**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Produção do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da
adubação, de níveis de água e da seletividade de herbicidas**

Adilson Nunes da Silva

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia**

**Piracicaba
2010**

**Adilson Nunes da Silva
Engenheiro Agrônomo**

**Produção do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da
adubação, de níveis de água e da seletividade de herbicidas**

**Orientador:
Prof. Dr. KLAUS REICHARDT**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia**

**Piracicaba
2010**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Silva, Adilson Nunes da

Produção do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação, de níveis de água e da seletividade de herbicidas / Adilson Nunes da Silva. - - Piracicaba, 2010.
87 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Adubação 2. Água no solo 3. Fertilizantes NPK 4. Herbicidas 5. Irrigação 6. Pinhão manso - Produção I. Título

CDD 635.85
S586p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico

Aos meus pais, Antonio Nunes da Silva e Nadir Olívia da Silva, pela dedicação, apoio e amor em todos os momentos de minha vida;

Aos meus irmãos, Adriana Olívia da Silva e André Nunes da Silva, por estarem presentes mesmo ausentes me dando entusiasmo e amor em todos os momentos;

Aos meus sobrinhos Adriel Vicente e Andressa Mirela, que no futuro possam escolher e aproveitar do melhor que a vida tem a os oferecer; e

A todos os familiares e amigos que participaram da minha formação pessoal e profissional, contribuindo para que mais esta vitória fosse possível de se tornar realidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo milagre da vida;

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, Antonio e Nadir, e aos meus irmãos, André e Adriana;

Ao meu orientador, Klaus Reichardt, pela amizade, orientação, presença constante e apoio desde o primeiro contato;

À pesquisadora do IAC Lília Sichmann Heiffig-del Aguila pela co-orientação, apoio e amizade;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de aprendizado;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa no início do curso;

À secretária do programa de pós-graduação em Fitotecnia, Luciane Aparecida Lopes Toledo, pela atenção, amizade e solicitude em todos os momentos;

À secretária do programa de pós-graduação em Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Maria Solizete Granziol Silva, pela amizade e apoio dedicados;

Ao professor Ricardo Ferraz de Oliveira, pela confiança, apoio e acolhimento junto ao laboratório de Plantas Cultivadas Sob Condições de Estresse;

Ao amigo Ricardo Alves de Olinda, pelas análises estatísticas;

Aos amigos Roque Emmanuel da Costa de Pinho, pela correção do português; Luzimario Lima Pereira, Rogério Lorençoni, Leonardo Cirilo da Silva Soares, Rafael Pivotto Bortolotto, Ronaldo Kazuo Sakai, Letícia Grigolon Reis e Ana Carolina Ribeiro Dias, pelo apoio durante o desenvolvimento da pesquisa;

Ao professor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laboratório de Física do Solo, Osny O. S. Bacch e aos funcionários Robson Clayton Jacques Arthur (Robinho) e Sr. João Eduardo Pilotto (Dudu), pelo apoio, amizade e atenção;

Aos professores Durval Dourado Neto, Pedro Jacob Christoffoleti e Thiago Libório Romanelli, pelo conhecimento transmitido e pelos esclarecimentos prestados;

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal Aparecido Donizete Serrano, Helena Pescarin Chamma e Horst Bremer Neto, pelo apoio e atenção; e

Em especial, por todos os momentos de alegria e partilhas, aos amigos Adriana Maria Marques da Silva, Adrielle Aparecida Chiquitto, Ana Patricia Bastos Peixoto, Carlos Mário Donado Pestana, Cleucione Pessoa, Erik Nuñez, Francynês da Conceição Oliveira Macedo (Fran), Gabriel Silva Daneluzzi, Giovani Rossi, Isabele Bruno, Jaedson Claudio Anunciato Mota (Jajá), Karla Vilaça Martins, Leonardo Cirilo da Silva Soares, Letícia Grigolon Reis (Xeque-mate), Lucas Melo Vellame (Cocão), Luzimario Lima Pereira (Marujo), Matheus Donegá, Pedro Javier Mansilla Córdova, Rafael Pivotto Bortolotto (Gaúcho), Renata Araújo Simões, Ricardo Alves de Olinda, Rogério Lorençon, Ronaldo Kazuo Sakai, Roque Emmanuel da Costa de Pinho e Victor Meriguetti Pinto.

EPIÍGRAFE

“A percepção do desconhecido é a mais fascinante das experiências. O homem que não tem os olhos abertos para o misterioso passará pela vida sem ver nada”.

(Albert Einstein)

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	19
Referências	20
2 RESPOSTA DA CULTURA DE <i>Jatropha curcas</i> L. À ADUBAÇÃO NPK E DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA NO SOLO PARA A PRODUÇÃO DE BIOMASSA	23
Resumo	23
Abstract.....	23
2.1 Introdução.....	24
2.2 Desenvolvimento.....	26
2.2.1 Revisão Bibliográfica	26
2.2.1.1 Origem, distribuição e classificação botânica.....	26
2.2.1.2 Morfologia e características da planta	27
2.2.1.3 Propagação, reprodução e ciclo produtivo.....	28
2.2.1.4 Potencialidades da cultura	29
2.2.1.5 Pinhão manso e biodiesel	30
2.2.1.6 Fatores de clima, solo, adubação e irrigação	32
2.2.1.7 Balanço hídrico climatológico	33
2.2.1.8 Importância da adubação NPK para as plantas.....	34
2.2.2 Material e Métodos	35
2.2.2.1 Controle da irrigação	39
2.2.2.2 Características observadas na cultura do pinhão manso	40
2.2.2.3 Análises estatísticas	41
2.2.3 Resultados e Discussão	41
2.2.4 Conclusões	51
Referências	52
3 SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ E PÓS-EMERGENCIA NA CULTURA DO PINHÃO MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L.)	59
Resumo	59
Abstract.....	60
3.1 Introdução.....	60
3.2 Desenvolvimento.....	62
3.2.1 Revisão Bibliográfica	62
3.2.1.1 Herbicidas na cultura do pinhão manso	62
3.2.1.2 Características dos herbicidas testados.....	62
3.2.1.2.1 Clomazone	62
3.2.1.2.2 Bentazon	63
3.2.1.2.3 Flumioxazin.....	64
3.2.1.2.4 Lactofen	64
3.2.1.2.5 Metribuzin	65
3.2.1.2.6 S-metolachlor	65

3.2.1.2.7 Sulfentrazone	66
3.2.1.2.8 Trifloxysulfuron-sodium	66
3.2.2 Material e Métodos.....	67
• Experimento em condições de pré-emergência	67
• Experimento em condições de pós-emergência.....	69
3.2.3 Resultados e Discussão.....	72
• Experimento em pré-emergência	72
• Experimento em pós-emergência	79
3.2.4 Conclusões	84
Referências	85

RESUMO

Produção do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação, de níveis de água e da seletividade de herbicidas

O pinhão manso é uma oleaginosa que apresenta grande potencial para se tornar uma cultura rentável e capaz de ser utilizada na fabricação de biodiesel, porém faltam informações sobre práticas de cultivo, tais como sua nutrição mineral, irrigação e uso de herbicidas. O presente estudo foi realizado em três experimentos com os seguintes objetivos: a) avaliar o desempenho fisiológico e produtivo de plantas de pinhão manso em resposta a diferentes níveis de adubação NPK e diferentes lâminas de água no solo; e b) avaliar a seletividade de diferentes herbicidas nesta cultura e o comportamento das plantas em condições de pré e pós-emergência. Todos os experimentos foram desenvolvidos em condições de casa de vegetação em Piracicaba, SP, Brasil, empregando um delineamento experimental em blocos casualizados. No experimento em que se avaliou adubo e água, foram testados doze tratamentos com quatro repetições, constando de quatro níveis do fator dose de adubação NPK e três níveis do fator lâmina de irrigação. Foram avaliados: índice de velocidade de emergência (IVE); altura das plantas (AP); diâmetro de caule (DC); número de folhas por plantas (NF); presença de flores e frutos (PFL e PFR); matéria seca da parte aérea e da raiz (MSPA e MSR); área foliar (AF); número de ramificações por planta (NR). A produção da cultura foi maior quando o conteúdo de água no solo se aproximou da Capacidade de Campo e o desenvolvimento das plantas, em sua fase inicial, foi reduzido com o aumento das doses de adubo no solo devido a salinidade destes. Nos experimentos que visavam avaliar os herbicidas testaram-se em condições de pós-emergência (flumioxazin, bentazon, lactofen e trifloxusulfuron-sodium), com cinco repetições, e de pré-emergência (flumioxazin, clomazone, metribuzin, sulfentrazone e s-metolachlor), com oito repetições, foi avaliado o controle percentual, altura e diâmetro de caule das plantas; número de folhas e índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do herbicida (DAA) para o experimento em pós-emergência e aos 15, 30 e 60 DAA para o experimento em pré-emergência; massa seca residual aos 28 e 60 DAA para os experimentos em pós e em pré-emergência, respectivamente. As plantas tratadas com os herbicidas flumioxazin e s-metolachlor tiveram um comportamento similar às plantas testemunhas, então se pode considerar que estes herbicidas foram mais seletivos à cultura do pinhão manso, neste estudo, em condições de pré-emergência. Em condições de pós-emergência o herbicida bentazon foi o mais seletivo à cultura do pinhão manso, principalmente em relação às variáveis área foliar, matéria fresca e seca da parte aérea, que se igualaram com a testemunha. Para os herbicidas que causaram menores danos às plantas, são necessários estudos acerca de melhores dosagens, para que possam ser indicados ou não para a cultura em condições de campo; e em condições de pós-emergência, houve uma maior recuperação das injúrias nas plantas causadas pelos herbicidas em comparação com pré-emergência.

Palavras-chave: Oleaginosas; Adubação; Irrigação; Herbicidas

ABSTRACT

Production of jatropha (*Jatropha curcas* L.) as a function of fertilization, water levels and the selectivity of herbicides

The Jatropha is an oilseed crop that has great potential to become a cash crop and can be used to produce biodiesel, but lacks information on cultivation practices, such as its nutrition, irrigation and herbicide use. This study was conducted through three experiments with the following objectives: a) evaluate the physiological performance and productivity of jatropha plants in response to different levels of NPK and different irrigation water depths in the soil, and b) to evaluate the selectivity of herbicides by this crop and the behavior of plants in pre- and post-emergence. All experiments were conducted under greenhouse conditions in Piracicaba, SP, Brazil, using a randomized complete block design. In the experiment we evaluated fertilizer and water levels in twelve treatments with four replications and four levels of NPK and three levels of irrigation. We evaluated: emergency speed index (ESI), plant height (PH), stem diameter (SD), number of leaves per plant (NL), presence of flowers and fruits (PFL and PFR), dry matter of shoot and root (DMS and DMR), leaf area (LA), number of branches per plant (NB). Crop yield was higher when soil water content approached field capacity, and plant development was reduced in its initial phase with increasing doses of fertilizer due to soil salinity. In the experiments aiming to assess the herbicides, tests in post-emergence (flumioxazin, bentazon, lactofen and trifloxusulfuron-sodium) were made with five replicates, and in pre-emergence (flumioxazin, clomazone, metribuzin, sulfentrazone and s-metolachlor) eight replications. Measurements were made in percent of the control, of the height and diameter of the plant, leaf number and SPAD index (Soil Plant Analysis Development) at 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA) for the experiment in post-emergence, and 15, 30 and 60 DAA for the experiment in pre-emergence; residual dry matter at 28 and 60 DAA for the experiments in post and pre-emergence, respectively, height and diameter of plant, leaf number and SPAD index. Plants treated with the herbicides flumioxazin and s-metolachlor had a similar behavior to the control, so that we can consider that these herbicides were more selective for the cultivation of jatropha in the study of pre-emergence. In post-emergence the herbicide bentazon was the most selective, mainly in relation to the variables leaf area, fresh and dry weight of shoots, that were equal to the control. For herbicides that caused minor damage to plants, more studies are needed on doses, so that they can be recommended or not for the crop in the field, and in post-emergence, there was a greater recovery from the injuries caused in the plants by the herbicides as compared to pre-emergence application.

Keywords: Oily seed; Fertilization; Irrigation; Herbicides

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resumo da análise de variância por meio do teste F para as variáveis: altura de planta (AP), número de folhas por planta (NF), número de ramificações (NR) e diâmetro de caule (DC)42
- Tabela 2 – Resumo da análise de variância por meio do teste F para as variáveis: área foliar (AF), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e índice de velocidade de emergência (IVE)42
- Tabela 3 – Teste de comparação de médias para os tratamentos de lâmina de irrigação em relação as variáveis: área foliar (AF), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), índice de velocidade de emergência (IVE), diâmetro de caule (DC), número de ramificações (NR) e número de folhas por planta (NF)43
- Tabela 4 – Teste de comparação de médias para os tratamentos 0, 50, 75 e 100% de dose de adubação NPK em relação as variáveis: área foliar (AF), comprimento de raiz (CR), massa da matéria seca de parte aérea (MSPA), massa da matéria seca de raiz (MSR), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de ramificações (NR) e número de folhas por planta (NF)44
- Tabela 5 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável diâmetro de caule (DC)46
- Tabela 6 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável altura de planta (AP)46
- Tabela 7 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável comprimento de raiz (CR)47
- Tabela 8 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável número de folhas (NF)47
- Tabela 9 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável número de ramificações (NR)48
- Tabela 10 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável índice de velocidade de emergência (IVE)49
- Tabela 11 – Desdobramento dos tratamentos (lâmina de irrigação e dose de adubação NPK) dentro dos meses de avaliação, para a variável diâmetro de caule (DC)50

Tabela 12 – Desdobramento dos tratamentos (lâmina de irrigação e dose de adubação NPK) dentro dos meses de avaliação, para variável número de folhas (NF). Interação tripla.....	51
Tabela 13 – Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento de pré-emergência.....	68
Tabela 14 – Tratamentos herbicidas aplicados em condições de pré-emergência	68
Tabela 15 – Tratamentos herbicidas aplicados em condições de pós-emergência.....	71
Tabela 16 – Características do substrato utilizado no experimento de pós-emergência.....	71
Tabela 17 – Resumo da análise de variância por meio do teste <i>F</i> para as variáveis: Diâmetro de Caule (DC), Altura de Planta (AP), Índice spad (SPAD), Número de Folhas por Planta (NF), Porcentagem de controle (Controle) de plantas de pinhão manso em relação aos tratamentos com herbicidas em condições de pré-emergência	72
Tabela 18 – Teste de comparação de médias para as variáveis: Diâmetro de caule (DC), Altura de Planta (AP), Índice SPAD, Número de Folhas por Planta (NF) e porcentagem de Controle (Controle) em condições de pré-emergência.....	73
Tabela 19 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Altura de Plantas (AP), em condições de pré-emergência	74
Tabela 20 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para a variável Índice SPAD, em condições de pré-emergência.....	75
Tabela 21 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Número de Folhas por Planta, em condições de pré-emergência.....	75
Tabela 22 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Porcentagem de controle, em condições de pré-emergência.....	76
Tabela 23 – Resumo da análise de variância por meio do teste <i>F</i> para as variáveis: Área Foliar (AF), Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) em condições de pré-emergência	76
Tabela 24 – Teste de comparação de médias para as variáveis: Área foliar (IAF), Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) de Pinhão Manso em condições de pré-emergência.....	77
Tabela 25 – Resumo da análise de variância por meio do teste <i>F</i> para as variáveis: Diâmetro de Caule (DC), Altura de Planta (AP), Índice spad (SPAD), Número de Folhas por Planta (NF), Porcentagem de controle (Controle)	

de plantas de pinhão manso em relação aos tratamentos com herbicidas em condições de pós-emergência.....	79
Tabela 26 – Teste de comparação de médias para as variáveis: Diâmetro de caule (DC), Altura de Planta (AP), Índice SPAD, Número de Folhas por Planta (NF) e porcentagem de Controle em relação aos tratamentos em condições de pós-emergência	80
Tabela 27 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Altura de Plantas, em condições de pós-emergência.....	81
Tabela 28 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para a variável Índice SPAD, em condições de pós-emergência.....	81
Tabela 29 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Número de Folhas por Planta, em condições de pós-emergência	82
Tabela 30 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável porcentagem de Controle, em condições de pós-emergência.....	83
Tabela 31 – Resumo da análise de variância para as variáveis: Área Foliar (AF), Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) de plantas Pinhão Manso em condições de pós-emergência.....	84
Tabela 32 – Teste de comparação de médias para as variáveis: Área foliar (AF), Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) de Pinhão Manso em condições de pré-emergência.....	84

1 INTRODUÇÃO

A produção de biodiesel se mostra como uma importante alternativa à diversificação da matriz energética, sendo um combustível que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais, na medida em que gera emprego e renda, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa, além de aumentar as divisas do país (COSTA; HOESCHL, 2006).

