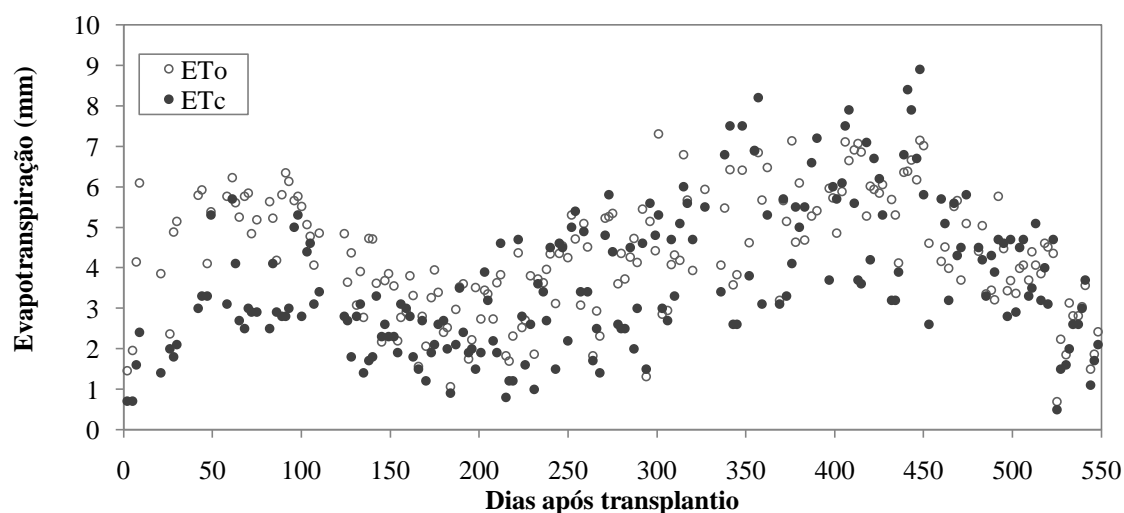


Figura 21. Evapotranspiração da cultura (ET_c) e da evapotranspiração de referência (ET_o) observados durante a condução do experimento.

Tabela 6. Coeficiente de cultura do pinhão manso

Estádio	Duração	K_c médio	Desvio Padrão
I (inicial)	21 dias	0,41	9%
II (crescimento)	70 dias	0,66	18%
III (intermediário)	em diante	0,95	26%

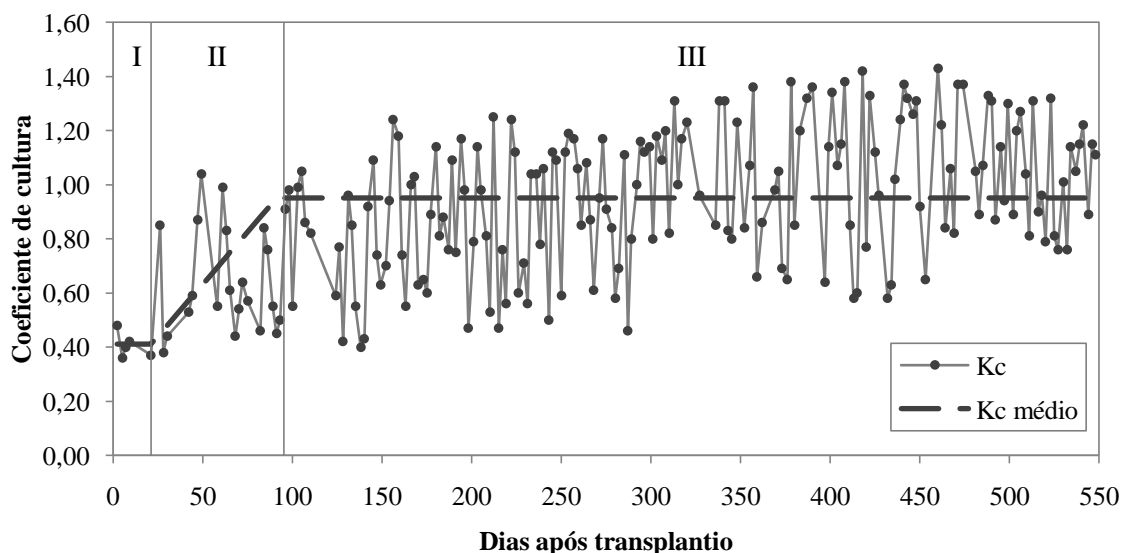


Figura 22. Valores coeficiente de cultura do pinhão manso calculados e médio.

O valor médio geral encontrado foi de 0,95, sendo o valor máximo de 1,43 e o mínimo 0,36. O valor médio aqui apresentado é bastante superior à aproximação do coeficiente de transpiração da cultura basal (K_{cb}) obtidos por Achten et al. (2010) e Maes e Achten (2009a, 2009b), cujos valores variaram entre 0,51 e 0,60.

A aproximação apresentada neste trabalho contempla o K_c único, que incorpora tanto a transpiração da planta quanto a evaporação do solo em um único coeficiente, diferentemente dos trabalhos anteriormente citados que estimam o K_{cb} , dependente apenas da transpiração da planta, sem considerar a evaporação do solo. A completa diferenciação desses dois coeficientes é apresentada em Allen et al. (1998).

A aproximação do K_c único apresentada neste trabalho deve ser comprovada pelo uso de lisímetros nesta e em outras localidades, em pesquisas futuras.

5.5. Simulação do balanço hídrico

Na Tabela 7 está apresentado o resumo do balanço hídrico simulado, usando o K_c obtido no item anterior, para aplicação de 0, 20, 56, 100 e 113% da lâmina de referência para a primeira e segunda safras.

Tabela 7. Lâminas envolvidas no balanço hídrico simulado

Lâminas (mm)	Lâmina de irrigação (% da referência)				
	0	20	56	100	113
Primeira safra					
Precipitação total	1.404	1.404	1.404	1.404	1.404
Precipitação efetiva	653	648	613	518	475
Excesso de precipitação	752	757	791	886	929
Irrigação	-	128	358	640	723
Excesso de irrigação	-	-	-	2	12
Percolação profunda	752	757	791	889	941
Lâmina útil	653	776	971	1.156	1.186
Segunda safra					
Precipitação total	392	392	392	392	392
Precipitação efetiva	367	360	334	247	237
Excesso de precipitação	25	32	58	146	155
Irrigação	-	88	246	440	497
Excesso de irrigação	-	-	-	14	64
Percolação profunda	25	32	58	155	210
Lâmina útil	367	448	580	677	679

Os balanços hídricos diários simulados correspondentes a aplicação de 0, 20, 56, 100 e 113% da lâmina de irrigação de referência estão apresentados nas Figuras 23, 24, 25, 26 e 27, respectivamente. Nelas contemplam-se a simulação da variação do armazenamento de água no perfil do solo, as chuvas e as irrigações no período analisado (03/12/2008 a 20/06/2010). Ressalta-se que, devido à aproximação dos valores de K_c , os altos valores evapotranspiração superestimaram o consumo indicado pela tensiometria durante a condução do experimento.

