

JÚLIO JOSÉ DO NASCIMENTO SILVA

DOTAÇÕES HÍDRICAS E COBERTURA MORTA NA CULTURA DA MAMONA
EM NEOSSOLO FLÚVICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.

Recife - PE
Fevereiro-2012

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA - PPGEA

DOTAÇÕES HÍDRICAS E COBERTURA MORTA NA CULTURA DA MAMONA
EM NEOSSOLO FLÚVICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.

Tese apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador: Prof. Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro.

Co-Orientador: Tonny José Araújo da Silva

Recife - PE
Fevereiro-2012

Ficha catalográfica

S586d Silva, Júlio José do Nascimento
Dotações hídricas e cobertura morta na cultura da
mamona em Neossolo Flúvico no semiárido pernambucano
/ Júlio José do Nascimento Silva. -- Recife, 2012.
80 f. : il.

Orientador: Abelardo Antônio de Assunção Montenegro.
Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Tecnologia Rural, Recife, 2012.
Referências.

1. Irrigação 2. Produção agrícola 3. Cobertura morta
4. Uso e eficiência da água 5. Umidade do solo 6. Semiárido
I. Montenegro, Abelardo Antônio de Assunção, orientador
II. Título

CDD 630

JÚLIO JOSÉ DO NASCIMENTO SILVA

**DOTAÇÕES HÍDRICAS E COBERTURA MORTA NA CULTURA DA MAMONA
EM NEOSSOLO FLÚVICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.**

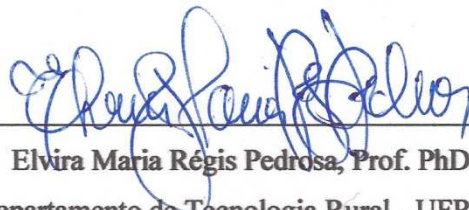
Tese defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2012 pela Banca Examinadora:

Orientador:



Abelardo Antônio de Assunção Montenegro, Prof. PhD
Departamento de Tecnologia Rural - UFRPE

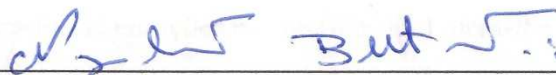
Examinadores:



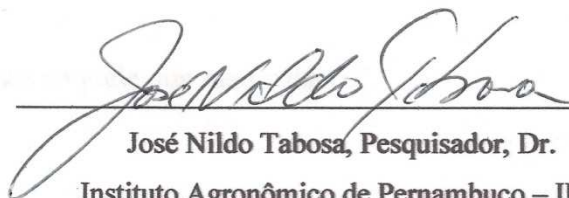
Elvira Maria Régis Pedrosa, Prof. PhD
Departamento de Tecnologia Rural - UFRPE



Lilia Gomes Willadino, Prof. PhD
Departamento de Química - UFRPE



Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, Pesquisador, Dr.
Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - EMBRAPA



José Nildo Tabosa, Pesquisador, Dr.
Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA

“O conhecimento não se estende do que se julga sabedor até aqueles que se julga não saberem; o conhecimento se constitui nas relações homem-mundo, relações de transformação, e se aperfeiçoa na problematização crítica destas relações.”

Paulo Freire

“Há três métodos para ganhar sabedoria: primeiro, por reflexão, que é o mais nobre; segundo, por imitação, que é o mais fácil; e terceiro, por experiência, que é o mais amargo.”

Confúcio

“O ignorante afirma, o sábio duvida, o sensato reflete.”

Aristóteles

“Lembremo-nos de que o homem interior se renova sempre. A luta enriquece-o de experiência, a dor aprimora-lhe as emoções e o sacrifício tempera-lhe o caráter”.

Chico Xavier

“Posso todas as coisas naquele que me fortalece”.

Filipenses 4:13

Ao meu querido pai, Ademar (*In Memoriam*), que onde quer que esteja sempre estará comigo me guiando pelo melhor caminho e a minha querida mãe, Eva, que me incentivou desde o primeiro momento da minha vida, a conquistar esta glória, me ajudando a superar todas as dificuldades.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por ter guiado meus passos nessa caminhada árdua, mas gratificante.