Neste cenário, a discussão acerca do uso de biocombustíveis e a adoção de novas fontes de matéria-prima para sua produção é de extrema importância. No tocante à redução de emissões de gases de efeito estufa e à sustentabilidade ambiental, o biodiesel é um componente muito importante entre os biocombustíveis.

Com a implantação e a perspectiva de ampliação de consumo mundial de biodiesel, o Brasil destaca-se como potencial para produção de oleaginosas, pela extensão de sua área agricultável e potencial de irrigação. Embora existam inúmeras possibilidades de espécies oleaginosas para matéria-prima do biocombustível, a sua maioria necessita de pesquisas para maior aproveitamento do seu potencial produtivo. Entre as culturas que apresentam potencial de utilização para a produção de biocombustíveis, destaca-se a do pinhão manso, que tem como principal vantagem o longo ciclo produtivo, que pode chegar a 40 anos, com média de produtividade de 5 t ha^{-1} (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005; TEIXEIRA, 2005).

Para Purcino e Drummond (1986), o pinhão manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel. Além de perene e de fácil cultivo, apresenta boa conservação da semente colhida, podendo se tornar grande produtora de matéria-prima como fonte opcional de combustível. Para estes autores, esta é uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível, como acontece com a cultura da mamona, na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da região nordeste. Por se tratar de uma cultura perene, segundo Peixoto (1973), pode ser utilizado na conservação do solo, pois o cobre com uma camada de matéria seca, reduzindo, dessa forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta.

É uma espécie adaptada a regiões secas e com baixa fertilidade, porém para que se obtenha máxima produção é recomendado o plantio em solos férteis e com precipitação de no mínimo 600 mm por ano, pois abaixo dessa marca a planta paralisa seu crescimento, conseguindo sobreviver com apenas 200 mm por ano (SATURNINO et al., 2005).

Semelhante a outras culturas perenes, a interferência das plantas daninhas no período inicial de desenvolvimento das plantas de pinhão manso pode comprometer o crescimento e o desenvolvimento vegetativo, bem como a quantidade e a qualidade do óleo das sementes. Entre os métodos de controle das plantas daninhas, a utilização de herbicidas seletivos à cultura aplicados de forma dirigida na linha de plantio pode apresentar-se como excelente alternativa, considerando principalmente o controle das plantas invasoras em extensas áreas de plantio, a exemplo do que é utilizado em culturas como eucalipto, pínus e de várias frutíferas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005; SANTOS et al., 2006; GRAVENA et al., 2009).

Existem atualmente poucas informações sobre as recomendações técnicas de manejo para esta cultura, principalmente as referentes à adubação, à irrigação e ao controle de plantas daninhas. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivos avaliar o desempenho fisiológico e produtivo de plantas de pinhão manso *Jatropha curcas* L. em resposta a diferentes níveis de adubação NPK e diferentes lâminas de água no solo, e avaliar a seletividade de diferentes herbicidas à cultura do pinhão manso e o comportamento desta cultura em relação aos tratamentos em condições de pré e pós-emergência, com a finalidade de se conhecer princípios ativos passíveis de serem recomendados para a cultura em sua fase inicial.

Referências

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

COSTA, F.C. da; HOESCHL, H.C. **Gestão do conhecimento na cadeia produtiva de biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/rede.html>>. Acesso em: 14 jul. 2009.

GRAVENA, R.; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, P.L.; MAZZAFERA, P.; GRAVENA, A.R. Low glyphosate rates do not affect *Citrus limonia* (L.) Osbeck seedlings. **Pest Management Science**, Sussex, v. 65, n. 4, p. 420-425, 2009.

PEIXOTO, A.R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284 p.

PURCINO, A.A.C.; DRUMMOND, O.A. **Pinhão manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7 p.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Edição dos Autores, 2005. 592 p.

SANTOS, L.D.T.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; DUARTE, W.M.; TIBURCIO, R.A.S.; SANTOS, M.U. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 359-364, 2006.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44–78, 2005.

TEIXEIRA, L.C. Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 18-27, 2005.

2 RESPOSTA DA CULTURA DE *Jatropha curcas* L. À ADUBAÇÃO NPK E DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA NO SOLO PARA A PRODUÇÃO DE BIOMASSA

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho fisiológico e produtivo de plantas de pinhão manso *Jatropha curcas* L. em resposta a diferentes níveis de adubação NPK e diferentes lâminas de água no solo. O experimento foi desenvolvido em Piracicaba, SP, Brasil, em condições de casa de vegetação, com delineamento experimental em blocos casualizados, com doze tratamentos e quatro repetições, constando de quatro níveis do fator dose de adubação NPK e três níveis do fator lâmina de irrigação: T1 - manutenção de 100% da Capacidade de Água Disponível (CAD) e 0% de adubação NPK; T2 - 100% da CAD e 50% de adubação NPK; T3 - 100% da CAD e 75% de adubação NPK; T4 - 100% da CAD e 100% de adubação NPK; T5 - 75% da CAD e 0% de adubação NPK; T6 - 75% da CAD e 50% de adubação NPK; T7 - 75% da CAD e 75% de adubação NPK; T8 - 75% da CAD e 100% de adubação NPK; T9 - 50% da CAD e 0% de adubação NPK; T10 - 50% da CAD e 50% de adubação NPK, T11 - 50% da CAD e 75% de adubação NPK e T12 - 50% da CAD e 100% de adubação NPK. Para a determinação da CAD foi utilizado o método da câmara de pressão de Richards e para determinação das lâminas de água, o programa de Balanço Hídrico, segundo Thornthwaite e Mather (1955). Foram avaliados: índice de velocidade de emergência (IVE); altura das plântulas (AP); diâmetro de caule (DC); número de folhas por planta (NF); presença de flores e frutos (PFL e PFR); matéria seca de parte aérea e de raiz (MSPA e MSR); área foliar (AF); e número de ramificações (NR). Nestas condições, a cultura teve uma maior produção na presença de conteúdo de água próximo a CAD e teve desenvolvimento reduzido na relação déficit hídrico com maior dose de adubo NPK.

Palavras-chave: Balanço hídrico em vasos; Ambiente protegido; Nutrição mineral; Pinhão manso

Abstract

The aim of this study was to evaluate the physiological performance and productivity of the *Jatropha* plant *Jatropha curcas* L. in response to different levels of NPK and different irrigation water depths in the soil. The experiment was conducted in Piracicaba, SP, Brazil, under greenhouse conditions, using a randomized complete block design with twelve treatments and four replications, using four levels of NPK and three levels of irrigation: T1 - keeping 100% of the Available Water Capacity (AWC) and 0% NPK, T2 - 100% of AWC and 50% NPK, T3 - 100% of AWC and 75% NPK fertilizer; T4 - 100% of AWC and 100% NPK; T5 - 75% of AWC and 0% NPK, T6 - 75% of AWC and 50% NPK; T7 - 75% of AWC and 75% NPK, T8 - 75% of AWC and 100% NPK; T9 - 50% of AWC and 0% NPK; T10 - 50% of AWC and 50% NPK, T11 - 50% AWC and 75%

of NPK and T12 - 50% of AWC and 100% NPK. For the determination of the AWC, the method of the Richards pressure chamber was used, and to determine the irrigation water depth, we used the sequential water balance program, according to Thornthwaite and Mather (1955). We evaluated: emergency speed index (ESI), plant height (PH), stem diameter (SD), number of leaves per plant (NL), presence of flowers and fruits (PFL and PFR), Dry matter of shoot and root (DMS and DMR), leaf area (LA), number of branches per plant (NB). As expected, the crop had a higher yield in the presence of water content near to field capacity and reduced development under water deficit related to higher dose of NPK fertilizer.

Keywords: Water balance in pots; Protected environment; Mineral nutrition; Physic nut

2.1 Introdução

O pinhão manso é uma oleaginosa de origem tropical, produtora de óleo e bem adaptada a diversas regiões do Brasil, que tem sido incentivada nos últimos anos como uma alternativa para fornecimento de matéria-prima para fabricação de biodiesel. Adicionalmente à capacidade de produzir óleo vegetal, é tido como tolerante ao déficit hídrico para sobrevivência, e pode apresentar a capacidade de recuperação de áreas degradadas em função de suas raízes profundas, crescendo em solos de baixa fertilidade (TEIXEIRA, 2005).

Considerada como uma boa opção agrícola para áreas áridas, semi-áridas e na recuperação de áreas degradadas, sua produção promove a geração de lucro pela venda das sementes; é suprimento de energia, pois o óleo pode ser utilizado em motores e máquinas para a geração de eletricidade; e contribui para desenvolvimento rural, com o emprego da mão-de-obra familiar.

Embora seja uma espécie que sobrevive em condições de seca, adaptada à semi-aridez, exigente em calor e luminosidade, a garantia de produção deverá ser maior com irrigação e dosagem ideal de adubação. No entanto, pouco se conhece sobre a fisiologia desta planta; não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda necessitam de investigação como, por exemplo, a densidade ideal de plantas e a configuração de plantio (BELTRÃO, 2006), além da resposta desta cultura a adubação e irrigação.

O potencial produtivo do solo está na dependência do equilíbrio de diversos fatores. Esses fatores incluem os minerais básicos à nutrição da planta, a sua disponibilidade no solo, e a absorção e metabolização por parte do vegetal. A adubação bem conduzida possibilita ganhos significativos de produtividade na maioria das plantas cultivadas. É um fator de produção que pode ser manejado, porém precisa ser conduzida tecnicamente para evitar uso desnecessário de determinados nutrientes que podem em certos casos até reduzir a produtividade. O uso de fertilizantes com a finalidade de corrigir deficiências e manter o balanceamento de nutrientes presentes no solo deve ser ditado não apenas pela disponibilidade de elementos no solo e exigências da cultura, mas, também, pelo nível tecnológico empregado e pela rentabilidade da atividade (TÁVORA, 1982).

A irrigação deve repor ao solo a quantidade de água retirada pela cultura e o momento de se irrigar é aquele em que a disponibilidade de água no solo assume valor mínimo, abaixo do qual a planta começa a sentir os efeitos da restrição de água (TORMENA et al., 1999). A definição de quando irrigar pode ser feita por métodos que estabeleçam valores limites para variáveis de solo ou de planta (HOFFMAN et al., 1990; STEELE et al., 1997).

Em se tratando da produção de vegetais em vasos e em ambientes protegidos, percebe-se uma maior dificuldade na realização de estudos referentes ao consumo de água pelas culturas. As principais dificuldades em se trabalhar com resposta de plantas à irrigação em ambiente protegido são: alto custo de investimento (uso da tensiometria para realização do balanço hídrico (BH), em que é necessário grande número de tensiômetros); uso de lisímetros que também são onerosos e de difícil aquisição; e o emprego constante de mão-de-obra para realização de pesagens de vasos, no caso de realizar o BH com a comparação dos pesos destes com o uso de balança e a disponibilidade de balanças com precisão suficiente.

Existe a necessidade da criação de novas metodologias que possam reduzir os problemas e dificuldades da realização de trabalhos com BH em ambiente protegido, com o intuito de evitar pesagens de vasos muito grandes, em grande número e em espaços de tempo curtos e diminuir os custos na instalação e condução dos estudos.

Estudos sobre a resposta de plantas cultivadas a diferentes lâminas de irrigação e doses de adubo são de extrema importância para o estabelecimento de suas reais necessidades, podendo também proporcionar uma maior eficiência no consumo destes recursos contribuindo para a sustentabilidade do sistema. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta fisiológica produtiva de plantas de pinhão manso produzidas sob diferentes lâminas de água no solo e doses de adubação NPK.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Revisão Bibliográfica

2.2.1.1 Origem, distribuição e classificação botânica

A origem do pinhão manso ainda é bastante controversa. Entretanto, a maioria dos relatos e estudos cita as Américas do Sul e Central como centros de origem prováveis, sendo encontrada de forma espontânea em quase todas as regiões intertropicais, ocorrendo em maior escala nas regiões tropicais e em número bastante reduzido nas regiões temperadas (DUKE, 1983; HELLER, 1996; GUBITZ et al., 1999; SWOT, 2002; ARRUDA et al., 2004)

Segundo Openshaw (2000), a espécie está distribuída, principalmente, nas Américas, África e parte da Ásia; sendo largamente cultivada no México, Nicarágua, Tailândia e partes da Índia. No passado, o arquipélago de Cabo Verde foi importante produtor e exportador das sementes da espécie para Portugal. Atualmente, cultivos têm sido promovidos por organizações governamentais e não-governamentais no sul da África, Brasil, Mali e Nepal e em outros países através da iniciativa privada.

No Brasil, segundo Arruda et al. (2004) e Saturnino et al. (2005a), sua distribuição geográfica é bastante vasta, devido à sua rusticidade e resistência a longas estiagens, sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde a região Nordeste, Sudeste e até o estado do Paraná.

O pinhão manso pertence à Família: Euphorbiaceae, Tribo: Hippomaneae, SubTribo: Jatrophaeae, Gênero: *Jatropha*, Seção: Curcas, Espécie: *Jatropha curcas* L.. A

família Euphorbiaceae compreende aproximadamente 8000 espécies, com cerca de 320 gêneros. O gênero *Jatropha* contém aproximadamente 160 espécies de plantas herbáceas e arbustivas, das quais várias apresentam valor medicinal, ornamental e outras produzem óleo. A *Jatropha curcas* L., além de ser medicinal, também é produtora de óleo (SUJATHA; DHINGRA, 1993).

2.2.1.2 Morfologia e características da planta

É um arbusto suculento e caducifólio, com ramificações desde a base, de crescimento rápido, cuja altura normal é de dois a três metros, mas pode alcançar até cinco metros em condições especiais. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estendem até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer ferimento. Apresenta folhas simples, com disposições alternadas a subopostas. As folhas novas são de coloração vermelho-vinho, cobertas com lanugem branca, e à medida que se expandem tornam-se verdes, pálidas, brilhantes e glabras, com nervuras esbranquiçadas e salientes em sua face inferior. As inflorescências surgem junto com as folhas novas; as flores são de cores amarelo-esverdeadas, monóicas, unissexuais e produzidas na mesma inflorescência. Os frutos são do tipo cápsula trilocular e ficam carnudos e amarelados quando maduros. Estes são compostos de 53 a 62% de sementes (PEIXOTO, 1973; SATURNINO et al., 2005b).

O tronco ou fuste é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (SATURNINO et al., 2005b).

A semente do pinhão manso, que tem massa variando aproximadamente entre 0,5 e 0,8 g, é relativamente grande e, quando seca, mede de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura. Tem tegumento rijo, quebradiço, de fratura resinosa. Debaixo do involúcro da semente, há uma película branca cobrindo a amêndoa. Apresenta albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião, provido de dois largos cotilédones achatados. Estas podem ter em torno de 33 e 45% de cascas e 55 e 66%

de amêndoa. Aproximadamente, a amêndoa fornece entre 50 e 52% de óleo, extraído com solvente, e entre 25 e 30% em casos de extração por prensagem (ARRUDA et al., 2004; HAAS et al.; 2000; OPENSHAW, 2000; AKINTAYO, 2004; PEIXOTO, 1973).

2.2.1.3 Propagação, reprodução e ciclo produtivo

Embora seja mais tardia, a propagação via seminal apresenta vantagem de gerar indivíduos mais vigorosos e de maior longevidade, porém apresenta como desvantagem o fato de a espécie apresentar altos índices de polinização cruzada, o que determina elevada variabilidade genética nos cultivos seminais (NUNES, 2007).

Segundo Alves et al. (2008), o desenvolvimento das plântulas originadas de sementes ou de estacas é diferenciado. Por propagação vegetativa, utilizando-se estacas, obtém-se maior precocidade de produção e reproduzem-se com maior fidelidade as características da planta mãe, com menor desenvolvimento vegetativo inicial. Por outro lado, plantas estabelecidas a partir de sementes apresentam maior variabilidade em relação à planta mãe e são mais vigorosas, ainda que iniciem a produção mais tarde.

As sementes utilizadas na disseminação devem provir de plantas robustas e saudáveis, dotadas de boa produtividade. O sistema de propagação em viveiros é o mais adequado e deve ser recomendado, pois a planta, tendo melhores cuidados nos primeiros anos, irá adquirir maior resistência e possuir melhor conformação. As estacas utilizadas para a propagação por via vegetativa devem ser extraídas de matrizes de boa origem, de até 2 anos de idade, de galhos lenhosos, sendo que os ramos mais próximos da base são os melhores para o fornecimento de estacas, selecionando-se aquelas de casca lisa e brilhante, de 40 a 50 cm de comprimento. O início do ciclo produtivo depende das dimensões da estaca plantada e das condições de tratamentos culturais realizados, variando de 10 meses a 2 anos (ARAUJO, 2005).