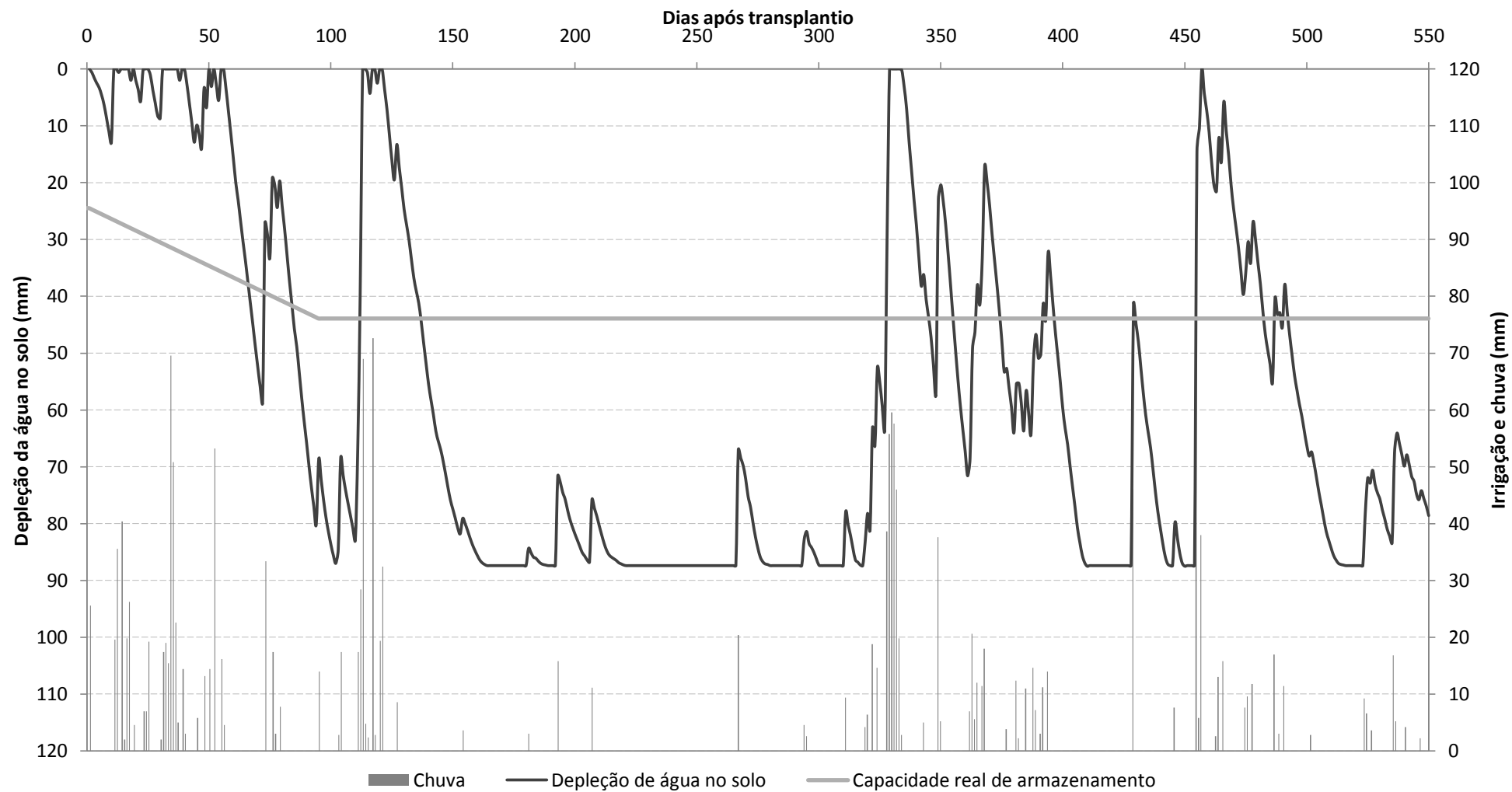


Figura 23. Balanço hídrico simulado para aplicação de 0% da lâmina de irrigação de referência.

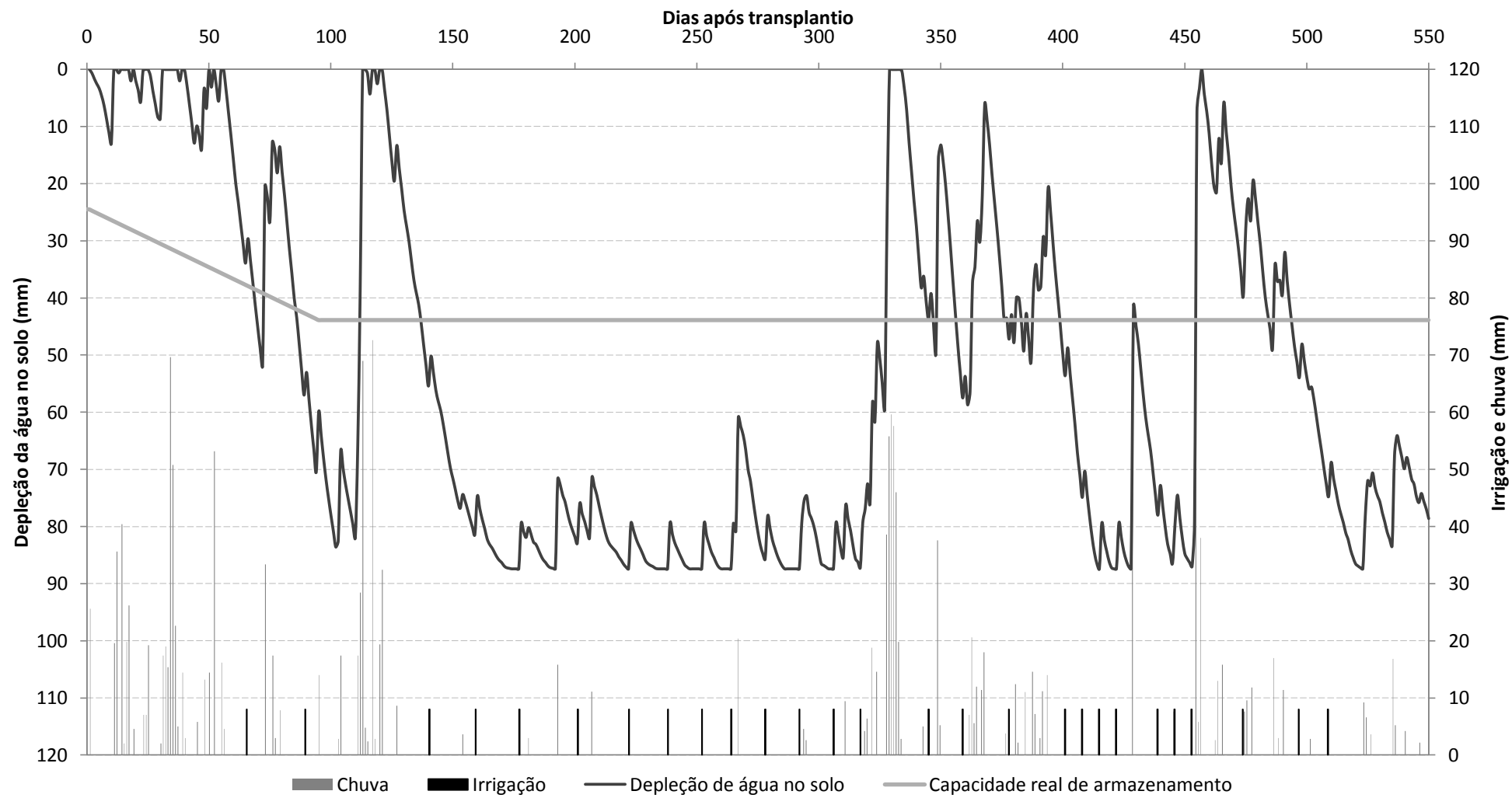


Figura 24. Balanço hídrico simulado para aplicação de 20% da lâmina de irrigação de referência.