A minha família, em especial meus pais, Ademar Pereira da Silva (*in memorian*) e Evaneuza Maria do Nascimento Silva e meus avós Amarina Pereira da Silva, José Pereira da Silva (*in memorian*), Júlio Francisco do Nascimento e Terezinha Silva do Nascimento que sempre se dedicaram e me ensinaram os valores da vida.

Aos meus queridos irmãos Ademar Jr e Whemerson, meus fiéis companheiros, que sempre confiaram no meu sucesso.

A minha querida namorada Nerig Richelli, pelo amor, amizade, companheirismo e incentivo em todos os momentos.

A minha querida enteada Victória Gabrielly, pela alegria, ternura e afeto recebido em nossos momentos em família.

Aos meus inseparáveis amigos palmarenses, Lucas, Neto, Bruno e Márcio, os quais considero como verdadeiros irmãos.

Ao amigo de residência José Francisco (Zézito) pela amizade e pelos momentos de convivência e descontração.

Ao amigo e colega de turma de Doutorado, Cícero Costa, pela amizade e superação das dificuldades ao longo desta jornada.

Ao Eng Agrícola e Ambiental Hugo Manoel Henrique pela amizade e colaboração ao longo de todo o trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Água e Solo do DTR-UFRPE, Rogério, Valdemir Jr., Tatyana, Adriana, Thaís, Adriano, Eduardo, José Roberto, Glécio, Cleene, Thalita, Bárbara, Paula e Yuri, pela amizade construída e trabalho em conjunto, empenho, disponibilidade e alegria que demonstraram durante todo o período de coleta de dados e análise das informações.

Ao Professor Dr. Abelardo Montenegro pela orientação e supervisão na elaboração deste trabalho.

A todos os meus professores da Pós-graduação, em especial aos professores Dr. Marcus Metri e Dr. Manassés Mesquita, pela contribuição que deram ao meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional durante todo o curso.

Aos amigos funcionários da UFRPE, José Luiz (Lulinha) e Antônio Jr. (Granjinha) pelos momentos de descontração e amizade.

Ao Sr. Malaquias Xavier de Oliveira e família, autores principais desta obra, pela considerável ajuda, tanto pela área disponibilizada como pela sua dedicação no manejo da cultura durante o experimento de campo.

A Embrapa Algodão, na pessoa do Dr. Napoleão Beltrão, pela contribuição técnico-científica e pela amizade construída durante a execução deste trabalho.

Ao PPGEA-UFRPE, à FACEPE, ao CNPq e ao Projeto CISA-UFPE, pelo suporte financeiro e logístico aplicados neste trabalho.

A todos que dedicaram sua parcela de orientação e ajuda ao longo não só do curso, mas também da vida. Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

Página	
RESUMO GERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO 1: EFEITOS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E COBERTURA MORTA NA DINÂMICA DE UMIDADE EM NEOSSOLO FLÚVICO.	
Resumo	21
Abstract	22
Introdução	23
Material e métodos	24
Resultados e discussão	30
Conclusões	37
Referências bibliográficas	37
CAPÍTULO 2: CRESCIMENTO DE MAMONA IRRIGADA BRS ENERGIA EM NEOSSOLO FLÚVICO SOB COBERTURA MORTA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.	
Resumo	40
Abstract	41
Introdução	42
Material e métodos	43
Resultados e discussão	48
Conclusões	57
Referências bibliográficas	61
CAPÍTULO 3: PRODUTIVIDADE, COMPONENTES DE PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA DE MAMONA IRRIGADA EM NEOSSOLO FLUVICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.	
Resumo	61
Abstract	62
Introdução	63
Material e métodos	64
Resultados e discussão	69
Conclusões	77
Referências bibliográficas	77
CONSIDERAÇÕES GERAIS E PERSPECTIVAS PARA O FUTURO	81