A polinização do pinhão manso é entomófila e seus polinizadores são: formigas, abelhas, moscas e tripses (SOLOMON; EZRADANAM, 2002). A abertura antecipada das

flores pistiladas, em relação às estaminadas favorece a polinização cruzada do pinhão manso (HELLER, 1992).

De acordo com Santos et al. (2007), o florescimento do pinhão manso tende a responder ao período de chuva, assim como o crescimento e a reprodução são influenciados pelo estágio nutricional da planta. Ocorrendo a deficiência nutricional, a planta cresce menos e ramifica menos, isso implicará menos frutos, já que os mesmos são produzidos nas pontas dos ramos.

O pinhão manso é uma planta que responde a concentrações de potássio e fósforo, promovendo um crescimento inicial rápido. Quando plantado no princípio da estação chuvosa, o pinhão manso inicia a produção de frutos já no primeiro ano de cultivo, embora atinja o seu clímax produtivo a partir do quarto ano, com capacidade produtiva potencial por mais de 40 anos (TOMINAGA et al., 2007).

A semente do pinhão manso germina em poucos dias quando semeada e recebendo calor e umidade suficientes. As duas folhas cotiledonares logo se desenvolvem, e em seguida aparecem as folhas definitivas, lobadas. O caule começa a engrossar rapidamente, como um barril estreito, na sua parte superior, onde está o broto terminal da planta. Atingindo 15 a 20 cm de altura, a muda já tem também quase o mesmo comprimento de raiz pivotante. Na fase inicial, todavia, a muda é bastante delicada, não suportando condições de calor excessivo e falta de água. Insetos podem também atacá-la, principalmente a formiga saúva e os cupins. Adquirindo certo porte, todavia, a muda do pinhão manso é muito resistente (DRUMMOND et al., 1984).

Drummond et al. (1984) afirmam que a planta começa a produzir com sete a oito meses, dando plena carga aos dois a quatro anos. Essa produtividade vai depender, todavia, do regime de chuvas ou do conteúdo de água disponível e fertilidade do solo.

2.2.1.4 Potencialidades da cultura

Além de produzir óleo, o pinhão manso também pode ser utilizado para outros fins, tais como: em cercas vivas, já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; pode ser usado como suporte

para plantas trepadeiras como a baunilha (*Vanilla aromatica*), visto que o tronco possui casca lisa e macia; e atua como fixador de dunas na orla marítima (PEIXOTO, 1973).

O óleo não pode ser utilizado como lubrificante, devido à sua baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios, no entanto pesquisas levaram à conclusão de que esse óleo pode ser utilizado como combustível nos motores Diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com potência quase igual às conseguidas com a gasolina. Contudo, o consumo é evidentemente maior, devido à diferença dos poderes caloríficos (CORTESÃO, 1956).

Na medicina doméstica, aplica-se o látex da planta como cicatrizante, hemostático e também como purgante. As raízes são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são utilizadas para combater doenças de pele. São eficazes também contra o reumatismo e possuem poder anti-sifilítico. As sementes são utilizadas como purgativo, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando as ingerem em excesso, o que pode ser perigoso e até fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão a uma globulina, a curcasina e também ao ácido jatrópico de toxicidade igual ou superior à ricinina. A ingestão de uma única semente fresca pode causar tanto vômito quanto diarreia (PEIXOTO, 1973).

2.2.1.5 Pinhão manso e biodiesel

Com a crise do petróleo nos anos 70 do século passado, intensificaram-se os estudos sobre combustíveis alternativos aos derivados de petróleo, e houve uma conscientização do alto grau de poluição causado pelos combustíveis fósseis (petróleo e carvão mineral). Com isto, o uso de óleos vegetais para fins combustíveis reapareceu como uma das soluções imediatas frente a tal demanda, sendo o pinhão manso, considerado uma das mais promissoras fontes (SATURNINO et al., 2005a).

O Governo Federal do Brasil lançou em dezembro de 2004 o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), que estabeleceu, pela lei n. 11.097/2005, que a partir de janeiro de 2008 era obrigatória em todo o território nacional a mistura B2, ou seja, 2% de biodiesel e 98% de diesel de petróleo, devendo, em janeiro de 2013, essa obrigatoriedade passar para 5% (mistura B5). Esse cenário pode aumentar a produção

das oleaginosas vinculadas ao fornecimento de óleo para a cadeia produtiva do biodiesel e propiciar o avanço nas pesquisas com oleaginosas como fonte energética (GOMES, 2007).

Segundo Ackon e Ertel (2005), o óleo de pinhão manso reduz as emissões de CO₂, não emite gases de efeito estufa e contém enxofre em valores inexpressivos (não formando dióxido de enxofre que causa a chuva ácida), sendo, portanto, uma alternativa que atende aos fatores ambientais.

De acordo com Dange et al. (2006) e Sharma (2006), as vantagens especiais de *Jatropha* como matéria-prima para a produção de biodiesel são:

- É fonte de energia renovável;
- Promove o balanço de dióxido de carbono do ambiente;
- emite menos poluentes do que os combustíveis fósseis;
- Sua tecnologia simples de produção de combustível (processo de extração e de transesterificação);
- Possui conteúdo elevado do óleo nas sementes comparativamente a outras espécies com potencial para biodiesel;
- Sobrevive a várias condições de tempo devido à dormência de suas sementes;
- Pode se desenvolver em regiões semi-áridas e áridas;
- Tem um curto período para o início da produção;
- É uma planta perene, com espaçamento que possibilita o consórcio com outras plantas;
- Pode ser plantado como cerca viva em torno das plantações, com o benefício duplo de proteção e de otimização de renda;
- Auxilia o solo a reter a umidade e melhora as condições ambientais em ambiente estéril;
- Possui múltiplos usos: os resíduos da produção do biodiesel podem ser usados como fertilizantes orgânicos e os restos dos frutos depois da remoção das sementes podem substituir a lenha como combustível para cozinhar, preservando, desse modo, as árvores. Além disso, o óleo residual da torta, quando diluído em água pode se constituir em um biopesticida para pomares e jardins.

2.2.1.6 Fatores de clima, solo, adubação e irrigação

O pinhão manso é adaptável a uma ampla faixa climática, temperaturas entre 18 a 28,5 °C, altitudes do nível do mar a cerca de 1000 metros e precipitação média de 480 a 2380 mm (BELTRÃO; CARTAXO, 2006). É considerada uma cultura rústica, adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, que sobrevive bem em condições de solos marginais de baixa fertilidade natural (ARRUDA et al., 2004). No entanto, para se obter alta produtividade de frutos, a planta exige solos férteis e com boas condições físicas. Logo, a correção da acidez e da fertilidade do solo é decisiva para se obter sucesso e lucratividade nessa cultura (LAVIOLA; DIAS, 2008).

Maes et al. (2009) mapearam a distribuição natural da cultura do pinhão manso no México e América Central e observaram que a cultura não é comum nas regiões com clima árido e semi-árido e também não ocorre nas regiões onde a precipitação média é menor que 944 mm por ano. Estes autores concluem que a cultura necessita de condições climáticas que ofereçam precipitação média elevada e altas temperaturas (19,3 a 27,2 °C), e a temperatura mínima na faixa de 10,5 °C. Se a cultura for cultivada em regiões de clima seco e com baixas temperaturas, a produtividade será diminuída.

Luo et al. (2005) estudaram os efeitos causados pela baixa temperatura em mudas de pinhão manso e concluíram que temperaturas menores que 8 °C resultaram em grandes danos às plantas e temperaturas superiores a 12 °C não causaram prejuízos significativos, porém as mudas não resistiram a geadas.

Os resultados de pesquisas com a cultura do pinhão manso ainda são incipientes e preliminares (LAVIOLA; DIAS, 2008; SILVA et al., 2009). Com relação à adubação potássica nesta cultura, destacam-se os trabalhos de Gonçalves et al. (2007) e Evangelista et al. (2009), que não observaram efeitos significativos sobre as variáveis de crescimento da cultura; já Daniel et al. (2009) constataram redução na altura de ramos a partir da dose de 30 kg ha⁻¹ de K₂O. Entretanto, acredita-se que a planta responda bem à adubação potássica, uma vez que este é o terceiro elemento mais acumulado nas folhas e o segundo nos frutos desta cultura (LAVIOLA; DIAS, 2008).

Em condições de casa de vegetação, Silva et al. (2007) verificaram que a adubação nitrogenada e potássica aumentou o número de folhas e a produção de matéria seca da parte aérea das plantas. Produção máxima de caule e de raízes de plantas de pinhão manso foi constatada por Kurihara et al. (2006) com a aplicação de 282 e 271 mg dm⁻³ de fósforo, respectivamente. Quanto aos efeitos da adubação potássica no crescimento inicial do pinhão manso irrigado por gotejamento, nas condições do Sul de Minas Gerais, Oliveira et al. (2007) constataram que a aplicação de doses de KCl (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O), parceladas em 3 vezes, não influenciou o crescimento das plantas, até os 150 dias após o transplântio das mudas.

2.2.1.7 Balanço hídrico climatológico

Estudos sobre a resposta de plantas cultivadas a diferentes lâminas de irrigação são de extrema importância para o estabelecimento de suas reais necessidades, podendo também proporcionar uma maior eficiência no consumo deste recurso, contribuindo para a sustentabilidade do sistema. Para realização destas avaliações é necessária a utilização do balanço da água no solo ou no substrato em que são cultivados estes vegetais.

Burt (1999) salienta que o balanço hídrico (BH) é fundamental para a tomada de decisões racionais para o manejo e conservação da água. O BH é um sistema contábil de monitoramento da água do solo e resulta da aplicação do princípio de conservação de massa para a água num volume de solo (PEREIRA et al., 1997). Segundo esses autores, a variação do armazenamento, num intervalo de tempo, representa o balanço entre entradas e saídas de água do volume de controle. São basicamente seis os elementos de entrada: chuva, orvalho, escoamento superficial, drenagem lateral, ascensão capilar e irrigação, e quatro para as saídas: evapotranspiração, escoamento superficial, drenagem lateral e drenagem profunda.

A irrigação consiste na aplicação de água ao solo em quantidade e momento definidos, de maneira a suprir a necessidade das culturas (LIBARDI; SAAD, 1994). Para Barros e Hanks (1993), poucos estudos têm medido todos os componentes do balanço de água, principalmente quando se trabalha variando as lâminas de irrigação.

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. Para sua elaboração, é necessário se definir o armazenamento de água no solo (CAD – Capacidade de Água Disponível), ter a medida da chuva total incluindo a irrigação, e também a estimativa da evapotranspiração potencial em cada período. Com essas três informações básicas, o BHC permite deduzir a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico, e o total de água retida no solo em cada período (PEREIRA, 2005).

2.2.1.8 Importância da adubação NPK para as plantas

O nitrogênio é um macronutriente primário essencial às plantas em razão de participar da formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas. Sua deficiência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução no tamanho e, conseqüentemente, redução da produção econômica das sementes (MENGEL; KIRKBY, 1982).

O fósforo (P) é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, pois, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT et al., 2001).

O papel principal do potássio nas plantas é ativar enzimas, sendo que mais de 50 enzimas são dependentes do potássio para sua atividade normal. Em plantas deficientes em potássio, algumas mudanças químicas são observadas, como o acúmulo de carboidratos solúveis, decréscimo no nível de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis. A nutrição potássica também está ligada à regulação do

potencial osmótico das células das plantas e à expansão celular. A abertura e o fechamento dos estômatos dependem de um ótimo turgor celular e, para tal, o potássio é indispensável (FAQUIN, 1994). Tem-se atribuído também ao potássio a função de aumentar a tolerância das plantas à seca e à geada; verifica-se também que o potássio aumenta a resistência das plantas a algumas doenças e ao acamamento.

2.2.2 Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente à ESALQ/USP em Piracicaba, SP, Brasil com o delineamento experimental em blocos ao acaso com 2 fatores, constando de 3 níveis do fator lâmina de irrigação e 4 níveis do fator dose de adubação NPK, constituindo-se de 12 tratamentos com 4 repetições. Os tratamentos avaliados foram: T1 – manutenção de 100% da Capacidade de Água Disponível (CAD) e 0% de adubação NPK; T2 - 100% da CAD e 50% de adubação NPK; T3 - 100% da CAD e 75% de adubação NPK; T4 - 100% da CAD e 100% de adubação NPK; T5 - 75% da CAD e 0% de adubação NPK; T6 - 75% da CAD e 50% de adubação NPK; T7 - 75% da CAD e 75% de adubação NPK; T8 - 75% da CAD e 100% de adubação NPK; T9 - 50% da CAD e 0% de adubação NPK; T10 - 50% da CAD e 50% de adubação NPK; T11 - 50% da CAD e 75% de adubação NPK e T12 - 50% da CAD e 100% de adubação NPK.

Para a determinação da CAD foi utilizado o método da câmara de pressão de Richards e para determinação das lâminas de água, o programa de Balanço Hídrico, segundo Thornthwaite e Mather (1955) conforme descrito por Rolim et al.(1998).

A quantidade de adubo conforme a dosagem foi definida após análise do solo, as fontes de nutrientes utilizadas foram: uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, e a quantidade foi baseada em recomendações para a cultura da mamona. A adubação foi realizada no momento do plantio misturando-se os adubos com o substrato (solo + esterco) e colocando uma camada de substrato, sem mistura, sobre o que foi misturado o adubo químico, para evitar o contato direto das sementes com o adubo.

As análises química e granulométrica foram realizadas no laboratório do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP e a análise da capacidade de

retenção de água do “solo + esterco” foi realizada no laboratório de Física do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA/USP.

As plantas de pinhão manso foram propagadas por sementes, colocando-se 3 sementes por vaso, constituído por um tubo de PVC de 1,0 m de altura e 0,3 m de diâmetro, preenchido com “solo + esterco” na proporção de 1:1 juntamente com a mistura da adubação NPK ou não, no caso das testemunhas. Os vasos apresentavam uma área de $0,07065 \text{ m}^2$, com um volume de 70 litros cada; a densidade do substrato foi de 1000 g L^{-1} , com um peso seco de 70,65 kg; Capacidade de Campo: 25% (valor médio dos resultados às pressões de 0,1 e 0,33 atm, dados pela câmara de pressão de Richards). Segundo o resultado da análise granulométrica, o solo utilizado apresentava textura média argilosa, com 22 g kg^{-1} de silte, 702 g kg^{-1} de areia e 276 g kg^{-1} de argila. A semeadura foi realizada em 20 de julho de 2009 e as plantas foram avaliadas até 20 de março de 2010. A vista parcial, do experimento e do interior da casa de vegetação é apresentada na Figura 1, e, a vista das parcelas experimentais e da representação de um vaso é apresentada na Figura 2.

Figura 1 – Vista parcial do experimento e do interior da casa de vegetação, respectivamente

. Figura 2 – Vista parcial das parcelas experimentais e da representação de um vaso, respectivamente

A irrigação foi determinada conforme o tratamento em questão, quantificada a partir do tratamento 100% de lâmina de irrigação, pré-definida a partir da análise da umidade do solo θ ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e do potencial matricial da água h ($\text{cm H}_2\text{O}$) de amostras do “solo + esterco”, visando-se conhecer a capacidade de retenção de água do “solo + esterco” a ser utilizado. Com essa informação obteve-se o conhecimento da Capacidade de Água Disponível (CAD) do “solo + esterco” e se pode inserir este valor no programa de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955). A lâmina de água correspondente aos tratamentos foi estimada a partir do tratamento 100% da CAD = 140 mm, estimando assim 75% da CAD = 105 mm e 50% da CAD = 70 mm.

Em casa de vegetação, no início do experimento, antes da realização da semeadura, nos vasos com “solo + esterco”, foi adicionada água até que esta escoasse pela parte inferior de cada um e esperou-se três dias para que atingissem a Capacidade de Campo ou 100% da CAD. Passados três dias, iniciaram-se as medidas das temperaturas T ($^{\circ}\text{C}$) dentro da estufa, para serem inseridas no programa de BH de Thornthwaite e Mather (1955), e estimar as perdas por evapotranspiração. Para isso, foram criadas três planilhas no programa, cada uma correspondente a um tratamento. No início do estudo, utilizou-se a temperatura máxima do ar, pois houve um período de inverno, bastante frio. Passado este período, iniciou-se o uso da temperatura média.

Ver gráfico do BH no programa de BHC segundo Thornthwaite e Mather (1955), Figura 3 e Figura 4 com fotografia do termômetro utilizado.

Figura 3 - Gráfico do BH no programa de BHC segundo Thornthwaite e Mather (1955)

Figura 4 - Fotografia do termômetro utilizado

Por meio da inserção da temperatura no programa obteve-se o BH de cada tratamento, uma vez que este fornece a quantidade de água perdida por vaso e a necessidade de irrigação por tratamento. A irrigação foi realizada com o uso de uma

proveta milimetrada. A semeadura foi realizada quando os vasos estavam nas condições de 100, 75 e 50% da CAD.