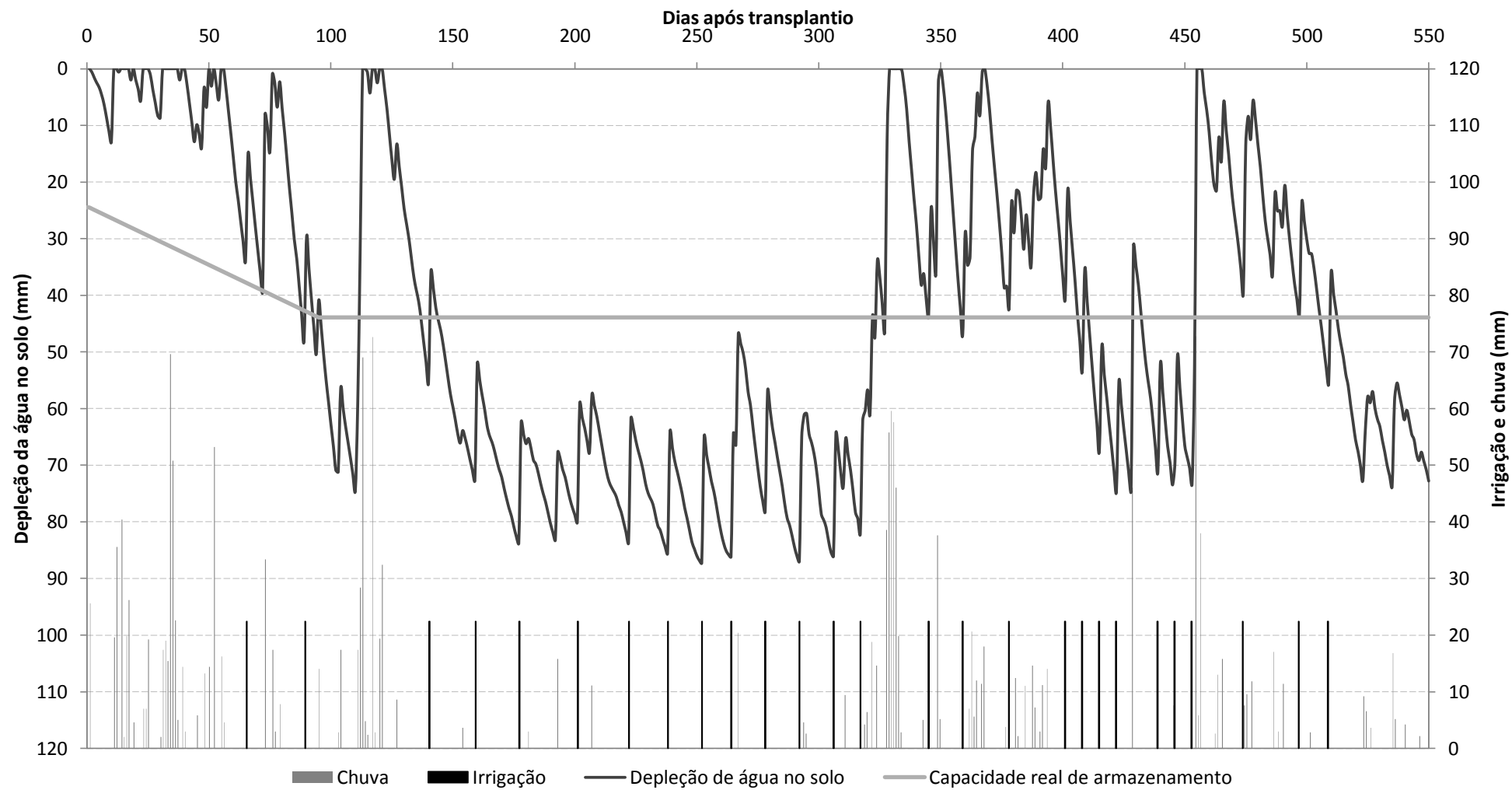


Figura 25. Balanço hídrico simulado para aplicação de 56% da lâmina de irrigação de referência.

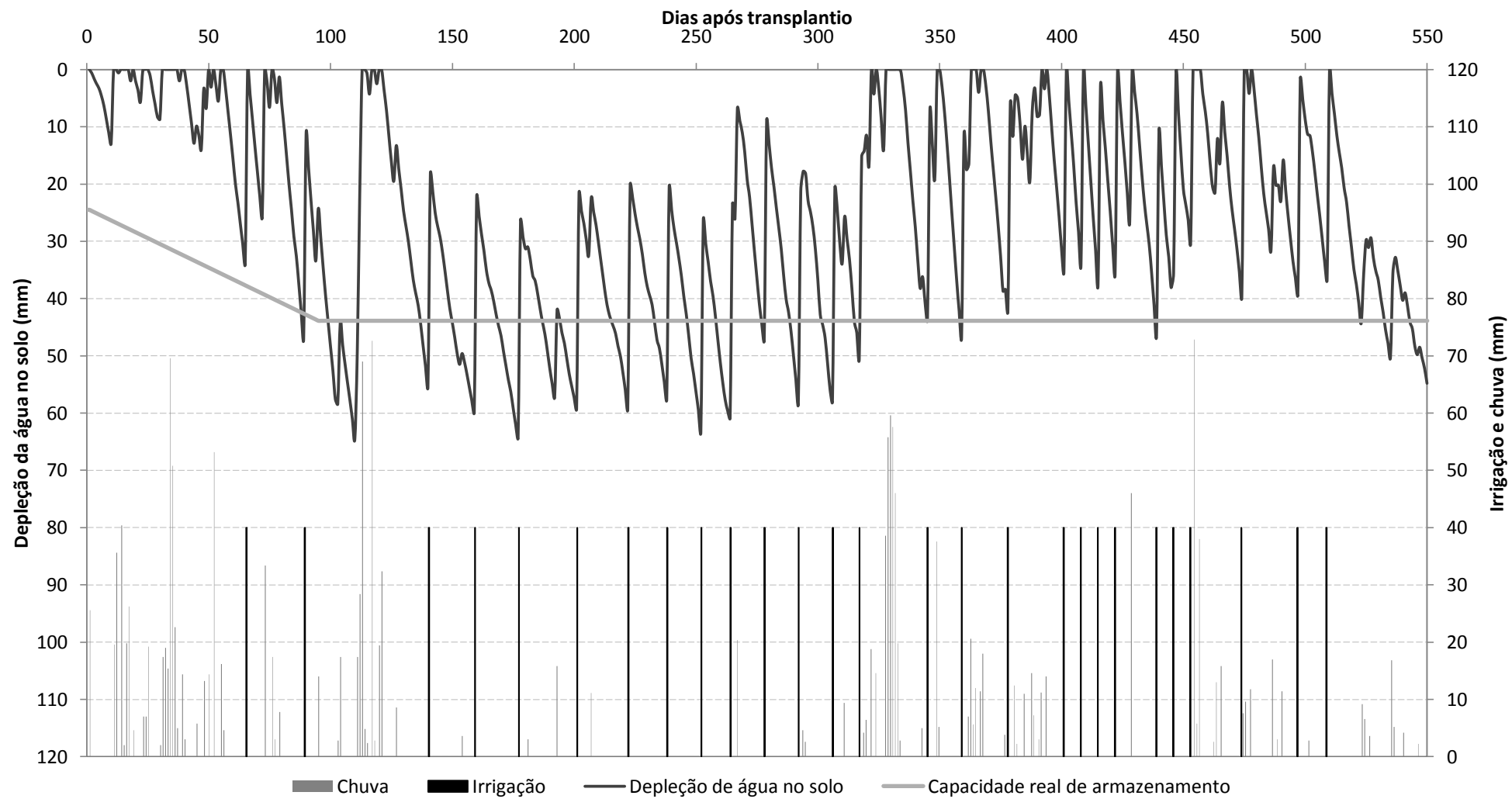


Figura 26. Balanço hídrico simulado para aplicação de 100% da lâmina de irrigação de referência.