Capítulo I

Tabela 1. Resultado de análise de fertilidade do solo da área experimental, Pesqueira-PE, 2011.	25
Tabela 2. Análise da textura, densidade do solo (Ds), densidade da partícula e porosidade total do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2007.	25
Tabela 3. Coeficientes de Cultura (Kc's) tentativos pra cultura da mamoneira. Pesqueira, 2011.	27
Tabela 4. Valores médios de umidade do Neossolo Flúvico ao longo de todo ciclo da cultura, para a camada de 0 a 20 cm.	33
Tabela 5. Valores médios do conteúdo de água do Neossolo Flúvico na ausência e presença de cobertura morta ao longo de todo ciclo da cultura, em função das lâminas de irrigação, para a camada de 0 a 20 cm. Pesqueira, 2011.	33
Tabela 6. Valores médios do conteúdo de água do Neossolo Flúvico na ausência e presença de cobertura morta ao longo de todo ciclo da cultura, em função da das lâminas de irrigação, para a camada de 20 a 40 cm. Pesqueira, 2011.	36

Capítulo II

Tabela 1. Resultado de análise de fertilidade do solo da área experimental, Pesqueira-PE, 2011.	44
Tabela 2. Análise da textura, densidade do solo (Ds), densidade da partícula e porosidade total do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2007.	44
Tabela 3. Coeficientes de Cultura (Kc's) tentativos pra cultura da mamoneira. Pesqueira, 2011.	45
Tabela 4. Resumo das análises de variância e de variáveis de crescimento da mamoneira BRS Energia para Altura de plantas (AP), Taxa de crescimento absoluto para altura de plantas (TCAAP), Taxa de crescimento relativo para altura de plantas (TCRAP), Diâmetro de caule (DC), Taxa de crescimento absoluto para o diâmetro de caule (TCADC), Taxa de crescimento relativo para o diâmetro de caule (TCRDC), Índice de área foliar (IAF). Pesqueira-PE, 2011.	50

Capítulo III

Tabela 1. Resultado de análise de fertilidade do solo da área experimental, Pesqueira-PE, 2011	65
Tabela 2. Análise da textura, densidade do solo (Ds), densidade da partícula e porosidade total do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2007.	65
Tabela 3. Coeficientes de Cultura (Kc's) tentativos pra cultura da mamoneira. Pesqueira, 2011.	66
Tabela 4. Resumo das análises de variância para os componentes de produção da mamoneira BRS Energia: Número de racemos por planta (NRP); Comprimento de racemos (CR), Produtividade de frutos (PF), Produtividade de bagas (PG), Percentual de casaca (PC), Massa de 100 sementes (M100) e Eficiência no uso da água (EUA). Pesqueira, 2011.	69

Capítulo I

Figura 1. A. Curvas de retenção de água para o Neossolo flúvico na camada de 0-20 cm. B. Curvas de retenção de água para o Neossolo flúvico na camada 20-40 cm. Pesqueira – PE, 2011.	26
Figura 2. Tanque Classe “A”. Pesqueira-PE, 2011.	27
Figura 3. A. Sonda de Nêutrons. B. Curva de calibração neutrônica. Pesqueira-PE, 2011.	29
Figura 4. Distribuição da ETo e da precipitação pluviométrica ao longo do experimento. Pesqueira-PE, 2011.	30
Figura 5. Distribuição temporal da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura na camada de 0 a 20 cm na ausência e presença de cobertura, antes da irrigação. Pesqueira-PE, 2011.	31
Figura 6. Distribuição temporal da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura na camada de 0 a 20 cm na ausência e presença de cobertura, depois da irrigação. Pesqueira-PE, 2011.	32
Figura 7. Distribuição temporal da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura na camada de 20 a 40 cm na ausência e presença de cobertura, antes da irrigação. Pesqueira-PE, 2011.	35
Figura 8. Distribuição temporal da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura na camada de 20 a 40 cm na ausência e presença de cobertura, depois da irrigação. Pesqueira-PE, 2011.	35
Figura 9. Produtividade média da mamoneira e respectivos desvios-padrão nos diferentes tipos de cobertura do solo. Pesqueira-PE, 2011.	37