Para a manutenção das mudas foram realizados os tratos culturais como controle fitossanitário e combate a plantas invasoras, conforme necessário.

2.2.2.1 Controle da irrigação

Os Tratamentos foram diferenciados em função dos percentuais de Armazenamento de Água (ARM), iguais a 100, 75 e 50%, considerando uma Capacidade de Água Disponível (CAD) igual a 140 mm com o solo à Capacidade de Campo.

Em média, o programa de BHC estimava uma perda de 14 mm de água para cada vaso (14 L m^{-2}). Como a área da seção dos vasos era de apenas $0,07065 \text{ m}^2$, o volume perdido variava em torno de 1 L.

O momento da irrigação era determinado, portanto, pela perda da massa de 1 kg (1 litro de água) dos valores iniciais de cada vaso, estimado pelas planilhas de Balanço Hídrico climatológico em mm, conforme os itens abaixo:

- Tratamentos com 100% da CAD:

Massa inicial do vaso na CAD = 88,3 kg correspondendo a um armazenamento (ARM) de 140 mm. Após a perda de 14 mm (ARM = 126 mm) se procedia a irrigação;

- Tratamentos com 75% da CAD:

Massa inicial = 85,8 kg correspondendo a um ARM de 105 mm, valor estimado para o tratamento de 75% da CAD. Após a perda de 14 mm (ARM = 91 mm) se procedia a irrigação;

- Tratamentos com 50% da CAD:

Massa inicial = 83,3 kg correspondendo a um ARM de 70 mm, valor estimado para o tratamento de 50% da CAD (ARM = 70 mm), valor estimado de 50% da CAD. Após a perda de 14 mm (ARM = 56 mm) se procedia a irrigação.

2.2.2.2 Características observadas na cultura do pinhão manso

- Altura de Plantas (AP): obtida medindo-se a planta com uma trena em cm, desde o nível do substrato até a gema apical, a cada 30 dias, até 210 dias da semeadura.
- Diâmetro de Caule (DC): obtido medindo-se a planta rente ao substrato, com um paquímetro digital em, a cada 30 dias, até 210 dias da semeadura.
- Número de folhas por plantas (NF): obtido mediante contagem a cada 30 dias, até 210 dias da semeadura.
- Presença de flores e frutos (PFL e PFR): obtido mediante observação a cada 30 dias, até 240 dias da semeadura.
- Número de Ramificações (NR): obtido a partir da contagem do número de ramificações até 210 dias da semeadura.
- Monitoramento climático e fenológico: embora não seja uma variável estatística propriamente dita, tanto os principais elementos de clima ocorrentes na área experimental, como os principais estádios de desenvolvimento do pinhão manso, foram monitorados sistematicamente.
- Índice de velocidade de emergência (IVE): Os dados foram calculados segundo a metodologia citada por Popinigis (1977), onde o IVE é determinado através da contagem diária do número de plântulas emergidas, sendo esse número dividido pelo número de dias transcorridos da data de semeadura. O total desses valores somados é considerado o índice de velocidade de emergência, conforme eq. (1):

$$IVE = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn} \quad (1)$$

Onde: IVE = índice de velocidade de emergência de plântulas; N = número de plântulas emergidas e computadas da primeira à última contagem; D = número de dias da semeadura da primeira à última contagem.

- Área foliar (AF): obtida pela destruição da planta no oitavo mês após a semeadura, na desmontagem do experimento, em que as folhas de cada planta separadamente foram avaliadas em medidor de área foliar Li-cor, dando a medida em m² de folha por planta.

- Comprimento de raiz (CR): obtida pela medição do sistema radicular com auxílio de trena em cm, no final do experimento aos 240 dias após semeadura.
- Matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca de raiz (MSR): Aos 240 dias da semeadura, as plantas foram retiradas dos vasos, lavadas, escorridas, sendo separados parte aérea e raiz. Estes materiais foram acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C, por 96 horas e, quando atingiram pesos constantes, foram pesados, em gramas, em balança eletrônica de precisão.

2.2.2.3 Análises estatísticas

Foram verificados os pressupostos da ANOVA por meio da família de transformação ótima de Box-Cox (1964) e o teste Hartley (1950) foi aplicado para verificar a homogeneidade de variâncias.

Uma vez verificado os pressupostos da ANOVA, aplicou-se o teste F ($p < 0,05$) para verificar possíveis diferenças entre os fatores e a interação entre eles. Aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS® (SAS/STAT, 2003).

2.2.3 Resultados e Discussão

Houve diferença significativa em relação ao fator mês de avaliação para as variáveis AP, NF, DC e NR, o que já era esperado, pois com o passar do tempo as variáveis foram se diferenciando devido ao desenvolvimento e ao crescimento das plantas. Em relação ao fator água (lâmina de irrigação) com exceção de NR, todas as outras variáveis diferiram estatisticamente. Na interação do fatorial mês de avaliação e lâmina de irrigação somente houve diferença significativa para AP. Já no fator adubo (dose de adubação NPK) houve diferença significativa para todas essas variáveis analisadas, ou seja, pelo menos um dos tratamentos causou diferença significativa nas variáveis. No fatorial mês de avaliação e dose de adubação NPK somente houve diferença significativa para AP e DC.

Houve diferença significativa para todas essas variáveis na interação água e adubo. E na interação meses de avaliação com água e adubo os tratamentos causaram diferença significativa somente em NF e DC, com isso foi necessária a realização do desdobramento dessa interação para estas variáveis (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância por meio do teste F para as variáveis: altura de planta (AP), número de folhas por planta (NF), número de ramificações (NR) e diâmetro de caule (DC)

Fatores	Estatística F			
	AP	NF	NR	DC
Bloco	6,66*	3,04*	1,21ns	2,38ns
Mês	1525,12*	622,80*	236,86*	547,84*
Água	104,02*	37,36*	1,63ns	61,13*
Adubo	34,95*	3,00*	8,37*	15,92*
Mês x adubo	2,51*	1,32ns	1,37ns	3,07*
Mês x água	2,16*	1,85ns	1,01ns	1,46ns
Água x adubo	7,90*	3,69*	3,98*	10,76*
Mês x água x adubo	0,84ns	2,22*	1,08ns	1,53*
CV(%)	5,42	9,33	22,18	7,34

*Significativo e ns não significativo ($p < 0,05$)

O fator água (lâmina de irrigação) proporcionou diferença significativa para todas as variáveis. Houve diferença significativa somente para MSR e IVE em relação ao fator adubo (dose de adubação NPK). E apenas CR e IVE foram influenciados pelo fatorial água x adubo (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância por meio do teste F para as variáveis: área foliar (AF), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e índice de velocidade de emergência (IVE)

Fatores	Estatística F				
	AF	CR	MSPA	MSR	IVE
Bloco	2,69ns	7,11*	4,22*	0,77ns	0,86ns
Água	30,09*	17,29*	51,49*	64,21*	505,29*
Adubo	0,39ns	0,40ns	1,24ns	6,10*	291,55*
Água x adubo	0,53 ns	2,86*	1,26ns	0,72ns	27,63*
CV(%)	12,46	13,33	13,78	4,83	4,66

*Significativo e ns não significativo ($p < 0,05$)

O tratamento 100% de lâmina de irrigação foi o que proporcionou as maiores médias para as variáveis AF, CR, MSPA, MSR, IVE, AP, DC, NR e NF, causando diferença significativa para a maioria destas, com exceção do CR, que não se diferenciou em relação ao tratamento de 75% de lâmina de irrigação, e do NR que não diferiu para nenhum dos três tratamentos de lâmina de irrigação. A expressão do NR não foi influenciada pela quantidade de água no solo (Tabela 3).

Tabela 3 – Teste de comparação de médias para os tratamentos de lâmina de irrigação em relação as variáveis: área foliar (AF), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), índice de velocidade de emergência (IVE), diâmetro de caule (DC), número de ramificações (NR) e número de folhas por planta (NF)

Água (%)	Variáveis								
	AF	CR	MSPA	MSR	IVE	AP	DC	NR	NF
50	12569,80 c	65,67 b	216,43 c	1,76 c	0,0862 c	12,02 c	7,80 c	0,632a	5,46 c
75	14804,60 b	81,75 a	282,12 b	1,95 b	0,0998 b	13,19 b	8,39 b	0,627 a	5,81 b
100	17874,10 a	86,94 a	368,21 a	2,15 a	0,1412 a	14,00 a	8,91 a	0,670 a	6,26 a

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem ($p < 0,05$)

O pinhão manso é uma cultura que necessita de maior quantidade de água disponível no solo para que possa ter uma maior produtividade, pois na maioria das variáveis com a diminuição da lâmina de irrigação também houve o decréscimo na produção.

Analisando as médias do IVE, percebe-se que as sementes levaram um menor período para formar plântulas e para que estas emergissem no solo com os tratamentos de 100% de lâmina de irrigação em comparação com os demais. Por esse motivo também a produção final das plantas de pinhão manso sob lâmina 100% de irrigação foi maior, pelo fato de terem se desenvolvido em menor tempo do que aquelas submetidas a lâminas inferiores de água.

Quanto maior o valor do IVE menos tempo as sementes levaram para formar plântulas e emergirem no solo. Esse é um fator importantíssimo para se conseguir um stand desejável em condições de campo (BRASIL, 1992).

Os tratamentos de dose de adubação NPK não causaram diferença significativa para AF, CR e MSPA, estas variáveis independeram da dose de adubo para se

expressarem. Em relação ao MSR, IVE, AP e DC os tratamentos com menores doses juntamente com a testemunha, 0% de adubação, foram os que proporcionaram as maiores médias (Tabela 4).

Tabela 4 – Teste de comparação de médias para os tratamentos 0, 50, 75 e 100% de dose de adubação NPK em relação as variáveis: área foliar (AF), comprimento de raiz (CR), massa da matéria seca de parte aérea (MSPA), massa da matéria seca de raiz (MSR), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de ramificações (NR) e número de folhas por planta (NF)

Adubo (%)	Variáveis								
	AF	CR	MSPA	MSR	IVE	AP	DC	NR	NF
0	14997,00 a	79,00 a	312,85 a	2,049 a	0,146 a	13,84 a	8,75 a	0,573 b	5,84 ab
50	15434,40 a	80,08 a	287,08 a	1,993 ab	0,107 b	12,96 b	8,40 b	0,690 a	6,01 a
75	14762,20 a	75,67 a	286,67 a	1,891 b	0,097 c	13,00 b	8,37 b	0,659 a	5,74 b
100	15333,00 a	78,82 a	269,67 a	1,903 b	0,088 d	12,56 c	7,98 c	0,653 a	5,79ab

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem ($p < 0,05$)

O pinhão manso respondeu negativamente à adubação química em sua fase de formação de mudas por sementes, por ser uma cultura que não tolera altos níveis de salinidade no solo na sua fase inicial de desenvolvimento. O maior desenvolvimento das plantas sob doses inferiores de adubo, ou sob sua ausência, está relacionado também ao IVE, pois nessas condições as plântulas emergiram em um menor período fazendo com que o seu desenvolvimento fosse superior ao das que necessitaram de maiores períodos para emergirem no solo. Este fato pode ser relacionado com o que foi observado na análise de lâminas de água. A cultura necessitou de maiores quantidades de água e menores quantidades de adubo no seu período inicial de desenvolvimento.

A germinação rápida e uniforme das sementes, seguida por pronta emergência das plântulas, são características altamente desejáveis na formação de mudas, pois quanto mais tempo a plântula demora em emergir do solo e permanecer nos estádios iniciais de desenvolvimento, mais vulnerável estará às condições adversas do meio (MARTINS et al., 2009).

Em pesquisas realizadas com o pinhão manso submetido a níveis crescentes de salinidade na água de irrigação, em casa de vegetação, na fase inicial de crescimento, constatou-se que sua altura foi afetada pela condutividade elétrica da água; nas plantas

irrigadas com águas de condutividade elétrica de 0,06 e 4,20 dS m⁻¹, constatou-se redução da altura da planta de 19,7 para 13,3 cm (VALE et al., 2006). Nery et al. (2009), constaram sobre o crescimento inicial do pinhão manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido, que houve uma redução da área foliar de 33,69, 36,16, 42,79, 44,59 e 42,58% entre as concentrações de 0,60 dS m⁻¹ e 3,00 dS m⁻¹ aos 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura, respectivamente.

A vista parcial do experimento em a diferença na altura das plantas em relação aos tratamentos, entre agosto de 2009 e março de 2010, pode ser observada na Figura 6, onde os tratamentos com 50% de lâmina de irrigação são representados pela cor vermelha, os com 75% de água pela cor amarela e os com 100% água pela cor verde.

Figura 5 - Vista parcial do experimento em agosto de 2009 e em março de 2010, respectivamente

Na lâmina de irrigação de 50% em relação as doses de adubação NPK as maiores médias observadas para a variável DC foram causadas pelas doses de 0 e 75% de adubação, a menor média foi na dose 100% de adubação. Na análise da lâmina de 75% de água, percebe-se que não houve diferença significativa para esta variável e que nesta lâmina a variável DC não dependeu da dose de adubação para se expressar. A menor média observada foi na dose 100% de adubo.

A lâmina de 100% de irrigação proporcionou a maior média para DC. Para a dose de 50% de adubo NPK, esse resultado se repetiu, em relação a dose de 100% de adubação. A lâmina de 50% de água proporcionou a menor média (Tabela 5).

Tabela 5 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável diâmetro de caule (DC)

Adubo (%)	Água (%)		
	50	75	100
0	8,476 aB	8,255 aB	9,169 aA
50	7,555 bC	8,256 aB	8,962 aA
75	8,096 abA	8,228 aA	8,596 abA
100	6,927 cB	8,489 aA	8,338 bA

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem ($p < 0,05$)

A testemunha (0% de adubo) proporcionou os maiores valores para a variável AP na maioria das lâminas de irrigação.

Pela combinação das lâminas de água em relação às doses de adubação NPK, observa-se que os tratamentos com 100% de água proporcionaram os maiores valores para a maioria das interações com as lâminas de adubação em relação a esta variável (Tabela 6).

Tabela 6 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável altura de planta (AP)

Adubo (%)	Água (%)		
	50	75	100
0	13,122 aB	13,360 aB	14,017 aA
50	11,238 bC	12,574 bB	13,732 abA
75	11,772 bB	12,663 abA	13,286 bA
100	11,346 bB	12,915 abA	12,686 bA

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem ($p < 0,05$)

Não houve influência da interação entre as doses de adubo com as lâminas de irrigação em relação a variável CR para a maioria dos fatoriais com doses de adubo. Este mesmo resultado se repetiu quando se variou a lâmina de irrigação deixando as doses fixas. O comprimento de raiz foi pouco influenciado pelos tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável comprimento de raiz (CR)

Adubo (%)	Água (%)		
	50	75	100
0	77,50 aA	73,00 aA	84,50 aA
50	71,50 abA	83,50 aAB	85,25 aA
75	52,25 bB	83,50 aA	91,25 aA
100	61,16 abA	87,00 aA	84,50 aA

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem ($p < 0,05$)

Somente causou diferença significativa na variável NF a lâmina de 100% de água em relação às doses de adubação NPK, e a dose 100% de adubo proporcionou a menor média para esta variável (Tabela 8).

Tabela 8 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável número de folhas (NF)

Adubo (%)	Água (%)		
	50	75	100
0	5,643 aA	5,575 aA	6,097 abA
50	5,538 aB	5,669 aB	6,471 aA
75	5,083 aB	5,802 aA	5,979 abA
100	5,371 aA	5,843 aA	5,903 bA

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem ($p < 0,05$).

Silva (2004), aos 60 dias após a semeadura (DAS), em estudos com cultivares de mamoneira, e Correia (2005), aos 105 DAS, com cultivares de amendoim, verificaram redução linear do número de folhas, com decréscimos na ordem de 8,0%, por incremento unitário da salinidade da água de irrigação.

Somente houve diferença significativa para a variável NR na relação dose de 50% de adubo com lâminas de irrigação, em que a lâmina de 100% proporcionou a média mais alta, e na relação de 75% de adubo e lâminas, em que a lâmina de 50% proporcionou a menor média.

As lâminas de água fixas somente proporcionaram diferença significativa nas variáveis no fatorial de 100% de água em relação as doses de adubo, em que a dose de 0% de adubação causou diferença na variável em relação às, demais apresentando o menor valor.

Na análise das doses de adubação fixas e variando as lâminas de irrigação, houve diferença para a relação de 100% de adubo com todas as lâminas, em que a lâmina de irrigação 50% causou diferença das demais proporcionando a menor média para esta variável (Tabela 9).