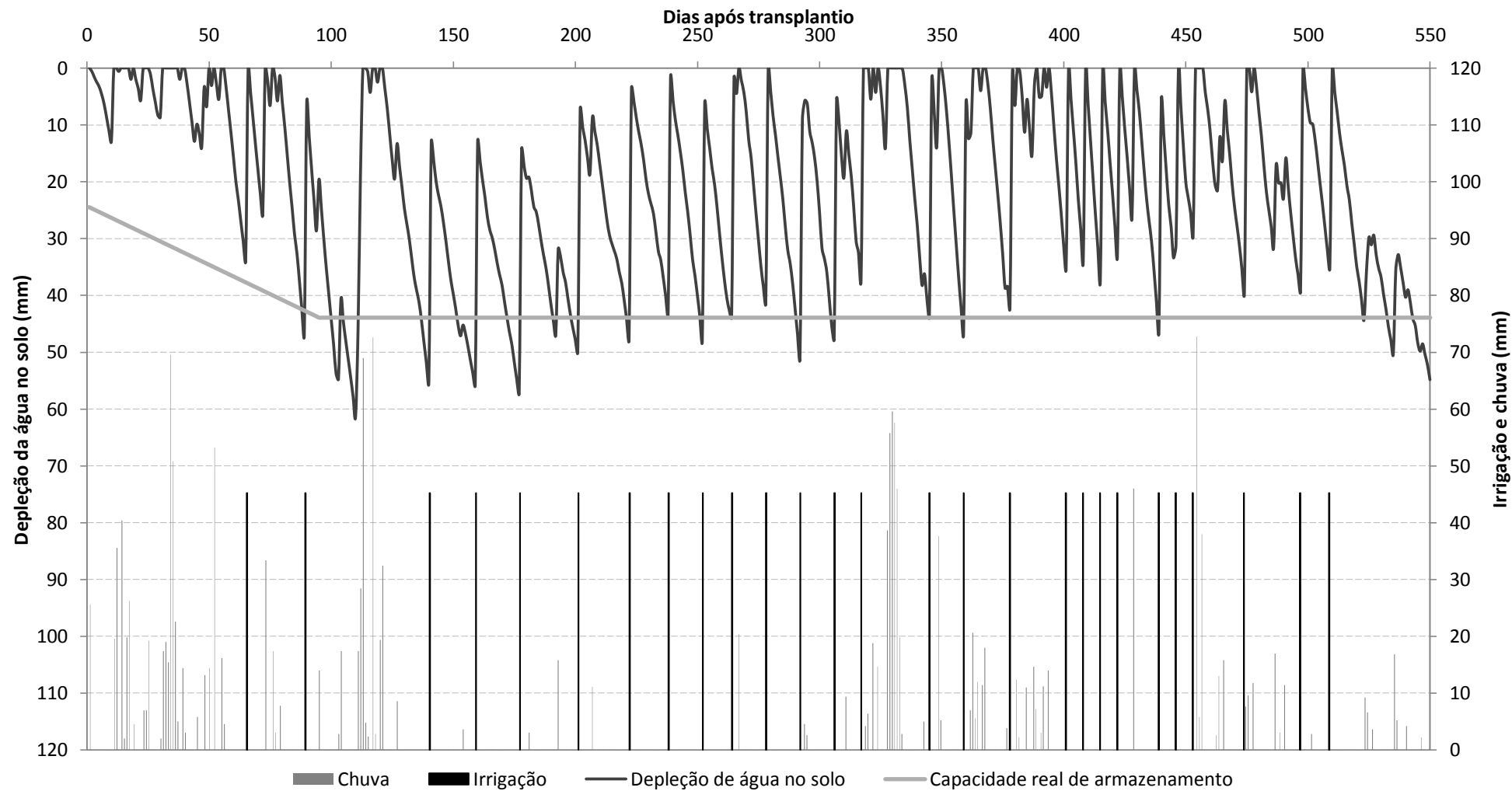


Figura 27. Balanço hídrico simulado para aplicação de 113% da lâmina de irrigação de referência.

5.6. Produtividade do pinhão manso

Na Figura 28 estão apresentados os valores médios de produtividade do pinhão manso obtidos na primeira (10/12/09) e na segunda safra (07/06/10), em função da lâmina de água útil para a cultura e dos espaçamentos. A média foi de 397,0 kg ha⁻¹ na primeira e 795,2 kg ha⁻¹ na segunda safra, com média geral de 596,1 kg ha⁻¹.

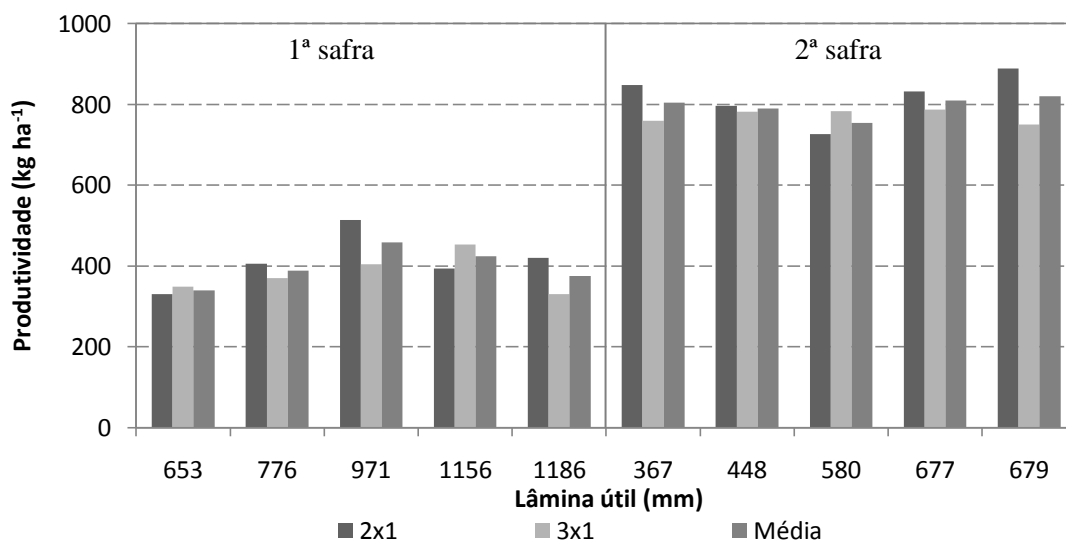


Figura 28. Produtividade de duas safras do pinhão manso, em função da lâmina de água útil para a cultura, submetido a dois espaçamentos.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores médios da produtividade do pinhão manso para os diferentes espaçamentos dentro do fator lâmina de água útil, resultados advindos da primeira safra. Observou-se interação ($p = 0,0305$) entre os fatores espaçamento *versus* lâmina, todavia não houve efeito significativo ($p = 0,0643$) do fator nitrogênio na produtividade do pinhão manso. Para a segunda safra, o efeito da lâmina de água útil na produtividade não foi significativo ($p = 0,9218$), enquanto que o fator nitrogênio proporcionou efeito significativo ($p = 0,0012$). Nota-se que o período compreendido entre a primeira e segunda safra foi, em sua maioria, chuvoso, compreendendo dezembro de 2009 a início de junho de 2010, o que pode ter implicado no menor efeito da lâmina de irrigação, reduzindo a diferença do balanço de água no solo entre os diferentes tratamentos. Quanto ao efeito do nitrogênio, possivelmente a acumulação durante todo o período experimental tenha sua resposta evidenciada na segunda safra.

Tabela 8. Produtividade média do pinhão manso, em kg ha⁻¹, submetido a dois espaçamentos, em função da lâminas de água útil na primeira safra

Lu (mm)	Espaçamento	
	2x1	3x1
653	330,3 a	348,8 a
776	405,3 a	370,5 a
971	513,4 a	404,2 b
1.156	393,3 a	453,5 a
1.186	420,2 a	330,0 a

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam o espaçamento, dentro das lâminas útil (Lu), de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Figura 29 está demonstrada a variação da produtividade em função da lâmina de água útil para o espaçamento 2x1. O polinômio de segundo grau ($p = 0,1412$), representa a influência das lâminas na produtividade. Com relação ao espaçamento 3x1, não houve efeito significativo, de modo que a produtividade do pinhão manso, neste espaçamento, é melhor representada pela média aritmética do parâmetro, 381,4 kg ha⁻¹.