Capítulo II

Figura 1. A. Curvas de retenção de água para o Neossolo flúvico na camada de 0-20 cm. B. Curvas de retenção de água para o Neossolo flúvico na camada 20-40 cm. Pesqueira – PE, 2011.	44
Figura 2. Tanque Classe “A”. Pesqueira-PE, 2011.	46
Figura 3. Distribuição da ETo e da precipitação pluviométrica ao longo do experimento, Pesqueira-PE, 2011.	49
Figura 4 – A. Altura média das plantas (AP) ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. B. Altura média das plantas (AP) ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. C. TCAAP ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. D. TCAAP ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. E. TCRAP ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. F. TCRAP ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. Pesqueira-PE, 2011.	53
Figura 5 - A. Evolução do DC ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. B. Evolução do DC ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. C. TCADC ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. D. TCADC ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. E. TCRDC ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. F. TCRDC ao longo do ciclo da cultura em função da presença e da ausência de cobertura morta. Pesqueira-PE, 2011.	55
Figura 6 - A. Evolução do IAF ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. B. Evolução do IAF ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. Pesqueira-PE, 2011.	57

Capítulo III

Figura 1. A. Curvas de retenção de água para o Neossolo flúvico na camada de 0-20 cm. B. Curvas de retenção de água para o Neossolo flúvico na camada 20-40 cm. Pesqueira – PE, 2011.	65
Figura 2. Tanque Classe “A”. Pesqueira-PE, 2011.	67
Figura 3. Distribuição da ETo e da precipitação pluviométrica ao longo do experimento, Pesqueira-PE, 2011.	69
Figura 4. Número de racemos por planta em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.	71
Figura 5. Comprimento médio de racemos em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.	72
Figura 6. Produtividade de frutos em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.	73
Figura 7. Produtividade de bagas em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.	74
Figura 8. Percentual de casca em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.	75
Figura 9. Massa de 100 sementes em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.	76
Figura 10. Eficiência do Uso da água em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.	77

Lista de símbolos

ACM	Ausência de cobertura morta
AP	Altura de plantas
AS	Área sombreada
BShw'	Clima semiárido quente, caatinga hiperxerófila
cmol _c	Centimol de carga
CN	Contagem normatizada de nêutrons atenuados
CR	Comprimento do racemo
DAG	Dias após a germinação
DC	Diâmetro de caule
Ea	Eficiência de aplicação
ET _c	Evapotranspiração de referência
ET _o	Evapotranspiração de cultura
EUA	Eficiência do uso da água
EV	Evaporação
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
Ia	Intensidade de aplicação
IAF	Índice de área foliar
kc	Coefficiente de cultura
kl	Coefficiente de localização
kPa	kiloPascal
kt	Coefficiente de tanque
M100	Massa de cem sementes
NEP	Número de emissores por planta
NRP	Número de racemos por plantas
P	Precipitação
PB	Produtividade de bagas
PCM	Presença de cobertura morta
PF	Produtividade de frutos
Pw	Percentual de área molhada
Qemissor	Vazão do emissor
Se	Espaçamento entre emissores
Sf	Espaçamento entre fileiras
Sp	Espaçamento entre plantas
TCA	Taxa de crescimento absoluto
TCR	Taxa de crescimento relativo
Ti	Tempo de irrigação
W	Diâmetro médio de bulbo molhado por emissor
W Gr	Oeste de Greenwich