Tabela 9 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável número de ramificações (NR)

Adubo (%)	Água (%)		
	50	75	100
0	0,622 aA	0,559 aA	0,497 bA
50	0,665 aA	0,649 aA	0,709 aA
75	0,638 aA	0,615 aA	0,685 aA
100	0,570 aB	0,645 aA	0,719 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem ($p < 0,05$).

A dose de 0% de adubação NPK ocasionou a maior média e as demais não causaram diferenças significativas para a variável IVE. Esse mesmo resultado foi observado para a lâmina de 75% de água. Já para a lâmina de 100% de água, percebe-se a formação de quatro grupos, sendo que com o aumento da dose de adubação a média diminuiu. O pinhão manso é sensível à salinidade e o IVE foi bastante influenciado pela presença do adubo na solução do solo.

Para a relação das lâminas de água com as doses de adubação de 0, 50, 75 e 100% fixas, todas as relações a lâmina de água 50% foi a que proporcionou a menor média e a de 100% de água a maior média (Tabela 10). Esta é uma cultura que necessita de maior conteúdo de água no solo para poder germinar e emergir em um período desejável. Ou seja, o conteúdo de água deve se manter próximo ao da Capacidade de Campo para que a cultura possa melhor expressar seu potencial.

Tabela 10 – Desdobramento dos fatores lâmina de irrigação e dose de adubação NPK para variável índice de velocidade de emergência (IVE)

Adubo (%)	Água (%)		
	50	75	100
0	0,113 aC	0,129 aB	0,205 aA
50	0,081 bC	0,099 bB	0,140 bA
75	0,081 bB	0,091 bB	0,125 cA
100	0,070 bC	0,087 bB	0,106 dA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem ($p < 0,05$).

No primeiro mês de avaliação as testemunhas de adubo (0% de adubação) não causaram diferença significativa entre si para a variável DC, isso foi observado para os tratamentos T1, T5 e T9, porém somente T1 proporcionou diferenças na variável em relação aos demais fatoriais proporcionando a maior média. No segundo mês de avaliação, somente o tratamento T12 causou diferença dos demais proporcionando a menor média para DC.

No terceiro mês, de avaliação não houve diferença significativa nesta variável proporcionada por T1, T2 e T3 e estes causaram diferenças na variável em relação aos tratamentos T10 e T12. No quarto mês, entretanto, foi observada diferença na variável ocasionada por T1 e T2 em relação a T10, T11 e T12. No quinto e no sexto mês de avaliação, o tratamento T2 causou diferença em relação a T5, T10, T11 e T12, os quais apresentaram médias inferiores (Tabela 11).

Tabela 11 – Desdobramento dos tratamentos (lâmina de irrigação e dose de adubação NPK) dentro dos meses de avaliação, para a variável diâmetro de caule (DC)

Tratamentos	Meses					
	1	2	3	4	5	6
1	21,813 a	33,448 a	42,145 a	46,388 a	50,430 a	50,710 ab
2	15,043 ab	32,233 a	42,518 a	45,983 a	48,859 ab	53,315 a
3	9,805 b	28,763 a	43,798 a	44,533 ab	50,130 a	51,915 ab
4	8,708 b	27,318 a	39,518 ab	41,620 ab	46,823 ab	50,667 ab
5	16,520 ab	30,330 a	36,138 ab	40,460 ab	42,515 ab	43,470 b
6	11,028 b	30,308 a	37,738 ab	41,403 ab	44,848 ab	47,385 ab
7	9,753 b	27,028 a	37,738 ab	40,440 ab	44,938 ab	49,730 ab
8	12,223 b	31,105 a	38,488 ab	41,030 ab	45,563 ab	50,220 ab
9	14,403 ab	30,295 a	38,013 ab	41,650 ab	47,150 ab	48,175 ab
10	7,285 b	22,158 ab	33,230 b	36,663 b	40,245 b	43,655 b
11	7,505 b	25,358 ab	34,010ab	36,662 b	41,995 b	42,990 b
12	7,483 b	17,568 b	26,825 b	30,550 b	37,353 b	38,777 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem ($p < 0,05$).

O pinhão manso responde de forma negativa a menores quantidades de água para a relação fatorial com presença de adubo químico no solo. O tratamento T2 (com 100% de lâmina de irrigação e 50% de dose de adubação NPK) proporcionou as maiores médias para o diâmetro de caule.

Com o passar dos meses de avaliação os tratamentos com menor quantidade de água proporcionaram as menores médias para a variável NF. Aos seis meses de cultivo o tratamento T2 ocasionou valores superiores de número de folhas em relação a T1, T5, T8, F9, T10, T11 e T12 (Tabela 12).

Tabela 12 – Desdobramento dos tratamentos (lâmina de irrigação e dose de adubação NPK) dentro dos meses de avaliação, para variável número de folhas (NF). Interação tripla

Tratamentos	Meses					
	1	2	3	4	5	6
1	4,795 a	8,151 a	10,380 ab	10,901 b	11,626 ab	12,108 b
2	3,692 ab	8,459 a	12,844 a	12,941 a	13,143 a	14,226 a
3	3,127 ab	7,050 ab	10,857 ab	11,680 ab	12,687 ab	13,090 ab
4	2,685 b	7,110 ab	11,126 ab	11,141 ab	12,624 ab	13,047 ab
5	3,569 ab	7,110 ab	10,012 ab	10,771 b	11,370 ab	11,945 b
6	2,718 b	7,326 ab	10,123 ab	10,718 b	11,375 ab	12,676 ab
7	2,761 b	6,998 ab	10,513 ab	10,625 b	11,402 ab	12,682ab
8	3,230 ab	7,110 ab	10,014 ab	10,867 b	11,506 ab	11,884 b
9	3,463 ab	6,970 ab	9,884 b	10,161 b	11,880 ab	11,896 b
10	2,540 b	5,659 b	9,942 b	10,240 b	11,540 ab	12,096 b
11	2,840 ab	5,845 b	9,278 b	9,544 b	10,905 b	11,911 b
12	2,284 b	5,503 b	9,300 b	9,434 b	10,489 b	12,068 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem ($p < 0,05$).

Não houve florescimento e consequentemente não houve produção de frutos neste experimento, por isso não foram avaliadas as variáveis presença de flores e frutos.

As plantas de pinhão manso sofreram estresse devido a relação maior dose adubação química combinada com a deficiência de água no solo.

Estresse é um fator externo que exerce uma influência negativa ou desvantajosa para a planta (TAIZ; ZEIGER, 2002). O estresse salino induz a uma série de respostas morfológicas, fisiológicas, bioquímicas, na planta, que dependem de processos moleculares. Essas respostas variam amplamente dependendo do genótipo e da fase fisiológica que a planta se encontra. Enquanto algumas espécies apresentam elevada tolerância à salinidade, outras são altamente susceptíveis (ORCUTT; NILSEN, 2000).

2.2.4 Conclusões

- A cultura do pinhão manso respondeu de forma negativa à adubação química na formação de mudas por sementes;

- O pinhão manso necessita de um conteúdo de água no solo próximo à capacidade de campo para melhor expressar seu potencial produtivo;
- A cultura respondeu de forma negativa à relação entre déficit hídrico e maior quantidade de adubo no solo em sua fase inicial; e
- O tratamento correspondente a 100% de lâmina de irrigação e 50% de dose de adubação NPK proporcionou a melhor resposta fisiológica produtiva em plantas de pinhão manso.

Referências

- ALVES, J.M.A.; SOUZA, A.A.; SILVA, S.R.G. da; LOPES, G.N.; SMIDERLEO, J.; UCHÔA, S.C.P. Pinhão-manso: uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da Amazônia Brasileira. **Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 57-68, jan./jun. 2008.
- ACKOM, E.K.; ERTEL, J. An alternative energy approach to combating desertification and promotion of sustainable development in drought regions. In: FORUM DER FORSCHUNG, 18., 2005, Eigenverlag. **Annals...** Eigenverlag: BTU Cottbus, 2005. p. 74-78.
- AKINTAYO, E.T. Characteristics and composition of *Parkia biglobbessa* and *Jatropha curcas* oils and cakes. **Bioresource Technology**, Essex, v. 92, p. 307-310, 2004.
- ARAUJO, N.C. **Descrição:** processo de cultivo do pinhão específico para o biodiesel e o processo de produção do pinhão em biodiesel. Brasília: Fundação Centro Tecnológica De Minas Gerais, Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas, 2005.
- ARAÚJO, F.D.S.; CHAVES, M.H.; ARAÚJO, E.C.E. Caracterização do óleo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte,, 2007. p. 143.
- ARRUDA, F.P. de; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P. de; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha Curcas* L.) como alternativa para o Semi-árido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, jan./abr. 2004.
- AUGUSTUS, G.D.P.S.; JAYBALAN, M.; SEILER, G.J. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, n. 23, p. 161-164, 2002.
- BARROS, L.C.G.; HANKS, R.J. Evapotranspiration and yield of beans as affected by mulch and irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 692-697, May/June 1993.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARTAXO, W. V. **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras.** In.: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 3, 2006. **Anais...** Lavras, MG: UFLA, 2006. p. 2-6.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations (with discussion). **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B, Paris, v. 26, p. 211-252, 1964.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA; DNDV;CLAV, 1992. 365 p.

_____. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais.** Brasília, 1985. 364 p. (Documentos, 16).

BURT, C.M. Irrigation water balance fundamentals. In: USCID: CONFERENCE ON BENCHMARKING IRRIGATION SYSTEM PERFORMANCE USING WATER MEASUREMENT AND WATER BALANCES, 1999, San Luis Obispo. **Annals...** San Luis Obispo, USCID, 1999. p. 1-13.

CORREIA, K.G.; FERNANDES, P.D.; CHEYI, H.R.; GURGEL, M.T.; RODRIGUES, L.N. Crescimento do amendoimzeiro irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 81-85, 2005. Suplemento.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais:** plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica, 1956. 231 p.

DANGE, V.; SUTHAR, D.; REDDY, P.S. Biodiesel through *Jatropha curcas*: a critical analysis. **Focus on Jatropha**, India, v. 9, n. 10, p. 31-36, June 2006.

DANIEL, H.; HAYASHI, F.K.; COSTA, J.C.G.; ZANON, N.B.; LAZARINI, E. Crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso sob diferentes adubações com N e K. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS E GORDURAS, 6., 2009, Varginha **Anais...** Varginha:UFLA, 2009. 1 CD-ROM

DRUMOND, M.A.; ANJOS, J.B.; MRGADO, 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, 2007, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Agroenergia, 2007. 1 CD-ROM.

DRUMMOND, O.A.; PURCINO, A.A.C.; CUNHA, L.H.S.; VELOSO, J.M. **Cultura do pinhão manso.** Belo Horizonte: EPAMIG, 1984. 6 p.

DUKE, J.A. **Handbook of energy crops.** 1983. Disponível em: <http://C:\WINDOWS\TEMP\purdue_university.htm>. Acesso em: 16 set. 2009.

EVANGELISTA, A.W.P.; OLIVEIRA, E.L.; MELO, P.C.; FARIA, M.A.; FRAGA, A.C.; CASTRO NETO, P. Resposta do pinhão-manso irrigado por gotejamento à aplicação de diferentes doses de adubação potássica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS E GORDURAS, 5., 2008, Varginha. **Anais...** Varginha: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL; FAEPE, 1994. 227 p.

GOMES, F.H.T. **Composição químico-bromatológica e degradação in situ de nutrientes de coprodutos de mamona e do pinhão manso da cadeia produtiva do biodiesel**. 2007. 49 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

GONÇALVES, N.P.; SATURNINO, H.M.; BORGES, H.Q.; FARIA, M.A.V.R. Produção de mudas de pinhão manso. In: LEITE, M.A. (Org.). **Programa de geração de tecnologia para culturas oleaginosas na região semi-árida do estado de Minas Gerais**. Nova Porteirinha, 2007. 81 p.
Disponível em <http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodisel/16_-_Relatrio_EPAMIG.pdf>. Acesso em: 10 set. 2010.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2001. Disponível em: <[http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/$FILE/Page1-5-95.pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2009.

GUBITZ, G.M.; MITTELBAACH, M.; TRABI, M. Biofuels and industrial products from *Jatropha curcas*. **Proceedings from a Symposium held in Managua**, Nicaragua. Graz: Technical University of Graz, 1997.

_____. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. **Bioresource Technology**, Essex, n. 67, p. 73-82, 1999.

HARTLEY, H.O. The use of range in analysis of variance. **Biometrika**, London, v. 37, p. 271-280, 1950.

HASS, W.M.M. Detoxification experiments with the seed oil from *Jatropha curcas* L. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 12, p.11-18, 2000.

HELLER, J. **Studies on genotypic characteristics and propagation and cultivation methods for physic nuts (*Jatropha curcas* L.)**. Hamburg: Dr. Kovac, 1992. p. 37-40.

_____. **Physic nut *Jatropha curcas* L.: promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Rome: IPGRI, 1996. 66 p.

HOFFMAN, G.J.; HOWELL, T.A.; SOLOMON, K.H. (Ed.). **Management of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1990. 1040 p. (ASAE. Monograph).

MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; NAKAGAWA, J.; OLIVEIRA, S.S.C. Tamanho e secagem de palmeira Jussara sobre a germinação e o vigor. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 117-120, 2009.

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

NUNES, C.F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2007. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007..

KURIHARA, C.H.; ROSCOE, R.; SILVA, W.M.; MAEDA, S.; GORDIN, C.L.; SANTOS, G. Crescimento inicial de pinhão manso sob efeito de calagem e adubação, em solos do Mato Grosso do sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, 2006, Bonito. **Anais...** Bonito: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM.

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

LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico em cultura de feijão irrigada por pivô central em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 529-532, set./dez. 1994.

LUO, C.W. ; LI, R.; CHEN, Y.; SUN, Y.Y. Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L. **Forestry Studies in China**, Beijing, v. 9,n. 2, p. 11-119, June 2007. Disponível em: <http://www.springerlink.com>>. Acesso em: 27 jun. 2010.

MAES, W.H.; TRABUCCO, W.H.; ACHTEN, W.M.J.; MUYS, B. Climatic conditions of *Jatropha curcas* L. **Biomass and Bioenergy**, Aberdeen, v. 33, p. 1481 – 1485, July 2009. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locat/jardenv>>. Acesso em: 27 jun. 2010.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 3rd ed. Bern: International Potash Institute, 1982. 687 p.

OLIVEIRA, E.L.; FARIA, M.A.; MORAIS, A.M.; FRAGA, A.C.; CASTRO NETO, P. Efeito da adubação potássica no crescimento inicial do pinhão manso irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Varginha: UFLA, 2007 1 CD_ROM.

ORCUTT, W.; NILSON T.F. Food ingestion of *Daphnia pulex* as a function of food concentration, temperature, animal's body length and hunger. **Archer Hydrobio Suplente**, v. 48, n. 23, p. 47-107, 2000.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, n. 19, p. 1-15, 2000.

PEIXOTO, A.R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 282 p.

PEREIRA, A.R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite – Mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311- 313, 2005.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; GONÇALVES, N.P.; LOPES, H.F. Caracterização físico-química de alguns solos cultivados com pinhão manso no estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., 2005, Varginha. **Anais...** Varginha, 2005a. 1 CD-ROM.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P.; Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005b.

SHARMA, N. The *Jatropha* experience: Andhra Pradesh. **Focus on Jatropha**, India, v. 9, n. 10, p. 9-15, June 2006.

SILVA, E.B.; TANURE, L.P.P.; SANTOS, S.R. Sintomas de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 392-397, abr. 2009.

SILVA, S.M.S. **Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneiro irrigados com águas salinas**. 2004. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

SILVA, I.P.; SILVA, J.T.A.; MOURA NETO, A.; COSTA, E.L. Resposta do Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a adubação com N e K. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 CD-ROM.

SOLOMON, R.A.J.; EZRADANAM, V. Pollination ecology and fruiting behaviour in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Current Science**, Bangalore, v. 83, n. 11, p. 1395-1398, Dec. 2002.

STEELE, D.D.; SCHERER, T.F.; PRUNTY, L.D.; STEGMAN, E.C. Water balance irrigation scheduling: comparing cop curve accuracies and determining the frequency of corrections to soil moisture estimates. **Applied Engineering in Agriculture**, New York, v. 13, p. 593–599, 1997.

SUJATHA, M.; DHINGRA, M. Rapid plant regeneration from various explants of *Jatropha integerrima* - Hypocotyl culture, shoot culture, leaf culture and peduncule culture medium optimization for oilseed ornamental plant propagation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 35, n. 3, p. 293-296, dez. 1993.

SWOT. **Summary of current knowledge: an industry and market study of plant products from five trees in Southern Africa - jatropha or physic nut:** project report. Washington: Internacional Programs Washington State University, 2002. 15 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 848 p.

TÁVORA, F.J.A. **A cultura da mamona**. Fortaleza. EPACE, 1982. 111 p.