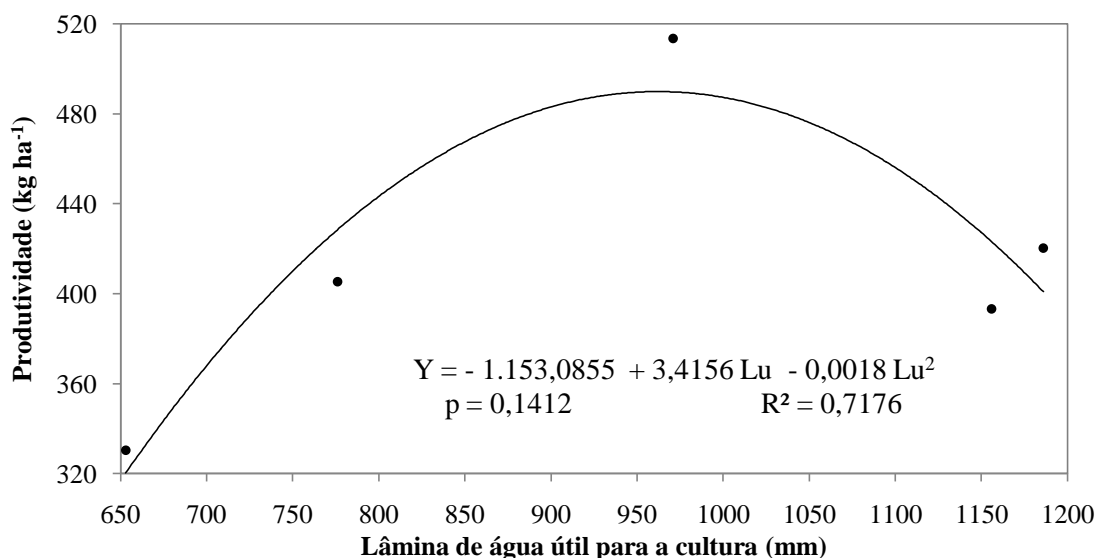


Figura 29. Estimativa da produtividade média (Y) do espaçamento 2x1 em função da lâmina total de água (Lu), para a primeira safra.

Os valores de produtividade encontrados são inferiores àqueles apresentados por Lima et al. (2007) que, num cultivo de sequeiro no Maranhão, obtiveram a primeira safra aos sete meses, com produtividade estimada em 500 kg ha⁻¹ e, aos doze meses, a segunda, com 975 kg ha⁻¹. Drummond (2009), avaliando o desempenho de diferentes genótipos irrigados por gotejamento em Pernambuco, observou que a produtividade variou de 2.853 a 3.542 kg ha⁻¹ após um ano. Uma baixa produtividade, no entanto, era esperada, haja visto que o pinhão manso só apresenta produção satisfatória a partir do quarto ano agrícola, conforme Carnielli (2003). Ainda assim, os valores são superiores

aos 101,7 kg ha⁻¹ obtidos por Albuquerque et al. (2009), acumulando a produção de até 220 dias após a emergência do pinhão manso cultivado no semiárido paraibano.

Assim como observado neste trabalho, Coletti et al. (2008) verificaram efeito da irrigação na produção do pinhão manso cultivado em Tangará da Serra, MT. Os autores observaram uma produtividade média 30% superior para o plantio irrigado em relação ao não irrigado, aos nove meses de transplântio. Drummond et al. (2008) observaram efeito semelhante ao estudarem por 1 ano o comportamento do pinhão manso com e sem irrigação por gotejamento, no entanto, atingindo as seguintes produtividades: 1.156 kg ha⁻¹, com irrigação e 330 kg ha⁻¹, sem irrigação.

À semelhança do observado nesse trabalho para a primeira safra, Kheira e Atta (2009) encontraram efeito significativo da irrigação nos resultados de produtividade do pinhão manso irrigado por microaspersão no Egito, no segundo ano após transplântio. Estes autores avaliaram a resposta do pinhão manso à diferentes níveis de déficit. O maior rendimento, de acordo com o trabalho, foi de 195,1 kg ha⁻¹ de sementes para reposição de 100% evapotranspiração.

As produtividades médias em resposta à adubação nitrogenada estão apresentadas na Figura 30. Ressalta-se aqui que a média entre as safras é meramente ilustrativa, uma vez que o pinhão manso ainda não se estabeleceu, dado a disparidade entre os valores alcançados em cada safra.

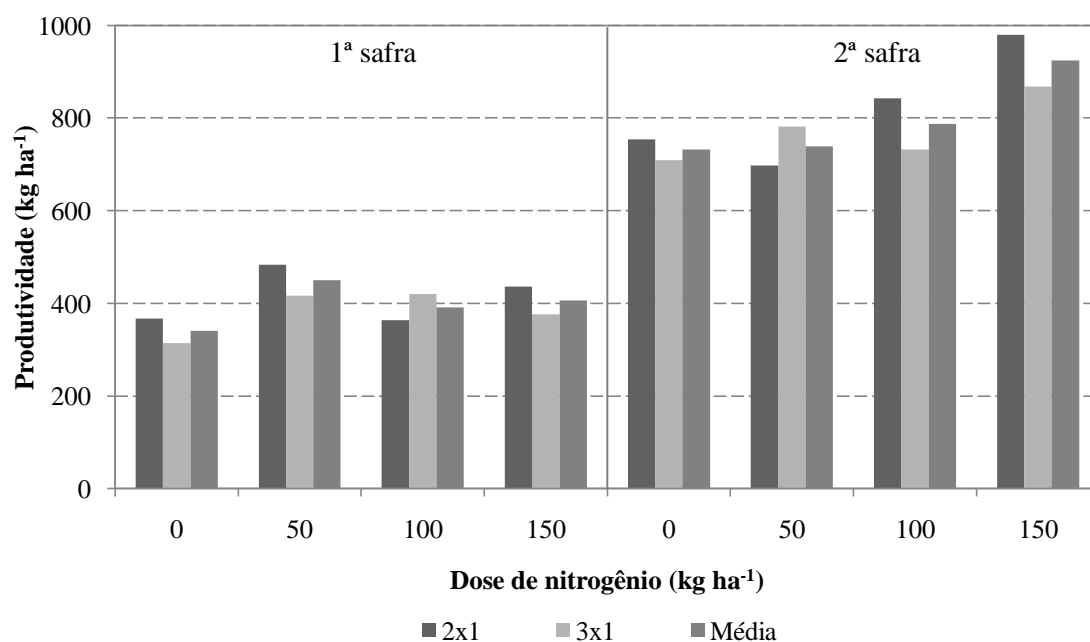


Figura 30. Produtividade de duas safras do pinhão manso, em função das doses de nitrogênio, submetido a dois espaçamentos.

Observou-se apenas na segunda safra o efeito significativo ($p = 0,0012$) do fator nitrogênio na produtividade. Na Figura 31 apresenta-se um polinômio de primeiro grau ($p = 0,09422$) para a produção em função da dose de nitrogênio.

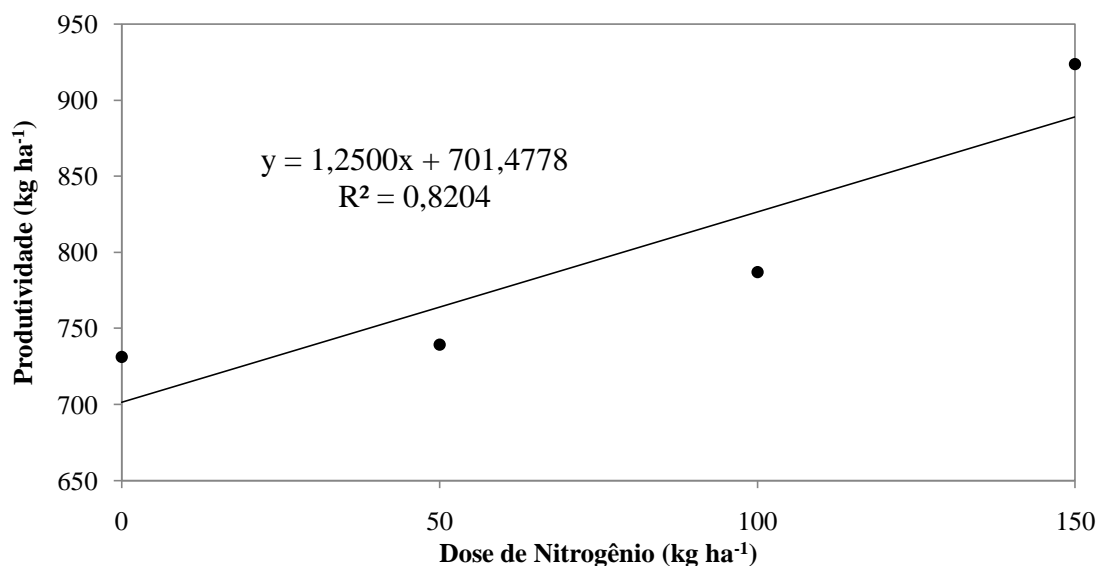


Figura 31. Estimativa da produtividade média (Y) em função das doses de nitrogênio (N), para a segunda safra.