RESUMO GERAL

Objetivou-se com o presente estudo, avaliar o efeito de lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta sobre a cultura da mamona BRS Energia em Neossolo Flúvico em vale aluvial em Pesqueira, semiárido de Pernambuco, em condições de moderada salinidade. O experimento foi implantado em 08 de setembro de 2010 sendo finalizado em 18 de janeiro de 2011. O início da germinação das plantas se deu no dia 20 de setembro, perfazendo um total de 120 dias úteis. Avaliou-se a influência dos tratamentos na dinâmica de umidade do solo, com delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2)x3, correspondentes às lâminas de irrigação, baseadas na evapotranspiração de cultura (ET_c), sendo L1 = 60% ET_c; L2 = 80% ET_c; L3 = 100% ET_c; L4 = 120% ET_c, ausência e presença de cobertura morta na densidade de 12 t ha⁻¹, e três repetições. Foi realizada análise multivariada de medidas repetidas no tempo, ao todo foram realizadas 27 medições ao longo do ciclo da cultura. A cobertura morta preservou a umidade do solo sempre acima da capacidade campo. O incremento na umidade em função da presença de cobertura morta foi de 23,8% e 26% nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, respectivamente, em relação à ausência da mesma. A irrigação proporcionou níveis ótimos de umidade em ambos os sistemas de cobertura, acima da capacidade de campo e bem abaixo da umidade de saturação. Outrossim, também foi realizada análise crescimento da cultura, onde foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2)x4, bem como análise multivariada de medidas repetidas com o tempo, em que foram conduzidas 8 medições nos seguintes intervalos: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias após a germinação (DAG), sendo avaliadas 3 plantas por parcela experimental. Realizaram-se análises de crescimento não destrutivas: Diâmetro do Caule (DC), Altura das Plantas (AP) e Índice de Área Foliar (IAF). A partir dos dados medidos de AP, DC e IAF, foram calculados a Taxa de Crescimento Absoluta (TCA) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR) para cada variável, respectivamente, exceto para o IAF. Todas as variáveis de crescimento apresentaram diferença significativa ao longo do ciclo da cultura principalmente na presença de cobertura, exceto as taxas de crescimento absoluta e relativa do DC. Os efeitos das lâminas de irrigação apenas foram significativos para altura de plantas (AP) e para o Índice de Área Foliar (IAF). Por fim, foram avaliados os componentes de produção da cultura, utilizando-se o delineamento anterior. Foi realizada uma única colheita aos 120 dias após a germinação (DAG), sendo coletadas amostras de 3 plantas por parcela experimental. Realizaram-se análises do número de racemos por planta (NRP); comprimento de racemos (CR), em centímetros (cm); produtividade de frutos (PF) em quilogramas por hectare (kg/ha); produtividade de bagas (PG), em quilogramas por hectare (kg/ha); massa de 100 sementes (M100) em gramas (g) e eficiência no uso da água (EUA), em quilogramas de bagas por metro cúbico de água (kg/m³). Todas as variáveis, exceto a M100 apresentaram diferença significativa aos tratamentos. O NRP, a PC e a EUA responderam significativamente à presença de cobertura do solo. Já o CR, a PF e PB responderam significativamente aos efeitos isolados das lâminas e da cobertura do solo. A lâmina de 679,77 mm correspondente a 100% da ET_c foi a que permitiu melhor desempenho da cultura com, uma produtividade média de 2.461,4 kg ha⁻¹ de bagas.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of different irrigation levels in the presence and absence of mulch on soil moisture dynamics in castor bean (*Ricinus Comunnis* L.) BRS Energy cultivation in communal farming. The experimental design was completely randomized in factorial scheme (4x2) x3, with four primary treatments, which are the irrigation based on crop evapotranspiration (ETc), L1 = 60% ETc, L2 = 80% ETc; 100% ETc = L3, L4 = 120% ETc, and two secondary treatments, is the absence and presence of mulch on density equal to 12 ton ha⁻¹ and three replicates. Altogether 27 measurements were taken along the crop cycle. The mulch kept the soil moisture above field capacity. The increase in humidity due to the presence of mulch was 23.8% and 26% in the 0-20 cm and 20-40 cm layers, respectively, compared to its absence. Irrigation allowed moisture in both covering systems to present optimal levels, above the field capacity moisture and far below saturation. Furthermore, it was also performed growth analysis. The experimental design was a completely randomized in a factorial scheme (4x2) x4. Eight measurements were performed in the following periods: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 days after germination (DAG) and evaluated three plants per plot. Analyses of non-destructive growth, stem diameter (AD), plant height (PH) and Leaf Area Index (LAI). From the measured data of AP, DC, and IAF, we calculated the absolute growth rate (AGR) and relative growth rate (RGR) for each variable respectively. All growth variables showed significant differences along the crop cycle mainly to the presence of cover, except absolute and relative growth rates of DC. The effects of irrigation levels were only significant for plant height (PH) and the Leaf Area Index (LAI). Finally, the crop yield components of castor bean (*Ricinus Comunnis* L.) were evaluated. The experimental design was same as above. It was performed a single harvest at 120 days after germination (DAG), and sampled three plants per plot. Analyses of the number of racemes per plant (NRP), length of racemes (CR) in centimeters (cm), productivity of fruits (PF) in kilograms per hectare (kg/ha), yield of berries (PG) in kilograms per hectare (kg/ha), mass of 100 seeds (M100) in grams (g) and water use efficiency (EUA) in kilograms of berries per cubic meter (kg/m³) have been performed. All variables except the M100 showed a significant difference to the adopted treatment. The NRP, the PC and the EUA responded significantly to the presence of ground cover, as the CR, the PF and PB responded significantly to the effects of individual irrigation depths and the soil cover. The irrigation depth of 679.77 mm corresponding to 100% of ETc was the best choice allowing an average yield of 2461.4 kg ha⁻¹ of berries for the crop.