TEIXEIRA, L.C. Potencialidades de Oleaginosas para produção de biodiesel. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v. 26,n. 229, p.18-27, 2005.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E.K. **Cultivo de pinhão manso para produção de biodiesel**. Viçosa: CPT, 2007. 220 p.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. da; GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M. U.Intervalo ótimo de potencial de água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 286-292, 1999.

VALE, L.S.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M. Efeito da salinidade da água sobre o pinhão manso. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: IBPS, 2006. p. 87-90.

YE, M.; CAIYAN, L.; FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P.S. Current situation and propects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China. **Agroforest System**, Dordrecht, v. 76, p. 487–497, Apr. 2009.

3 SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA NA CULTURA DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência na cultura do pinhão manso. Dois experimentos foram desenvolvidos em condições de casa de vegetação em Piracicaba, SP, Brasil durante o ano de 2009. Foram avaliados os seguintes tratamentos em condições de pré-emergência em gramas do ingrediente ativo por hectare (g.i.a. ha⁻¹): flumioxazin (45), clomazone (800), metribuzin (360), sulfentrazone (600) e s-metolachlor (1440) e testemunha sem aplicação. Para aplicação em pós-emergência foram utilizados em g.i.a. ha⁻¹: flumioxazin (25), bentazon (720), lactofen (150), trifloxusulfuron-sodium (7,5) e testemunha sem aplicação. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso para ambos experimentos, com cinco tratamentos e cinco repetições para o experimento de pós-emergência e seis tratamentos e oito repetições no experimento de pré-emergência. Foram realizadas as avaliações de controle percentual da cultura do pinhão manso, índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), diâmetro de caule, número de folhas por planta e altura de planta aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) para o experimento em pós-emergência e aos 15, 30 e 60 DAA para o experimento em pré-emergência. Foi avaliada também a massa seca residual aos 28 e 60 DAA para os experimentos em pós e em pré-emergência, respectivamente. Houve diferença significativa para tratamentos, dias de avaliação e na interação tratamentos e dias de avaliação em relação às variáveis. As plantas tratadas com os herbicidas flumioxazin e s-metolachlor tiveram um comportamento similar às plantas testemunhas, então se pode considerar que estes herbicidas foram mais seletivos à cultura do pinhão manso, neste estudo, em condições de pré-emergência. Em condições de pós-emergência o herbicida bentazon foi o mais seletivo à cultura do pinhão manso, principalmente em relação às variáveis área foliar, matéria fresca e seca da parte aérea, que se igualaram com a testemunha. Para os herbicidas que causaram menores danos às plantas, são necessários estudos acerca de melhores dosagens, para que possam ser indicados ou não para a cultura em condições de campo; e em condições de pós-emergência, houve uma maior recuperação das injúrias nas plantas causadas pelos herbicidas em comparação com pré-emergência.

Palavras-chave: Plantas daninhas; Biodiesel; Fitotoxicidade; Fase inicial

Abstract

This study aimed to evaluate the selectivity of herbicides applied in pre- and post-emergence cultivation of jatropha. Two experiments were conducted under greenhouse conditions in Piracicaba, SP, Brazil, during 2009. The following treatments were evaluated in pre-emergence, with values given in grams of active ingredient per hectare (g.i.a. ha⁻¹), flumioxazin (45), clomazone (800), metribuzin (360), sulfentrazone (600) and s-metolachlor (1440) and untreated control. Application for post-emergence were: flumioxazin (25), bentazon (720), lactofen (150), trifloxusulfuron-sodium (7.5) and untreated control. The experimental design was a randomized block design for both experiments, with five treatments and five replicates of the experiment in post-emergence and six treatments and eight replicates in the experiment of pre-emergence. Evaluations were made as percent of the control for SPAD index (Soil Plant Analysis Development), stem diameter, number of leaves per plant and plant height at 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA), and at 15, 30 and 60 DAA for the experiment in pre-emergence. We also evaluated the residual dry mass at 28 and 60 DAA for the experiments in post- and pre-emergence, respectively. There were significant differences for treatments, days of evaluation and interaction treatments and days of evaluation in relation to variables. Plants treated with the herbicides flumioxazin and s-metolachlor had a behavior similar to the control, so that we can consider that these herbicides were more selective for the cultivation of jatropha in this study, in the pre-emergence application case. In post-emergence, the herbicide bentazon was the most selective for the jatropha crop, mainly in relation to the variables leaf area, fresh and dry weight of shoots, that were equal to the control. For herbicides that caused minor damage to plants, more studies are needed on doses, so that they can be recommended or not for field cultivation, and in post-emergence, there was a greater recovery from the injuries caused in the plants by the herbicides as compared to the pre-emergence case.

Keywords: Weeds; Biodiesel; Phytotoxicity; Initial stage

3.1 Introdução

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) destaca-se entre as culturas que apresentam potencial para produção de biodiesel e tem despertado muito interesse a nível nacional e internacional. Estudos têm mostrado que esta planta apresenta potencial e que pode trazer algum lucro para quem se dispõem a produzi-la. Embora se tenha potencial de produção, existe falta de informação tecnológica, o que tem limitado o aumento de competitividade frente às demais oleaginosas e, como consequência, seu plantio em grandes áreas representa um investimento de risco.

Apesar de se tratar de uma planta rústica, deve-se manter o terreno sempre livre de plantas daninhas, principalmente em volta das plantas, pois a competição por recursos como água, luz e nutrientes pode prejudicar e atrasar o desenvolvimento da cultura, além de abrigar pragas e/ou insetos transmissores de doenças (ARRUDA et al., 2004).

As mudas de pinhão manso em estágio inicial de crescimento são suscetíveis à competição, sendo necessário o controle mecânico ou a aplicação de herbicidas durante a fase de estabelecimento da cultura (SATURNINO et al., 2005).

Mesmo não havendo herbicidas seletivos registrados para a cultura do pinhão manso, no Brasil, alguns que são utilizados para o cultivo de mamona, soja e outras oleaginosas podem ser seletivos à cultura. Com isso o conhecimento acerca da seletividade de herbicidas para cultura do pinhão manso é de extrema importância para a melhoria de seu manejo.

Entende-se por seletividade a capacidade de um determinado herbicida em eliminar as plantas daninhas que se encontram em uma cultura, sem reduzir-lhe a produtividade e a qualidade do produto final obtido (VELINI et al., 2000). A escolha do herbicida a ser usado depende da sua eficiência sobre as plantas daninhas presentes na área, da época de aplicação, da cultura, do tipo de solo, das culturas adjacentes, do registro para a cultura e do custo (VARGAS; ROMAN, 2003).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a seletividade de diferentes herbicidas à cultura do pinhão manso e o comportamento desta cultura em relação aos tratamentos em condições de pré e pós-emergência, com a finalidade de se conhecer princípios ativos passíveis de serem recomendados para a cultura em sua fase inicial.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Revisão Bibliográfica

3.2.1.1 Herbicidas na cultura do pinhão manso

Uma das melhores formas de se controlar plantas daninhas nos sistemas agrícolas é por meio do controle químico, ou seja, pela aplicação de herbicidas. O método químico de controle vem sendo cada dia mais utilizado e difundido, em razão de seus resultados serem mais rápidos, eficientes e devido ao seu efeito residual acentuado, o que ainda permite o controle da comunidade infestante antes ou depois de sua emergência, diminuindo assim a possibilidade de reinfestação da área (COSTA et al., 2002).

Alguns trabalhos foram realizados em relação à resposta da cultura do pinhão manso a diferentes herbicidas. Albuquerque et al. (2008) concluíram que, em condições de pré-emergência, o ingrediente ativo trifluralin não provocou toxidez, não afetou o diâmetro, a matéria seca, o crescimento em altura e o diâmetro do coleto das plantas, e o flumetsulan não afetou o crescimento em altura.

Segundo Erasmo et al. (2009) os herbicidas pré-emergentes diuron, trifluralin, pendimethalin, isoxaflutole, s-metolachlor e as misturas isoxaflutole+diuron e trifluralin+diuron apresentaram potencial de utilização na cultura do pinhão manso. Com relação aos herbicidas pós-emergentes, destacaram-se o haloxyfop-methyl, sethoxydim, fluazifop-p-butyl (125 g ha^{-1}) e a mistura clethodim+fenoxaprop-ethyl.

3.2.1.2 Características dos herbicidas testados

3.2.1.2.1 Clomazone

É um herbicida do grupo químico das isoxazolidinonas, com o ingrediente ativo clomazone ou clomazona. O nome químico do produto é 2-(2-chlorobenzyl)-4,4-dimethyl-1, 2-oxazolidin-3-one. Apresenta solubilidade em água de 1100 mg L^{-1} a 25°C ,

densidade $1,192 \text{ g mL}^{-1}$ a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e pressão de vapor $1,44 \times 10^{-4} \text{ mm Hg}$ a $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Indicações de uso: estão registrados para o Brasil no MAPA dois produtos, o Gamit, que é recomendado para o controle de plantas daninhas em pré-emergência nas culturas de soja, cana-de-açúcar, fumo, arroz irrigado, algodão e mandioca, e o Gamit 360 CS, que é recomendado para o controle de plantas daninhas em pré-emergência nas culturas de algodão, arroz, arroz irrigado, batata, cana-de-açúcar, fumo e mandioca. Comportamento na planta: a absorção é realizada pelas raízes, pelo coleóptilo das gramíneas e hipocótilo das dicotiledôneas. Na translocação, o produto ascende pelo xilema até as folhas. O mecanismo de ação e sintomatologia ocorre com a inibição da biossíntese dos compostos isoprenóides precursores do pigmento fotossintético, determinando a redução do nível de clorofila, as plantas tornam-se brancas por falta do pigmento, morrendo em pouco tempo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3.2.1.2.2 Bentazon

É um herbicida do grupo químico dos benzotiadiazoles, com ingrediente ativo bentazon; bentazona. O nome químico do produto é 3-isopropil-1H-2,1,3-benzotiazin-4-(3H)-ona-2,2-dióxido. Apresenta solubilidade em água de 500 mg L^{-1} a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Indicações de uso: *Bassagran 600* está registrado no Brasil (MAPA) sob o número 00594 para o controle de plantas daninhas em pós-emergência nas culturas de arroz de sequeiro, feijão, milho, trigo, soja e arroz irrigado. *Banir* está registrado no Brasil (MAPA) sob o número 03008389 para o controle de plantas daninhas em pós-emergência nas culturas de amendoim, arroz, feijão, milho, soja e trigo. Comportamento na planta: A absorção é foliar; no mecanismo de ação e sintomatologia, ele inibe o transporte de elétrons no fotossistema II, além de causar o acúmulo de elétrons no ponto de inibição (proteína QB) que por sua vez promove uma peroxidação dos lipídios. Nas plantas sensíveis, provoca manchas cloróticas nas folhas, seguidas de necrose e finalmente a morte das plantas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3.2.1.2.3 Flumioxazin

É um herbicida do grupo químico ftalimidas, com ingrediente ativo flumioxazin; flumioxazina. O nome químico do produto é 7-fluoro-6-[(3,4,5,6-tetrahidro)ftalimida]-4-(2-propinil)-1,4-benzona-zinco-3(2H)-one. Apresenta solubilidade em água de 1,79 mg L⁻¹ a 25 °C. Não é recomendada a mistura do flumioxazin com gramicidas. Indicações de uso: Flumizin está registrado no Brasil (MAPA) sob o número 07095 para o controle de plantas daninhas na cultura da soja em pré e pós-emergência, em pré-plantio da soja no sistema de plantio direto, em pós-emergência para dessecação na pré-colheita da soja e controle de plantas daninhas na cultura do algodão em pós-emergência em jato dirigido às entrelinhas. Comportamento na planta: a absorção é foliar e radicular. No mecanismo de ação e sintomatologia ele inibe a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). Em plantas suscetíveis, induz o acúmulo maciço de porfirinas. A ação fotossensível das porfirinas acumuladas provoca a peroxidação dos lipídios de membrana. As plantas que emergem do solo tratado com flumioxazin tornam-se necróticas e morrem após exposição à luz do sol. O produto é rapidamente metabolizado pelas plantas tolerantes (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3.2.1.2.4 Lactofen

É um herbicida do grupo químico difenil-ésteres, com ingrediente ativo lactofen; lactofem. O nome químico do produto é ethyl O –[5- (2-chloro-a, a, a-trifluoro – p – toyloxy) – 2 nitrobenzoyl] – DL – lactate. Existem dois herbicidas registrados no Brasil, Cobra e Naja. Indicações de uso: Cobra está registrado no Brasil (MAPA) sob o número 01068501 para o controle de plantas daninhas na cultura da soja. Naja está registrado no Brasil (MAPA) sob número 02001 para o controle de plantas daninhas na cultura da soja. Comportamento na planta: a absorção é foliar e radicular porém esta é limitada. No mecanismo de ação e sintomatologia ele inibe a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), as folhas das plantas sensíveis ficam com clorose e necrose (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3.2.1.2.5 Metribuzin

É um herbicida do grupo das triazonas, com ingrediente ativo metribuzin; metribuzim. O nome químico do produto é 4 –amino -6tert – butyl – 4,5 –dihydro-3-methylthio – 1,2,4 – triazin – 5 –one. Indicações de uso: O produto está registrado no Brasil (MAPA) sob o número 01288594 para o controle de plantas daninhas nas culturas de aspargo, batata, café, cana-de-açúcar, mandioca, soja, tomate e trigo. Comportamento na planta: A absorção é radicular, com alguma absorção foliar quando em pós-emergência. No mecanismo de ação e sintomatologia inibe o transporte de elétrons no fotossistema II (FSII), além de causar um acúmulo de elétrons no ponto de inibição (proteína QB), que por sua vez promove uma peroxidação de lipídios. As plantas daninhas suscetíveis emergem através do solo tratado, mas tornam-se cloróticas e completamente necróticas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3.2.1.2.6 S-metolachlor

Herbicida do grupo das acetanilidas, com ingrediente ativo s-metolachlor; s-metolacoloro. O nome químico do produto é (S) – 2 –chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl) acetimide + (R) –2- choro- N-(2-ethyl-6 –methylphenyl)- (2-methoxy-1-methylethyl) acetamide. Indicações de uso: no Brasil (MAPA) o produto está registrado sob número 08499 para controle de plantas daninhas em pré-emergência nas culturas de soja, feijão, milho, cana-de-açúcar e algodão. Nas culturas da soja e do milho é utilizado em sistemas de plantio direto e convencional. Possui ação graminicida acentuada. Comportamento na planta: A absorção acontece através do coleóptilo das gramíneas e hipocótilo das folhas largas. No mecanismo de ação e sintomatologia inibe a divisão celular, o s-metolachlor inibe a biossíntese de diversos componentes da planta, tais como lipídios, proteínas, isoprenoides e flavonoides. O sintoma sobre plantas sensíveis caracteriza-se pelo entumescimento dos tecidos e pelo enrolamento do caulículo nas monocotiledôneas; nas folhas largas observa-se clorose, necrose e morte. A maioria das plantas, porém, morre antes de emergir na superfície do solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3.2.1.2.7 Sulfentrazone

Herbicida do grupo químico dos triazolinones, com ingrediente ativo sulfentrazone; sulfentrazona. O nome químico do produto é 2',4'-dichloro-5-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl) methanesulfonanilide. Indicações de uso: existem 2 produtos registrados no Brasil (MAPA), o *Boral 500 SC* que está registrado sob o número 07495 para o controle de plantas daninhas em pré-emergência nas culturas de cana-de-açúcar, soja, citros e café, e o *Solara 500 N.A.* que está registrado sob número 000479 para controle de plantas daninhas em pré-emergência na cultura do eucalipto e em áreas não agrícolas. Comportamento na planta: a absorção é principalmente radicular. No mecanismo de ação e sintomatologia inibe a PROTOX (PPO) – protoporfirinogênio oxidase – enzima que converte protoporfirinogênio IX em protoporfirina IX. Em seguida, o protoporfirinogênio IX se acumula e difunde-se para fora do complexo multienzimático localizado no plastídeo. Com a oxidação do protoporfirinogênio IX, forma-se a protoporfirina IX no citosol; esta interage com oxigênio e luz formando oxigênio “singlet”. Esse radical livre, altamente reativo, provoca a peroxidação dos lipídios das membranas, levando a célula à morte. As plantas suscetíveis emergem do solo tratado com sulfentrazone, tornando-se necróticas, morrendo em seguida quando expostas à luz (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3.2.1.2.8 Trifloxysulfuron-sodium

Herbicida do grupo químico sulfonilureias, com ingrediente ativo trifloxysulfuron-sodium; trifloxissulfurom-sódico. O nome químico do produto é N-[(4,6-dimetoxi-2-pirimidinil) carbamoyl]-3-(2,2,2-trifluoroetoxi)-piridin-2-sulfonamida, sal sódico. Indicações de uso: o produto está registrado no Brasil (MAPA) sob número 07001 para o controle de dicotiledôneas e ciperáceas em pós-emergência nas culturas do algodão e da cana-de-açúcar. Comportamento na planta: a absorção é realizada pelas folhas e raízes, sendo que nas aplicações em pós-emergência, a folha é a principal via de penetração do produto. No mecanismo de ação e sintomatologia o produto inibe a formação da enzima ALS – acetato sintetase – bloqueando a síntese de aminoácidos

tais como valina, leucina e isoleucina e inibe a formação de proteínas essenciais às plantas suscetíveis. O sintoma do efeito herbicida deste produto sobre plantas sensíveis caracteriza-se pelo amarelecimento inicial das folhas, entretanto, não chegam a morrer; porém, sofrem uma paralisação no seu crescimento e a sua presença não chega a causar competição com a cultura (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

3.2.2 Material e Métodos

Dois experimentos foram desenvolvidos em casa-de-vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, em Piracicaba/SP, Brasil, no período compreendido entre Outubro e Dezembro de 2009. A espécie estudada foi o pinhão manso (*Jatropha curcas* L).