O trabalho conduzido por Patolia et al. (2007), numa região semiárida da Índia, relata que o rendimento do pinhão manso diferiu significativamente devido à aplicação de nitrogênio e fósforo. Durante a primeira safra, o rendimento de sementes aumentou significativamente com o aumento da dose de nitrogênio até 30 kg ha^{-1} , enquanto que na segunda, os autores verificaram aumento correspondente até a dose de $45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. Incrementos superiores na dose de N, não foram capazes de provocar aumentos significativos na produtividade. As maiores produtividades encontradas foram $467,2$ e $427,3 \text{ kg ha}^{-1}$, para primeira e segunda safras, respectivamente.

Haja vista os resultados obtidos e a discussão feita sobre os mesmos, recomenda-se, para futuras pesquisas, testar outras diferentes de doses de nitrogênio e lâminas de irrigação, principalmente para que se conheça os seus efeitos no ambiente e não somente na produção. Além disso, os experimentos avaliando a produtividade do pinhão manso devem abranger um período de tempo maior, com maior número de safras, para que se tenha uma melhor estimativa desse parâmetro.

5.7. Eficiência do uso de água

As razões entre as produtividades obtidas em cada safra e a lâmina de água fornecida à cultura do pinhão manso em cada período originaram a eficiência de uso de

água (EUA), conforme apresentado na Figura 18, juntamente com a média. Para a primeira safra, a lâmina de água útil teve efeito significativo ($p < 0,0001$) sobre a EUA, enquanto que, para a segunda safra, tanto o fator lâmina de água útil ($p < 0,0001$) quanto o fator nitrogênio ($p = 0,0014$) proporcionaram efeito significativo na EUA. Não foi verificado em nenhuma das safras efeito significativo ($p = 0,4297$ e $p = 0,5389$) do espaçamento.

Tabela 9. Eficiência do uso de água, em g m^{-3} , do pinhão manso

Lu (mm)	Espaçamento							
	2 x 1				3 x 1			
	Dose de nitrogênio (kg ha^{-1})							
	0	50	100	150	0	50	100	150
	Primeira safra							
653	45,4	49,1	59,7	48,2	57,4	52,2	50,9	53,2
776	50,7	49,5	37,4	71,5	41,6	56,2	41,1	52,2
971	53,9	67,8	40,9	48,8	36,4	40,8	46,7	42,6
1.156	24,3	48,6	34,2	29,0	31,6	42,8	52,8	29,8
1.186	28,9	41,3	29,0	42,5	12,8	35,0	32,3	31,2
	Segunda safra							
367	198,9	210,4	247,0	267,6	200,3	226,0	185,1	216,5
448	158,0	120,3	177,6	255,0	164,2	179,6	168,0	186,0
580	130,9	122,1	117,8	129,8	120,3	119,0	131,3	169,1
677	118,7	98,1	133,6	141,3	102,0	112,4	119,6	131,0
679	112,9	118,0	135,7	156,9	101,1	120,8	96,2	123,8

Está apresentada na Figura 32 a estimativa da EUA em função da lâmina de água útil para a primeira safra e em função das lâminas e doses de nitrogênio para a segunda safra. É possível constatar, por meio dessa figura, que para a primeira safra a lâmina útil proporcionou efeito quadrático ($p = 0,0097$), sendo que a maior EUA corresponderia à menor lâmina aplicada (653 mm) ou seja, a precipitação foi o fator determinante para os resultados obtidos. Para a segunda safra também foi ajustado um polinômio de segundo grau ($p = 0,0003$) para descrever a influência da demanda hídrica na EUA, sendo a maior EUA encontrada para a menor lâmina aplicada (367 mm).

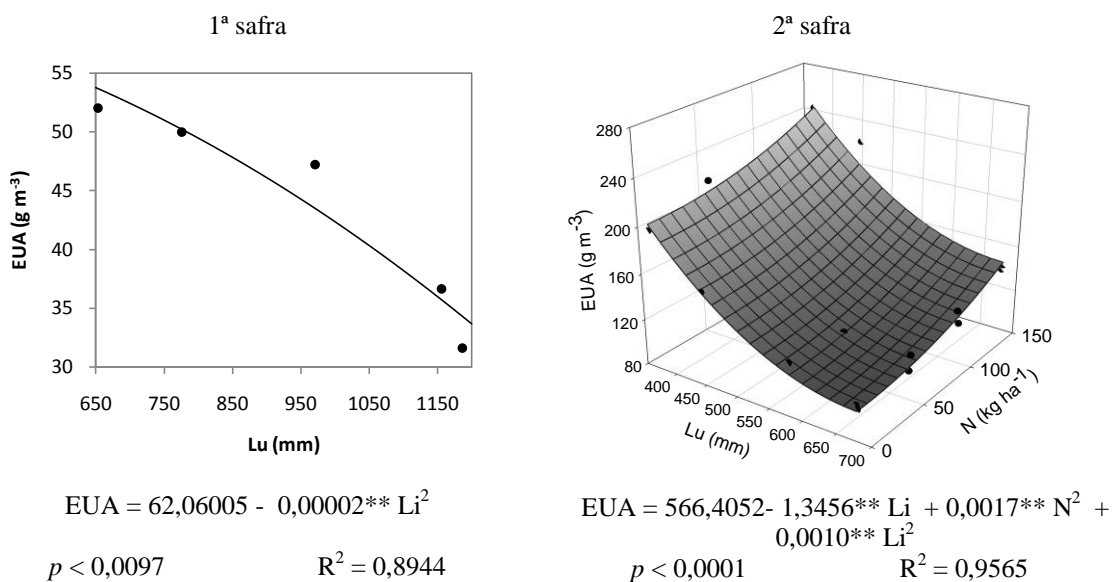


Figura 32. Estimativa da eficiência do uso de água do pinhão manso (EUA) em função de diferentes lâminas de água útil (Lu) e doses de nitrogênio, para a primeira e segunda safras.

Em consonância com os resultados aqui apresentados, Kheira e Atta (2009) indicam efeito significativo da irrigação na EUA do pinhão manso irrigado por microaspersão em solos arenosos do Egito. Os autores encontraram a maior EUA para aplicação de água referente a 100% da evapotranspiração da cultura, 440 g m^{-3} ; e o menor, 210 g m^{-3} , para 125% dessa referência. Nota-se que estes valores foram muito superiores aos aqui apresentados. Do ponto de vista fisiológico, os trabalhos de Achten et al. (2010) e Maes et al. (2009), avaliando a taxa de transpiração e a produção de biomassa, indicam que o pinhão manso é uma planta com potencial para grande eficiência de uso de água.

Com relação à adubação, verificou-se efeito quadrático ($p < 0,0001$) desse fator para a segunda safra, sem que se tenha atingido um valor máximo dentre os valores testados. Incrementos significantes na eficiência do uso de água, por influência do nitrogênio já foram observados em outros trabalhos, à exemplo do feijoeiro (CAVALCHE et al., 1997) e do meloeiro (BUZETTI et al., 1993).