INTRODUÇÃO GERAL

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa cujo produto apresenta uma grande multiplicidade de uso. As possibilidades de utilização da mamoneira incluem o seu emprego como substituto do clorofluorcarboneto (CFC), como combustível, na fabricação de plásticos biodegradáveis e principalmente como lubrificante (AZEVEDO & LIMA, 2001).

Na conjuntura atual, em que a mamoneira desponta entre as soluções viáveis no processo produção de matéria-prima para o biodiesel, a partir de fitossistemas, a irrigação pode contribuir, em muito, para o agronegócio, aumentando o índice anual de uso da terra, e ao mesmo tempo, aumentar a renda no contexto da agricultura familiar e empresarial, gerando empregos e divisas para a nação (BARRETO & AMARAL, 2004).

Há grandes possibilidades desta cultura vir a se tornar a principal fonte de matéria-prima para suprir esta demanda, especialmente no Nordeste brasileiro. Entretanto, a produtividade da mamoneira nesta região ainda é baixa, o que se deve, em parte, ao baixo nível tecnológico empregado por grande parte dos agricultores, que acreditam que a planta não necessita de muitos cuidados agrônômicos. Realmente, a cultura apresenta ampla capacidade de adaptação à seca sendo considerada xerófila, porém é sensível ao excesso de umidade por períodos prolongados, notadamente na fase inicial e na frutificação (BELTRÃO et al, 2003).

A mamoneira também é tida como ótima recicladora de nutrientes do solo, especialmente em função da profundidade de seu sistema radicular, que atinge em média de 1,5 a 2,0 m, podendo chegar a 3,0 m. Outro aspecto importante é a possibilidade de fornecimento da matéria orgânica ao solo pela cultura, na base de 20 a 30 t ha⁻¹ ano⁻¹ de massa verde (EMPAER-MT, 1999).

Por ser uma planta com capacidade de produzir satisfatoriamente bem sob condições de baixa precipitação pluvial, Barros Jr. et al. (2008) ressaltam que, a mamona se apresenta como uma alternativa de grande importância para o semiárido brasileiro. Nesta região, a cultura mesmo tendo a produtividade afetada, tem-se mostrado resistente ao clima adverso quando se verificam perdas totais em outras culturas, servindo, desta forma, como uma das poucas alternativas de trabalho e de renda para o agricultor da região semiárida do Nordeste do Brasil.

A faixa ideal de precipitação pluvial para produção da mamona varia entre 750 e 1500 mm, com um mínimo de 600 a 750 mm durante todo o ciclo da cultura, ajustando-se o plantio de forma que a planta receba de 400 a 500 mm até o início da floração (TÁVORA, 1982).

No semiárido nordestino, uma lavoura de mamona em condições adequadas produz em torno de 1.500 kg ha⁻¹ em cultivo de sequeiro, embora a média de produtividade nacional situe-se abaixo de 500 kg ha⁻¹ devido à baixa adoção de tecnologias apropriadas (DIAS, 2009).

Silva (2008), trabalhando com a variedade BRS - 188 Paraguaçu em Neossolo Flúvico no semiárido pernambucano, em regime de sequeiro, obteve produtividade média em torno de 2900 kg ha⁻¹. Neste período a precipitação pluvial acumulada foi de 456 mm.

Entretanto, quando a cultura fica exposta às intempéries climáticas, a irrigação é uma medida importante para garantir o suprimento hídrico nos momentos de maiores demandas. Alguns autores têm verificado que a irrigação é eficiente no aumento da produtividade, pelo efeito benéfico nos números de racemos por planta e de cápsulas por racemo e no peso de mil sementes (KOUTROUBAS et al., 1999).