- **Experimento em condições de pré-emergência**

As sementes do pinhão manso foram obtidas junto ao Instituto Agronômico de Campinas - IAC (provenientes do município de Janaúba/MG). Estas foram colhidas em julho de 2009 e acondicionadas em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente, até a instalação do experimento.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso. Foram estudados seis tratamentos com oito repetições, totalizando 48 parcelas. As parcelas foram constituídas por vasos de 5 L contendo solo de textura média onde foram colocadas quatro sementes de pinhão manso. As características físico-químicas do solo estão detalhadamente descritas na Tabela 13.

Tabela 13 – Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento de pré-emergência

pH	M.O (CaCl ₂) g dm ⁻³	P (mg dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V %	m %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
4,9	22	11	3	4,1	37	14	1	47	55,1	102,1	54	2	0,37	5,8	25	56	4,7
Areia				Silte				Argila (%)		Floculação	Classe de Textura						
MG	G.	M.	F.	MF.	Tot.	(%)		Tot.	Agua	(%)							
1	1	8	30	13	53	7		40	8	81	Arg.						

Análises realizadas no laboratório de Ciência de Solos da ESALQ/USP.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em 16 de Outubro de 2009, das 14:00h às 15:30h. No momento das aplicações, os parâmetros meteorológicos médios registrados, na estação meteorológica da ESALQ/USP, foram: UR de 91,1%; T de 20,9 °C; céu aberto e ventos de 1,9 m s⁻¹. Utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO₂, acoplado a uma barra com duas pontas do tipo jato plano, 110,02, calibrado para um volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹. Os herbicidas aplicados estão descritos na Tabela 14.

Tabela 14 – Tratamentos herbicidas aplicados em condições de pré-emergência

Tratamentos	Dose aplicada	Dose aplicada
	Unidade ha ⁻¹ de p.c.*	g ha ⁻¹ de i.a.*
1. Testemunha	-	-
2. Flumioxazin	90 g	45
3. Clomazone	1,6 L	800
4. Metribuzin	0,75 L	360
5. Sulfentrazone	1,2 L	600
6. S-metolachlor	1,5 L	1440

* p. c. - produto comercial; i.a. - ingrediente ativo.

Após a aplicação dos herbicidas, os vasos foram mantidos dentro da casa de vegetação com irrigação automatizada por aspersão.

As avaliações foram realizadas aos 15, 30 e 60 dias após a aplicação (DAA). Avaliaram-se a Porcentagem de controle (Controle), sendo atribuído 0% para a ausência de sintomas causados pelo herbicida e 100% para a morte das plantas; altura de planta (AP), com o emprego de trena; diâmetro de caule (DC), com o uso de paquímetro digital; número de folhas por planta (NF); área foliar (AF), com o uso de

medidor de área foliar modelo Li-cor; índice SPAD (SPAD) nas folhas, por método indireto, mediante a utilização do medidor indireto de clorofila Minolta SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) (MINOLTA, 1989; PESTANA et al., 2001; MARKWELL et al., 1995), em que foram analisadas as médias de três amostras por folha, avaliando-se 3 folhas por planta. Foram analisadas também, a massa fresca e massa seca residual da parte aérea aos 60 DAA. A massa seca foi obtida a partir da colheita do material vegetal remanescente da parte aérea das plantas nas parcelas, com posterior secagem em estufa a 70 °C por 96 horas. Esta foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha, considerada 100%.

Foram verificados os pressupostos da ANOVA por meio da família de transformação ótima de Box-Cox (1964) e o teste Hartley (1950) foi aplicado para verificar a homogeneidade de variâncias.

Uma vez verificado os pressupostos da ANOVA, aplicou-se o teste F ($p < 0,05$) para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos e a interação dos tratamentos com os dias de análises. Aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS® (SAS/STAT, 2003).

- **Experimento em condições de pós-emergência**

As mudas de pinhão manso foram adquiridas junto ao Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, apresentando em média 12 folhas, 20 cm de altura e 19,02 cm de diâmetro do caule.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso e foram avaliados cinco tratamentos com cinco repetições, totalizando 25 parcelas. As parcelas experimentais foram constituídas por vasos com capacidade para 5 L preenchidos com substrato comercial (Plantmax®), contendo uma planta de pinhão manso.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em 16 de Outubro de 2009, das 14:00h às 15:30h. No momento das aplicações, os parâmetros meteorológicos médios registrados, na estação meteorológica da ESALQ/USP, foram: UR de 91,1%; T de 20,9

°C; céu aberto e ventos de $1,9 \text{ m s}^{-1}$. Utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO_2 , acoplado a uma barra com duas pontas do tipo jato plano, 110,02, calibrado para um volume de calda proporcional a 200 L ha^{-1} .

Após a aplicação, os vasos foram mantidos sem irrigação por 24 horas, para garantir a absorção do herbicida e, após esse período, irrigados diariamente para manter o conteúdo de água do substrato próximo à capacidade de campo. As avaliações foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).

Avaliaram-se o controle percentual (Controle), sendo atribuído 0% para a ausência de sintomas causados pelo herbicida e 100% para a morte das plantas; altura de planta (AP), com o emprego de trena; diâmetro de caule (DC), com o uso de paquímetro digital; número de folhas por planta (NF); área foliar (AF), com o uso de medidor de área foliar modelo Li-cor; índice SPAD (SPAD) nas folhas, por método indireto, mediante a utilização do medidor indireto de clorofila Minolta SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) (MINOLTA, 1989; PESTANA et al., 2001; MARKWELL et al., 1995), em que foram analisadas as médias de três amostras por folha, avaliando-se 3 folhas por planta. Foram analisadas também, a massa fresca e massa seca residual da parte aérea aos 28 DAA. A massa seca foi obtida a partir da colheita do material vegetal remanescente da parte aérea das plantas nas parcelas, com posterior secagem em estufa a 70 °C por 96 horas. Esta foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha, considerada 100%. Os herbicidas aplicados estão descritos na Tabela 15 e as características físico-químicas do substrato estão descritas na Tabela 16.

Tabela 15 – Tratamentos herbicidas aplicados em condições de pós-emergência

Tratamentos Herbicidas	Dose aplicada	
	Unidade ha ⁻¹ de p.c.*	g ha ⁻¹ de i.a.*
1. Testemunha	-	-
2. Flumioxazin	50 g	25
3. Bentazon	1,2 L	720
4. Lactofen	0,625 L	150
5. Trifloxusulfuron-sodium	10 g	7,5

* p. c. - produto comercial; i.a. - ingrediente ativo.

Tabela 16 – Características do substrato utilizado no experimento de pós-emergência

DETERMINAÇÕES	UMIDADE NATURAL	BASE SECA	
		60-65 °C	110 °C
pH em CaCl ₂ 0,01M	6,3		
Densidade (g cm ⁻³)	0,67		
Umidade perdida a 60-65 °C (%)	42,09		
Umidade perdida entre 65 e 110 °C (%)	2,57		
Umidade total (%)	44,66		
Inertes	0	0	0
Matéria orgânica total (combustão) (%)	22,59	39,01	40,82
Matéria orgânica compostável (%)	19,02	32,84	34,37
Matéria org. Resistente à compost. (%)	3,57	6,16	6,45
Carbono total (orgânico e mineral) (%)	12,55	21,67	22,68
Carbono orgânico (%)	10,56	18,24	19,08
Resíduo mineral total (%)	32,75	56,55	59,18
Resíduo mineral insolúvel (%)	24,45	42,22	44,18
Resíduo mineral solúvel (%)	8,3	14,33	15
Nitrogênio total (%)	0,37	0,64	0,67
Fósforo (P ₂ O ₅) total (%)	0,29	0,5	0,52
Potássio (K ₂ O) total (%)	0,07	0,12	0,13
Cálcio (Ca) total (%)	0,5	0,86	0,9
Magnésio (Mg) total (%)	0,52	0,9	0,94
Enxofre (S) total (%)	0,11	0,19	0,2
Relação C/N (C total e N total)	34/1	34/1	34/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	28/1	28/1	28/1
Cobre (Cu) total (mg kg ⁻¹)	16	28	29
Manganês (Mn) total (mg kg ⁻¹)	109	188	197
Zinco (Zn) total (mg kg ⁻¹)	20	35	36
Ferro (Fe) total (mg kg ⁻¹)	11558	10059	20885
Boro (B) total (mg kg ⁻¹)	3	5	5
Sódio (Na) total (mg kg ⁻¹)	142	245	257

Análises realizadas no laboratório de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

Foram verificados os pressupostos da ANOVA por meio da família de transformação ótima de Box-Cox (1964) e o teste Hartley (1950) foi aplicado para verificar a homogeneidade de variâncias.

Uma vez verificado os pressupostos da ANOVA, aplicou-se o teste F ($p < 0,05$) para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos. Para o fator dia de análise realizou-se análise de regressão por se tratar de um fator quantitativo. Aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias nas variáveis em relação aos tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS® (SAS/STAT, 2003).

3.2.3 Resultados e Discussão

- **Experimento em pré-emergência**

Houve diferença significativa para a maioria das variáveis em relação aos fatores, com exceção ao dia de avaliação relacionado à variável Porcentagem de controle. Todas as interações foram significativas, sendo necessária a realização do desdobramento de um fator dentro do outro (Tabela 17).

Tabela 17 – Resumo da análise de variância por meio do teste *F* para as variáveis: Diâmetro de Caule (DC), Altura de Planta (AP), Índice spad (SPAD), Número de Folhas por Planta (NF), Porcentagem de controle (Controle) de plantas de pinhão manso em relação aos tratamentos com herbicidas em condições de pré-emergência

Fatores	Variáveis				
	DC	AP	SPAD	NF	Controle
Bloco	3,40*	4,73*	3,58*	3,34*	2,12*
Dia	63,49*	35,20*	34,52*	48,26*	0,52ns
Tratamento	47,43*	46,12*	46,54*	66,18*	165,10*
Dia*Trat	8,96*	7,34*	2,52*	10,43*	4,15*
CV(%)	32,1	30,71	32,97	31,85	31,86

*Significativo e ns não significativo ($p < 0,05$)

Os herbicidas que proporcionaram as menores médias para diâmetro de caule foram o metribuzin e o sulfentrazone, sendo que o primeiro ocasionou menores valores que o segundo.

Para a variável AP, as menores médias foram proporcionadas mais uma vez pelos tratamentos metribuzin e sulfentrazone. Os tratamentos flumioxazin, clomazone e s-metolachlor não causaram diferenças na variável entre si e os dois primeiros não causaram diferenças em relação a testemunha proporcionando as maiores médias. Para a variável SPAD, não houve diferença significativa entre a resposta da testemunha, flumioxazin e s-metolachlor.

Os tratamentos clomazone e s-metolachlor foram seletivos em relação a variável NF. Os herbicidas que causaram menores valores de NF foram o metribuzin e o sulfentrazone. Para a variável Porcentagem de controle, percebe-se que todos os herbicidas causaram algum dano à cultura do pinhão manso. Os herbicidas que causaram menores danos à cultura, sendo considerados mais seletivos a mesma, foram o flumioxazin e o s-metolachlor, e os herbicidas que proporcionaram um maior controle da cultura foram o metribuzin e o sulfentrazone (Tabela 18). Herbicidas seletivos eliminam somente as ervas daninhas nas culturas, sem danificar as plantas cultivadas.

Tabela 18 – Teste de comparação de médias para as variáveis: Diâmetro de caule (DC), Altura de Planta (AP), Índice SPAD, Número de Folhas por Planta (NF) e porcentagem de Controle (Controle) em condições de pré-emergência

Tratamentos	Variáveis				
	DC	AP	SPAD	NF	Controle
Testemunha	10,92 a	22,21 a	35,25 a	7,00 a	0,00 d
Flumioxazin	9,16 b	18,35 a b	34,39 a	5,54 b	22,79 c
Clomazone	8,62 b	18,50 a b	20,07 b	5,79 a b	55,87 b
Metribuzin	2,15 d	5,87 c	8,60 c	1,00 c	92,72 a
Sulfentrazone	4,48 c	8,47 c	15,55 b c	1,90 c	90,39 a
S-metolachlor	8,23 b	18,27 b	35,59 a	5,83 a b	17,91 c

Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente.

Para a maioria dos tratamentos, a variável altura de planta teve seus valores aumentados com o passar dos dias de avaliação, à exceção do tratamento com o herbicida metribuzin, em que as plantas entraram em processo de estagnação do crescimento, chegando posteriormente à morte. Aos 30 DAA, os tratamentos com metribuzin e sulfentrazone não causaram diferenças significativas nessa variável,

diferindo dos demais e apresentaram os menores valores para a variável. Com 60 DAA metribuzin e sulfentrazone causaram diferenças entre si e dos demais, sendo que o primeiro apresentou os menores valores. Os demais tratamentos não causaram diferenças significativas na variável, quando comparados com a testemunha.(Tabela 19).

Tabela 19 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Altura de Plantas (AP), em condições de pré-emergência

Tratamentos	Dias da análise		
	15	30	60
Testemunha	14,75 a	22,39 a	29,48 a
Flumioxazin	10,87 a	19,50 a	24,69 a
Clomazone	12,87 a	19,20 a	23,44 a
Metribuzin	11,25 a	4,12 b	2,25 c
Sulfentrazone	5,12 b	8,37 b	11,90 b
S-metolachlor	12,12 a	19,28 a	23,41 a

Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem ($p < 0,05$).

Aos 15 DAA, em condições de pré-emergência, os herbicidas flumioxazin, clomazone e s-metolachlor, não causaram diferenças na variável SPAD em relação à testemunha. Aos 30 DAA, foi observado o mesmo comportamento e, aos 60 DAA, os herbicidas que proporcionaram os maiores valores de índice SPAD nas folhas de pinhão manso foram o flumioxazin e s-metolachlor. Os valores do teor de verde (índice SPAD) nas folhas caíram aos 60 DAA com o uso do herbicida clomazone. Isso pôde ser observado pelo amarelecimento das folhas sob este tratamento (Figura 7).

O sintoma evidenciado pelas plantas tratadas com clomazone é a produção de tecidos novos totalmente brancos (albinos), algumas vezes rosados ou violáceos. Estes tecidos são normais, exceto pela falta de pigmentos verdes (clorofila) e amarelos (RIZZARDI et al., 2004). O tratamento com o herbicida metribuzin causou a morte das plantas e com o herbicida sulfentrazone proporcionou grande fitotoxicidade (Tabela 20).

Tabela 20 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para a variável Índice SPAD, em condições de pré-emergência

Tratamentos	Dias da análise		
	15	30	60
Testemunha	42,29 a	34,40 a	29,07 a
Flumioxazin	40,21 a	32,60 a	30,50 a
Clomazone	36,21 a b	20,79 a b	9,21 b
Metribuzin	20,56 b	5,23 b	0,00 c
Sulfentrazone	17,69 b	12,03 b	16,94 b
S-metolachlor	42,29 a	32, 77 a	31,71 a

Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente.

Não houve diferença significativa para variável NF em relação a todos os tratamentos aos 15 DAA. Aos 30 DAA e aos 60 DAA, os tratamentos que proporcionaram os menores valores foram o metribuzin e o sulfentrazone; os demais não causaram diferenças significativas nesta variável, quando comparados à testemunha (Tabela 21).

Tabela 21 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Número de Folhas por Planta, em condições de pré-emergência

Tratamentos	Dias da análise		
	15	30	60
Testemunha	3,87 a	8,12 a	9,00 a
Flumioxazin	2,75 a	7,00 a	6,87 a
Clomazone	3,25 a	7,37 a	6,75 a
Metribuzin	2,62 a	0,12 b	0,25 b
Sulfentrazone	1,50 a	1,86 b	2,43 b
S-metolachlor	3,00 a	7,25 a	7,25 a

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente.