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no cultivo do pinhão manso em Governador Valadares, e considerando as condições nas quais o experimento foi conduzido, foi possível concluir que a maior produtividade foi alcançada para uma lâmina de 971 mm, com 458,8 kg ha⁻¹ na primeira safra, e para 679 mm, com 819,6 kg ha⁻¹ na segunda safra. Em relação à adubação, a maior produtividade foi obtida com aplicação da dose de 50 kg ha⁻¹ N (449,7 kg ha⁻¹) na primeira safra, e para 150 kg ha⁻¹ N (923,7 kg ha⁻¹) na segunda safra. O espaçamento que proporcionou a maior produtividade foi 2x1 m, com valores de 412,5 kg ha⁻¹ na primeira safra e 818,2 kg ha⁻¹ na segunda.

O coeficiente de cultura (K_c) médio do pinhão manso foi de 0,41 para o estágio I (0 a 20 dias após transplante), 0,66 para o estágio II (21 a 90 dias) e 0,95 para o estágio III em diante (91 dias em diante). Para a primeira safra, a maior EUA (61,8 g m⁻³) foi encontrada para lâmina de 776 mm e 150 kg ha⁻¹ N. Para a segunda safra, a maior EUA (242,1 g m⁻³) foi para a aplicação de 367 mm e 150 kg ha⁻¹ N. Ambas as safras apresentaram efeito significativo das lâminas de irrigação na EUA, porém só a segunda apresentou efeito para as doses de nitrogênio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBATE, P. E.; DARDANELLI, J. L.; CANTARERO, M. G.; MATURANO, M.; MELCHIORI, R. J. M.; SUERO, E. E. Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat. **Crop Science**, Madison, 2004. v. 44, n. 2, p. 474-483.
- 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 Bioenergy**, 2010. v. 34, p. 667–676.
- ACHTEN, W. M. J.; VERCHOT, L.; FRANKEN, Y. J.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass Bioenergy**, 2008. v. 32, p. 1063–1084.
- ALBUQUERQUE, F. A.; CASTRO, N. H. A.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; SOUZA, S. L.; FREIRE, M. A. O.; SAMPAIO, L. R. Análise de crescimento inicial do *Jatropha curcas* L. em condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas Fibrosas**. Campina Grande: UFCG, 2009. v. 13, n. 3, p. 99-106.
- ALBUQUERQUE, F. A. de; OLIVEIRA, M. I. P. de.; LUCENA, A. M. A. de; BARTOLOMEU, C. R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento e Desenvolvimento do pinhão manso: 1º ano agrícola**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 21 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 197).
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310p. (Irrigation and drainage Paper, 56).
- ALMEIDA, F. T.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; MARIN, S. L. D.; GRIPPA, S. Economic analysis based on response function productivity versus depth water of papaya plant in the North of Rio de Janeiro State, Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 675-683, 2004.
- ANDRADE, T. M. ; SANTOS, H. O. ; SANTANA, U. A. ; BISPO, M.V.C ; SILVA-MANN, R. . Macronutrientes em mudas de *Jatropha curcas* L. In: V Congresso Brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 2008, Lavras. V Congresso Brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 2008.

- ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.
- ATLAS Digital das Águas de Minas; uma ferramenta para o planejamento e gestão de recursos hídricos. Coordenação técnica, direção e roteirização: Humberto Paulo Euclides. Belo Horizonte: RURALMINAS; Viçosa: UFV, [2005]. 1 CD-ROM + 1 manual (78p). ISBN 85-7601-082-8.
- AVELAR, R. C.; SILVA, F. M.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C. Avaliação do desenvolvimento de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) do Banco de Germoplasma de UFLA, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5.; CLÍNICA TECNOLÓGICA EM BIODIESEL, 2., 2008, Lavras. Biodiesel: tecnologia limpa: anais completos. Lavras: UFLA, 2008. p. 2796 - 2801.
- BEHERA, S. K.; SRIVASTAVA, P.; TRIPATHI, R. SINGH, J. P., SINGH, N. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass – a case study. **Biomass and Bioenergy**, 2010. v. 34. p. 30-41.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimentos de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2001. v. 36, n. 7, p. 949-956.
- BERNARDO, S., SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2005. 611p.
- BRASIL, Lei ordinária nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nº 9.478/97, 9.847/99 e 10.636/02; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Seção 1, p. 8.
- BUZETTI, S.; HERNANDEZ, F. B. T.; SÁ, M. E.; SUZUKI, M. A. Influência da adubação nitrogenada e potássica na eficiência do uso de água e na qualidade de frutos de melão. **Scientia Agricola**. Piracicaba, 1993. v. 50, n. 2, p. 419-426.

- CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C.; TORRES, A. C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1989a.
- CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C.; TORRES, A. C. Ajuste de funções não lineares de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n.1, p. 9-18, 1989b.
- CARVALHO, C. M.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; LIMA JÚNIOR, L. A.; AZEVEDO, B. M.; SOUSA, G. G. Crescimento inicial do pinhão manso irrigado submetido a diferentes níveis de adubação nitrogenada. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas energéticas, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 566-571.
- CALVACHE, A. M.; REICHARDT, K.; MALAVOLTA, E.; BACCHI, O. O. S. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161997000200019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 de julho de 2010.
- CARNIELLI, F. O combustível do futuro. **Boletim Informativo**, Belo Horizonte, v.29, n.1413, 2003. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bol1413/quarta.shtml>>. Acesso em: 26 julho de 2010.
- CEMIG - **COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS**. 2007. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br>>. Acesso em 23 de julho 2010.
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. 20.ed. Viçosa: Editora UFV, 1999. 359p.
- CHAVES, L. H. G.; CUNHA, T. H. C. S.; BARROS JUNIOR, G.; LACERDA, R. D.; DANTAS JUNIOR, E. E. Zinco e Cobre em pinhão manso. I. Crescimento Inicial da cultura. **Revista Caatinga**. Mossoró: UFERSA, 2009. v. 22. n. 3. P. 94 - 99.
- CHRISTOFIDIS, D. **O futuro da irrigação e a gestão das águas**, MISIH-DDH: Brasília, DF: 2008. 15p.
- COLETTI, A. J.; DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; DALCHIAVON, F. C.; SILVA, K. D. Produtividade inicial da cultura do pinhão manso em condições irrigadas e de sequeiro, na região de Tangará da Serra - MT. In: CONGRESSO INTERNO DE

- INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DO MATO GROSSO, 4., 2008, Cáceres. **Anais...** Cáceres: UNEMAT, 2008. p. 01-04.
- DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O.L.; DIAS, D.C.F.S.; CARVALHO, M.; MANFIO, C.E.; SANTOS, A.S.; SOUZA, L.C. A.; OLIVIERA, T.S.; PRETTI, L.A.. **Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa: UFV, 2007. 40 p.
- DNMET - DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas** (1961-1990). Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.
- DRUMOND, M.A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de; MARTINS, J. C. ANJOS, J. B. dos; EVANGELISTA, M. R. V. **Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no Semi árido pernambucano**. 2009. v. 40, n. 1 Disponível <http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n1/a402_cr1403.pdf> Acesso em: 20 de julho de 2010.
- DRUMMOND, M. A.; ANJOS, J. B.; MORGADO, L. B.; SOUZA, V. F.; FARIAS, G. A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento do pinhão manso em nossa senhora da Glória, SE. In: Congresso Internacional de agroenergia e biocombustíveis, 2005. Teresina. **Anais...** Teresina: CPMN, 2007. CD-ROM
- EULER, H.; GORRIZ, D. Case study “*Jatropha curcas*”. **Global Facilitation Unit for underutilized Species (GFU)**. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ): Frankfurt, Germany. 2004, 66 p.
- FIGUEIREDO, F. P.; OLIVEIRA, F. G.; MAIA, V. M.; COSTA, L. C. Influência da lâmina de irrigação sobre a eficiência energética, uso de água e produtividade da bananeira ‘Prata Anã’. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, 2005. v. 13, n. 1, p. 53-58.
- FISCHER, G.; SCHRATTENHOLZER, L. Global bioenergy potentials through 2050. **Biomass & Bioenergy**, Pergamon, v.20, n.3, p. 151-159, mar., 2001.
- FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. **Natural Resources Forum**. 2005; 29:12–24.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 21, n. 59, 2007. Disponível em:

- <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 de julho de 2010.
- HANKS, R. J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, n. 3, p. 426-429, 1976.
- HATFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. Managing Soils to Achieve Greater Water Use Efficiency: A Review. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 2, p. 271-280, 2001.
- HELLER, J. **Physic Nut: *Jatropha curcas* L.** Rome: International Genetic Resources Institute, 1996. 66 p.
- HENNING, R. K. **The *Jatropha* system.** 2006. Disponível em <<http://www.jatropha.de/>>. Acesso em 18 de agosto de 2010.
- ITENFISU, D.; ELLIOT, R. L.; ALLEN, R. G.; WALTER, I. A. Comparison of reference evapotranspiration calculations as a part of the ASCE standardization effort, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering (ASCE)**. 2003. v. 129. n.6. pp. 440–448.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Emissions Scenarios – IPCC Special Report.** IPCC Secretariat, WMO, Geneva, Switzerland, 2000.
- ISRIPH - Indian Society for Rural Initiatives for Promotion of Herbals. **About *Jatropha* plant.** 2007. Disponível em: <<http://www.Jatropha biodiesel.org/aboutjatrohaplant.php>>. Acesso em 18 de agosto de 2010.
- JONES, N.; MILLER, J. H. ***Jatropha curcas*: a multipurpose species for problematic sites.** Washington DC: The World Bank, Asia Technical Department, Agriculture Division, 1992. 26 p.
- JONES, O. R.; POPHAM, T. W. Cropping and tillage systems for dryland grain production in the southern High Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 2, p. 222-232, 1997.
- JONGSCHAAP, R. E. E.; CORRÉ, W. J.; BINDRABAN, P. S.; BRANDENBURG, W. A. Claims and facts on *Jatropha curcas* L. **Plant Research International.** Wageningen, The Netherlands: 2007. Report 158. 66p.

- KHEIRA, A. A. A.; ATTA, N. M. M. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit: yield, water use efficiency and oilseed characteristics. **Biomass and Bioenergy**, 2009. v. 33. p: 1343-1350.
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. London: Academic Press, 1995. 495 p.
- LEAL, D. P. V. **Desenvolvimento biométrico do pinhão manso submetido a diferentes sistemas e lâminas de irrigação**. 2010. 29 f. Monografia. UNIMONTES: Janaúba, 2010.
- LELE, S. **The cultivation of *Jatropha curcas***, 2006. Disponível em: <<http://www.svlele.com/jatrophaplant.htm>>. Acesso em: 08 de agosto de 2006.
- LIMA, F. Z. **Análise de eficiência do uso da radiação solar e da água pela cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), submetida a estresse de luz e água**. Viçosa: UFV, 2002. 125 p. Tese de Doutorado.
- LIMA, C. H. L.; ALMEIDA, H. J. S.; MEIRELES, F. H. S.; COSTA, M. G. da.; DOURADO, G. F.; SEREJO, J. S.; SALGADO, G. de M. Avaliação da produtividade do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) no primeiro ano de plantio no Estado do Maranhão. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007, Teresina. Energia de resultados. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007. Disponível em: <<http://www.cpamn.br/agroenergia/trabalhos/089.PDF>>. Acesso em: 18 agosto de 2010.
- MAES, M. H.; ACHTEN, W. M. J.; REUBENS, B.; SAMSON, R.; MUYS, B. Plant-water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. saplings under different levels of drought stress. **Journal of Arid Environments**, 2009 v.73, p: 877-84.
- MANTOVANI, E. C., BERNARDO, S., PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2009. 358p.
- MAKKAR, H. P. S.; ADERIBIGDE, A. O.; BECKER, K. Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. **Food Chemistry**. 1998. n. 62. p. 207–215.

- MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M. Consumo de água em três sistemas de cultivo de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2001. p. 64-68.
- MELLO, F. D. A.; CARGIN, A.; ALBRECHT, J. C.; VIEIRA, E. A.; SANTOS JÚNIOR, J. D. Crescimento e desenvolvimento inicial de procedências de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: IX Simpósio Nacional Cerrado. Brasília, 2008. Disponível em: <http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio%20em%20pc%2021%20%28Pc21%29/trabalhos_pdf/00545_trab1_ap.pdf>. Acesso em: 30 de junho de 2010.
- NIELSEN, D. C.; NELSON, N. O. Black Bean Sensitivity to Water Stress at Various Growth Stages. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 2, p. 422-427, 1998.
- OPENSHAW, K. A. review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass Bioenerg**, Pergamon, 2000, n. 19, p: 1–15.
- PATOLIA, J. S.; GHOSH, A.; CHIKARA, J.; CHAUDHARY, D. R.; PARMAR, D. R.; BHUVA, H. M. Response of *Jatropha curcas* grown on wasteland to N and P fertilization. In: FACT seminar on *Jatropha curcas* L. **Agronomy and Genetics**. Wageningen: FACT Foundation, 2007.
- PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284p.
- PEREIRA, P. S. X.; VENDRUSCOLO, M. C.; NIED, A. H.; DALLACORT, R.; COSTA, M. S. L. P. Crescimento da cultura do pinhão-manso em diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNEMAT, 4., 2008, Cáceres. **Anais...** Cáceres: UNEMAT, 2008. CD-ROM
- PRAKASH A. R.; PATOLIA, J. S.; CHIKAR, A. J., BORICHA, G. N. Floral biology and flowering behaviour of *Jatropha curcas*. In: FACT seminar on *Jatropha curcas* L. **Agronomy and genetics**. Wageningen, The Netherlands: FACT Foundation, 2007.
- PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O. A. **Pinhão manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7p.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991, 343p.
- RATHMANN, R.; BENEDETI, O.; PLÁ, J.A.; PADULA, A. D. Biodiesel: Uma Alternativa Estratégica na Matriz Energética Brasileira? In: II Seminário de Gestão de Negócios, 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UNIFAE, 2005. v. 1.

- REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.13, p.211-216, 1988.
- REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; OLIVEIRA, R. F.; PEREIRA, A. S. CO₂ and irrigation in relation to yield and water use of the bell pepper crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 7-12, 2003.
- RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science of American Journal**, Baltimore, v. 68, n. 1, p. 95-112, 1949.
- RIYADH, M. The cultivation of *Jatropha curcas* in Egypt. **Undersecretary of State for Forestation**. Egypt: Ministry of Agriculture and Land Reclamation, 2002.
- ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Christiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.
- SANTOS, C. M. dos. **Fenologia e capacidade fotossintética do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no estado de alagoas**. Rio Largo, 2008. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal e Proteção de Plantas). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas. 2008.
- SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão. **Informe Agropecuário**, v.26, n. 229, 2005, p. 44-78.
- SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARDOSO, A. A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 325-335, 2004.
- SILVEIRA, J. M. C.; VIEIRA, R. C. S.; DANIEL, L. A. Eficiência do uso da água no cultivo do tomate de mesa, sob irrigação por sulcos, em uma propriedade agrícola do município de Estiva Gerbi/SP. In: WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP: PERSPECTIVAS E PESQUISAS, 1., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2003. CDROM.
- SOARES, J. I.; COSTA, R. N. T.; SILVA, L. A. C.; GONDIM, R. S. Função de resposta da melancia aos níveis de água e adubação nitrogenada, no Vale do

- Curu, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 219-224, 2002.
- SOUZA, V. F.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; VIANA, T. V. A. Eficiência do uso da água pelo maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 302-306, 2005.
- SOUZA, V. F.; COÊLHO, E. F.; ANDRADE Jr., A. S.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 183-188, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820p.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)
- USDA - United States Department of Agriculture. **Jatropha curcas information from Germplasm Resources Information Network (GRIN)**. 2000. Disponível em: </http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?2 0692S>. Acesso em 30 de julho de 2010.