A mamoneira responde bem à irrigação, com incrementos bastante consideráveis, de até oito vezes a mais que o cultivo em sequeiro. Koutroubas et al. (2000), em condições de clima do mediterrâneo, utilizando duas cultivares de mamona irrigadas, encontraram produtividades de até 4049 kg ha⁻¹, correspondendo a um aumento de produtividade cerca de quatro vezes maior do que a obtida sem irrigação (DIAS, 2009).

Neste contexto, na busca de um manejo adequado da irrigação, fazem-se necessárias pesquisas para estimar a evapotranspiração das culturas, gerando informações essenciais ao manejo da água e ao dimensionamento dos sistemas de irrigação. A FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), nas duas últimas décadas, tem reiteradamente recomendado a realização de pesquisas locais para determinar a demanda hídrica das culturas, pois a escolha de determinado método de determinação deve ser precedida por uma calibração local (CURI & CAMPELO JR., 2001).

A evapotranspiração é um dos componentes do ciclo hidrológico que mais apresenta incerteza, necessitando de informações hidrometeorológicas do local (OLIVEIRA et al., 2008). Os modelos teóricos mais utilizados foram desenvolvidos para o Hemisfério Norte, pressupondo condições de disponibilidade hídrica constante. Para regiões

caracterizadas por períodos secos e chuvosos distintos e claramente definidos, esses métodos podem conduzir a erros grosseiros (WENDLAND et al., 2004).

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi conceituada por Pereira et al. (2002), como a quantidade de água utilizada por uma cultura, em qualquer fase de seu desenvolvimento, desde a semeadura até a colheita (quando não houver restrição hídrica), e por este motivo esta é também denominada de evapotranspiração máxima de cultura. Ela varia em função da área foliar (superfície transpirante), pois quanto maior a área foliar maior será a ET_c, para uma mesma demanda atmosférica. A evapotranspiração de uma cultura dependerá principalmente dos fatores climáticos, da espécie, do estágio de desenvolvimento da planta e do manejo.

Para determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) da mamoneira cultivar Íris, Curi & Campelo (2004), utilizaram seis lisímetros de nível freático constante, mantido a 50 cm da superfície. Em contrapartida, para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), os autores utilizaram o método do Tanque Classe A e um lisímetro de drenagem cultivado com grama batatais (*Paspalum notatum* L.). Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre as estimativas de ET_o. A ET_c média diária para o ciclo da cultura, obtida com nível freático de 50 cm, foi de 4,0 mm.dia⁻¹. O consumo médio acumulado de água no ciclo foi de 439,67 mm. O coeficiente de cultura (K_c) médio, obtido pela razão entre ET_c e ET_o, variou no ciclo da cultura de 0,15 a 1,37.

Já Bezerra (2004) observou que a necessidade de água da mamoneira cv Iris apresentou uma variação significativa em função da época de cultivo. O coeficiente de cultivo (K_c) variou de 0,32 a 1,317 durante o ciclo da cultura, para as condições de Santo Antônio do Leverger – MT.

Por conseguinte, vale salientar que a região semiárida nordestina, apesar de seu potencial para agricultura, apresenta um regime irregular de chuvas e alta evaporação. Deste modo, fazem-se necessárias alternativas de manejo que reduzam a evaporação da água do solo, e as lâminas a serem aplicadas durante os cultivos. Dentre tais alternativas, as mais promissoras no semiárido são, a adoção de cobertura morta e a otimização do turno de rega (LIMA et al., 2006).

O uso de cobertura no solo é uma prática recomendada, devido a benefícios como a melhoria do desempenho das culturas, por contribuir para evitar perdas excessivas de água do solo. Também diminui o impacto das gotas de chuva sobre o solo, reduzindo a ação da erosão superficial, e contribuindo para o tamponamento das mudanças de

temperatura do solo. Cabe também mencionar a reposição de nutrientes, e o desenvolvimento da fauna edáfica (SOUZA & RESENDE, 2003). A composição e a densidade da cobertura são importantes aspectos a serem considerados para análise de seus efeitos sobre as culturas, dentre eles: a melhor conservação da umidade, manutenção de temperatura mais estável, conservação da estrutura do solo, menor perda de adubos e corretivos por lixiviação, permitindo melhor aproveitamento dos mesmos pelo sistema radicular; proteção do sistema radicular contra danos de equipamentos; dispensa nas capinas ou redução da aplicação de herbicidas; proteção dos frutos do contato direto com o solo; aumento da precocidade das colheitas (MEDEIROS et al., 2007).