O controle causado pela maioria dos herbicidas aumentou com o decorrer dos dias de avaliação (Tabela 22), com exceção para os herbicidas flumioxazin e s-metolachlor, que causaram menores danos à cultura nessas condições de avaliação. Parte desses resultados está de acordo com o que foi observado por Erasmo et al. (2009), que concluíram que o s-metolachlor é um herbicida que apresenta bom potencial para ser usado na cultura do pinhão manso.

Tabela 22 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Porcentagem de controle, em condições de pré-emergência

Tratamentos	Dias da análise		
	15	30	60
Testemunha	0,00 d	0,00 d	0,00 d
Flumioxazin	45,87 b	15,00 c	7,50 c
Clomazone	55,00 b	59,24 b	53,12 b
Metribuzin	77,81 a	98,75 a	99,23 a
Sulfentrazone	89,81 a	90,62 a	90,00 a
S-metolachlor	15,00 c	20,62 c	18,12 c

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente.

Houve diferença significativa para as variáveis AF, MFPA e MSPA em relação aos tratamentos, em condições de pré-emergência (Tabela 23).

Tabela 23 – Resumo da análise de variância por meio do teste *F* para as variáveis: Área Foliar (AF), Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) em condições de pré-emergência

Fatores	Estatística F		
	AF	MFPA	MSPA
Bloco	1,41 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,57 ^{ns}
Tratamento	23,21 [*]	46,12 [*]	46,54 [*]
CV(%)	38,85	45,27	66,84

Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade. ns: não significativo

Os herbicidas que proporcionaram os menores valores de AF foram o metribuzin e o sulfentrazone; os demais não causaram diferenças significativas para a variável quando comparados à testemunha. Para as variáveis MFPA e MSPA, esta mesma tendência se repetiu (Tabela 24).

Tabela 24 – Teste de comparação de médias para as variáveis: Área foliar (IAF), Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) de Pinhão Manso em condições de pré-emergência

Tratamentos	Variáveis*		
	AF	MFPA	MSPA
Testemunha	1263,9 a	100,52 a	100,52 a
Flumioxazin	1277,0 a	89,24 a	89,24 a
Clomazone	1122,0 a	79,00 a	79,00 a
Metribuzin	5,2 b	0,59 b	0,59 b
Sulfentrazone	305, 2 b	20,31 b	20,31 b
S-metolachlor	1439,9 a	88,24 a	88,24 a

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente.

Figura 7 – Respostas das plantas de pinhão manso em pré-emergência em relação aos tratamentos com herbicidas, aos 60 DAA, sendo T1 – testemunha, T2 – flumioxazin, T3 – clomazone, T4 – metribuzin, T5 – sulfentrazone, e T6 – s-metolachlor

• Experimento em pós-emergência

As plantas responderam de forma diferente para todas as variáveis com relação aos fatores Dia e Tratamento (Tabela 25).

Na interação Dias de análise versus Tratamentos, com exceção para o diâmetro de caule, houve diferença significativa para maioria das variáveis, havendo a necessidade de desdobramento.

Tabela 25 – Resumo da análise de variância por meio do teste *F* para as variáveis: Diâmetro de Caule (DC), Altura de Planta (AP), Índice spad (SPAD), Número de Folhas por Planta (NF), Porcentagem de controle (Controle) de plantas de pinhão manso em relação aos tratamentos com herbicidas em condições de pós-emergência

Fatores	Variáveis				
	DC	AP	SPAD	NF	Controle
Bloco	8,03 [*]	6,53 [*]	0,4 ^{ns}	4,75 [*]	1,64 ^{ns}
Dia	13,41 [*]	28,23 [*]	26,78 [*]	85,98 [*]	30,95 [*]
Tratamento	3,7 [*]	23,5 [*]	20,73 [*]	27,08 [*]	131,93 [*]
Dia*Trat	0,39 ^{ns}	2,31 [*]	3,36 [*]	3,8 [*]	29,26 [*]
CV(%)	12,26	13,62	23,55	35,42	23,48

*Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade. ns: não significativo.

Até os 28 dias de análise não houve diferença significativa entre os valores da variável DC para a maioria dos tratamentos, com exceção para a testemunha e para as plantas tratadas com o herbicida flumioxazin. Albuquerque et al. (2008) avaliaram a seletividade de alguns herbicidas em pinhão manso e também observaram que o diâmetro não foi alterado com nenhum tratamento, indicando assim seletividade da cultura a essa característica para todos os ingredientes ativos aplicados em pós-emergência.

Os herbicidas flumioxazin, bentazon e lactofen não causaram diferenças significativas na variável AP, O herbicida trifloxusulfuron-sodium proporcionou o menor valor para esta variável.

Para a variável SPAD, o herbicida trifloxusulfuron-sodium não provocou diferença significativa em relação a testemunha e o lactofen proporcionou o menor valor diferindo-se dos demais tratamentos. Com relação ao NF, o tratamento trifloxusulfuron-sodium ocasionou a menor média.

Observando a variável Porcentagem de controle (Controle) o herbicida que causou menores danos às plantas foi o bentazon, porém não se igualou à testemunha. . Os herbicidas flumioxazin, lactofen e trifloxusulfuron-sodium causaram maior fitotoxicidade às plantas (Tabela 26).

Tabela 26 – Teste de comparação de médias para as variáveis: Diâmetro de caule (DC), Altura de Planta (AP), Índice SPAD, Número de Folhas por Planta (NF) e porcentagem de Controle em relação aos tratamentos em condições de pós-emergência

Tratamentos	Variáveis				
	DC	AP	SPAD	NF	Controle
Testemunha	22,28 a	49,75 a	39,74 a	22,31 a	0,00 d
Flumioxazin	19,48 b	41,65 b	28,49 b	12,85 b	51,50 ab
Bentazon	20,23 ab	39,55 b	31,77 b	18,75 a	35,75 c
Lactofen	21,44 ab	38,70 b	19,89 c	12,80 b	59,50 a
Trifloxusulfuron-sodium	21,33 ab	33,25 c	34,59 ab	7,15 c	50,00 b

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente.

Como houve diferença significativa para as variáveis AP, SPAD, NF e Controle em relação aos dias de análise, foi necessária a realização do desdobramento dos tratamentos dentro dos dias, visando-se observar variações na resposta aos herbicidas durante os dias de observação.

Entre os 7 DAA e os 14 DAA não houve diferença significativa nos valores nos valores da variável AP para todos os tratamentos. Aos 21 DAA, com exceção da testemunha, todos os tratamentos causaram respostas estatisticamente iguais, Aos 28 DAA os tratamentos flumioxazin, bentazon e a testemunha proporcionaram respostas iguais; o trifloxusulfuron-sodium ocasionou o menor valor para essa variável (Tabela 27)

Tabela 27 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Altura de Plantas, em condições de pós-emergência

Tratamentos	Dias da análise			
	7	14	21	28
Testemunha	38,60 a	45,80 a	55,00 a	50,60 a
Flumioxazin	34,80 a	38,40 a	44,20 b	49,20 a
Bentazon	29,80 a	35,60 a	44,00 b	48,80 a
Lactofen	33,00 a	36,00 a	44,8 b	45,00 b
Trifloxusulfuron-sodium	33,20 a	33,20 a	34,00 b	32,00 c

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente

O tratamento com o lactofen proporcionou o menor valor para a variável SPAD, o bentazon e trifloxusulfuron-soudium foram seletivos para esta variável aos 7 DAA. Aos 14 DAA, somente o lactofen causou comportamento diferente do da testemunha, proporcionando o menor valor. Aos 21 DAA e aos 28 DAA, os tratamentos não causaram diferenças significativas, demonstrando que o teor de verde nas folhas se igualou ao da testemunha com o passar dos dias de avaliação (Tabela 28).

Tabela 28 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para a variável Índice SPAD, em condições de pós-emergência

Tratamentos	Dias da análise			
	7	14	21	28
Testemunha	36,94 a	36,40 a	41,81 a	43,79 a
Flumioxazin	19,85 b	23,99 a	32,59 a	37,55 a
Bentazon	24,43 ab	31,08 a	33,05 a	38,53 a
Lactofen	0,00 c	11,43 b	31,56 a	36,58 a
Trifloxusulfuron-sodium	33,46 a	29,03 a	36,19 a	39,67 a

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente

O tratamento com lactofen ocasionou o menor valor para a variável NF. Não houve diferença significativa para esta variável em relação aos tratamentos com bentazon, trifloxusulfuron-soudium e à testemunha. Aos 14 DAA, somente o lactofen ocasionou diferença na expressão do NF e, aos 21 DAA e aos 28 DAA, não houve resposta significativa para os tratamentos em relação a esta variável, mostrando que as plantas de pinhão manso se recuperaram dos danos causados pelos herbicidas com o passar do tempo (Tabela 29). Estes resultados entram em discordância com os de Albuquerque et al. (2008), que observaram que o bentazon provocou amarelecimento,

necrose e queda das folhas mais velhas do pinhão manso de forma crescente com as avaliações.

Tabela 29 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável Número de Folhas por Planta, em condições de pós-emergência

Tratamentos	Dias da análise			
	7	14	21	28
Testemunha	36,94 a	36,40 a	41,81 a	43,79 a
Flumioxazin	19,85 b	23,99 a	32,59 a	37,55 a
Bentazon	24,43 a b	31,08 a	33,05 a	38,53 a
Lactofen	0,00 c	11,43 b	31,56 a	36,58 a
Trifloxusulfuron-sodium	33,46 a	29,03 a	36,19 a	39,67 a

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente

Analisando a variável Porcentagem de controle, o herbicida que causou maior fitotoxicidade às plantas, aos 7 DAA, foi o lactofen e o que não causou danos à cultura nesta época de avaliação foi o trifloxusulfuron-sodium. Aos 14 DAA, o tratamento que proporcionou os menores danos à cultura foi o com o bentazon, porém, ainda assim, diferenciou-se da testemunha.

O trifloxusulfuron-sodium causou um aumento na fitotoxicidade, não causando diferenças com relação aos tratamentos com flumioxazin e lactofen. Os sintomas causados pelo trifloxusulfuron-sodium em plantas sensíveis de cana-de-açúcar caracterizam-se por amarelecimento das folhas, paralisação do crescimento e morte das plantas de uma a três semanas após a aplicação (PROCÓPIO et al., 2004; RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Isto confirma o aumento da fitotoxicidade desse herbicida a partir da segunda semana e, mesmo havendo uma recuperação das plantas aos 28 DAA, o trifloxusulfuron-sodium foi o que causou maiores danos à cultura com uma porcentagem de controle de 61% (Tabela 30). Pode-se observar a recuperação das plantas, em condições de pós-emergência por meio dos gráficos da porcentagem de controle dos herbicidas testados em relação aos dias de análise (Figura 8).

Tabela 30 – Desdobramento dos tratamentos dentro dos dias de avaliação para variável porcentagem de Controle, em condições de pós-emergência

Tratamentos	Dias da análise			
	7	14	21	28
Testemunha	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c
Flumioxazin	52 b	77 a	50 a	20 b
Bentazon	48 b	30 b	38 b	27 b
Lactofen	91 a	79 a	47 ab	21 b
Trifloxusulfuron-sodium	7 c	68,78 a	67 a	61 a

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente.

Figura 8 – Análise de regressão para a porcentagem de controle dos herbicidas em plantas de pinhão manso, em condições de pós-emergência, em relação aos dias de análise

Houve diferença significativa para todas as variáveis em relação aos tratamentos (Tabela 31).

Tabela 31 – Resumo da análise de variância para as variáveis: Área Foliar (AF), Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) de plantas Pinhão Manso em condições de pós-emergência

Fator	Estatística F		
	AF	MFPA	MSPA
Bloco	2,63*	1,64 ^{ns}	2,35*
Tratamento	6,63*	13,18*	17,57*
CV(%)	5,51	26,71	17,84

*significativo ao nível de 0,05 de probabilidade. ns: Não significativo.

Os herbicidas flumioxazin, bentazon e lactofen não causaram diferenças na variável AF em relação a testemunha. O herbicida que causou os menores valores de MFPA e de MSPA foi o trifloxusulfuron-sodium, e o que não causou diferenças para estas duas variáveis em relação a testemunha foi o bentazon (Tabela 32).

Tabela 32 – Teste de comparação de médias para as variáveis: Área foliar (AF), Matéria Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) de Pinhão Manso em condições de pré-emergência

Tratamentos	Variáveis		
	AF	MFPA	MSPA
Testemunha	1,930 a	3162,9 a	250,52 a
Flumioxazin	1,741 ab	1837,0 b	161,88 b
Bentazon	1,840 a	2305,5 ab	209,66 ab
Lactofen	1,764 ab	2015,1 b	163,58 b
Trifloxusulfuron-sodium	1,628 b	743,6 c	93,60 c

*Valores acompanhados com a mesma letra na coluna não diferem significativamente

3.2.4 Conclusões

- As plantas tratadas com os herbicidas flumioxazin e s-metolachlor tiveram um comportamento similar às plantas testemunhas, então se pode considerar que estes herbicidas foram mais seletivos à cultura do pinhão manso, neste estudo, em condições de pré-emergência;

- Em condições de pós-emergência, neste estudo, o herbicida bentazon foi o mais seletivo à cultura do pinhão manso;
- Para os herbicidas que causaram menores danos às plantas, são necessários estudos acerca de melhores dosagens, para que possam ser indicados ou não para a cultura em condições de campo; e
- Em condições de pós-emergência, houve uma maior recuperação das injúrias nas plantas causadas pelos herbicidas em comparação com pré-emergência.

Referências

ALBUQUERQUE, C.J.B.; BRANT, R.S.; ROCHA, G.R. da; JARDIM, R.R. Seletividade de herbicidas para o pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/cbm3/trabalhos/PINHAO%20MANSO/PM%2011.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2010.

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

AUGUSTUS, G.D.P.S.; JAYABALAN, M.; SEILER, G.J. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. **Biomass & Bioenergy**, Oxford, v. 23, p. 161-164, 2002.

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

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations (with discussion). **Journal of the Royal Statistical Society. Series B**, Paris, v. 26, p. 211-252, 1964.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bul1413>>. Acesso em: 22 set. 2008.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais**: plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica, 1956. 231 p.

DRUMMOND, O.A.; PURCINO, A.A.C.; CUNHA, L.H. S.; VELOSO, J.M. **Cultura do pinhão manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984.6 p.

ERASMO, E.A.L.; COSTA, N.V.; TERRA, M.A.; FIDELIS, R.R. Tolerância inicial de plantas de pinhão-manso a herbicidas aplicados em pré e pós-emergência. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 571-580, 2009.

HARTLEY, H.O. The use of range in analysis of variance. **Biometrika**, London, v. 37, p. 271-280, 1950.

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S. Potencial da cultura do pinhão-manso como fonte de matéria-prima para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. In: CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. (Coord.). **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2006. p. 105–121.

KLINGMAN, G.C.; ASHTON, F.M. **Weed science: principles and practices**. New York: John Wiley, 1975. 431 p.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v. 46, p. 467-472, 1995.

MINOLTA CAMERA Co. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 19, p. 1-15, 2000.

PEIXOTO, A.R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284 p.

PEIXOTO, M.F.S.; SANTOS, A.C. dos; SANTIAGO, A.N.; PEIXOTO, C.P.; MORAES, J.C.C. Ação do diuron no crescimento inicial do pinhão manso (*jatropha curcas* L.) em condições de casa de vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4., 2010, João Pessoa. **Anais...** Disponível em: <<http://www.cbmamona.com.br/pdfs/MAN-10.pdf>> Acesso em: 04 out. 2010.

PESTANA, M.; DAVID, M.; VARENNES, A.; ABADIA, J.; FARIA, E.A. Responses of “Newhall” oranges trees to iron deficiency in hidroponics: effects on leaf chlorophyll, photosynthetic efficiency, and root ferric chelate reductase activity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, p. 1609-1620, 2001.

POEHLMAN, J.M.; SLEPER, D.A. **Breeding field crops**. 4th ed. Ames:Iowa State University Press, 1995. 494 p.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 397-452.

PURCINO, A.A.C.; DRUMMOND, O.A. **Pinhão manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7 p.

RIZZARDI, M.A.; VARGAS, L.; ROMAN, E.S.; KISSMAN, K. Aspectos gerais do controle de plantas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 105-144.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.R. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Edição dos Autores, 2005. 591 p.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS System**: SAS/STAT version 9.1 (software). Cary, 2003.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Controle de plantas daninhas em pomares**. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2003. 26 p. (Circular Técnica, 47).

VELINI, E.D.; MARTINS, D.; MANOEL, L.A.; MATSUOKA, S.; TRAVAIN, J.C.; CARVALHO, J.C. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 18, p. 123-134, 2000.