Apesar dessa alternativa de manejo cultural possibilitar melhorias no tocante a conservação de solo e água e diante da carência de informações sobre cobertura em cultivo de mamona, este estudo visa avaliar o potencial do cultivo irrigado da mamona na agricultura familiar, utilizando-se diferentes lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta, utilizando coeficientes de cultura (Kc) da literatura. Busca-se estabelecer procedimentos de manejo capazes de permitir condições adequadas de desenvolvimento, sob condições de média salinidade na região semiárida de Pernambuco.

Nos capítulos que se apresentam são abordados os efeitos de lâminas de irrigação e cobertura morta no cultivo da mamona, sendo que no Capítulo 1 tem-se a dinâmica temporal de umidade em Neossolo Flúvico. No Capítulo 2 é avaliada a influência dos tratamentos dotações hídricas e presença e ausência de cobertura morta nas variáveis de crescimento da mamona BRS Energia. Por fim, no Capítulo 3, verifica-se a influência dos mesmos tratamentos nos componentes de produção ao final do experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, D.M.; LIMA, E.F. (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.

BARRETO, A.N.; AMARAL, J.A.B. Quantificação de água necessária para a mamoneira irrigada com base nas constantes hídricas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2004, Campina Grande. 1 CD-ROM.

BARROS JR, G., GUERRA, H.O.C.; CAVALCANTI, M.L.F., LACERDA, R.D.L. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a

estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 350–355, 2008.

BELTRÃO, N.E.M.; SOUZA, J.G.; SANTOS, J.W.; JERÔNIMO, J.F.; COSTA, F.X.; LUCENA, A.M.A.; QUEIROZ, U.C. Fisiologia da mamoneira, cultivar BRS-149 Nordestina na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.7, n.1, p.659-664. jan-abr. 2003.

BEZERRA, E.L. Evapotranspiração na Cultura da Mamoneira 2004, 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso.

CURI, S., CAMPELO JUNIOR., J.H. Necessidades Hídricas da Cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) na Baixada Cuiabana. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n.1, p. 59-65, 2001.

CURI, S., CAMPELO JUNIOR, J.H. Evapotranspiração e Coeficientes de Cultura da Mamoneira (*Ricinus Communis* L.), em Santo Antônio do Leverger-MT. In: I Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Sustentabilidade. Campina Grande - PB. 2004. CD-Rom. 6p.

DIAS, J. M. Eficiência de uso da água e rentabilidade da cultura da mamona irrigada. 2009. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais – Processos Ambientais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

EMPAER-MT Diretrizes Técnicas para o cultivo da mamona no Vale do São Lourenço. Cuiabá: EMPAER-MT, 1999. 48p.

KOUTROUBAS, S.D.; PAPAKOSTA, D.K.; DOITSINIS. Water requirements for Castor Oil Crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean Climate. **Journal Agronomy & Crop Science**. 184, p.33-41, 2000

KOUTROUBAS, S.D.; PAPAKOSTA, D.K.; DOITSINIS, A. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. **European Journal of Agronomy**, v. 11, p. 227-237, 1999.

LIMA, P.A.; MONTENEGRO, A.A.A.; LIRA JR., M.; SANTOS, F.X.; PEDROSA, E.M.R. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.1, p.73-80, 2006.

MEDEIROS, J.F.; SANTOS, S.C.L.; CÂMARA, M.J.T.; NEGREIROS, M.Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.4, 2007.

OLIVEIRA, L.M.M.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; AZEVEDO, J.R.G.; SANTOS, F.X. Evapotranspiração de referência na bacia experimental do riacho Gameleira, PE, utilizando-se lisímetro e métodos indiretos. **Agrária**, v.3, n.1, p. 58-250-67-250, 2008.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

SILVA, J.N.S. Caracterização edafoclimática em um cultivo de mamona (*Ricinus communis* L.) em vale aluvial no Agreste de Pernambuco. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SOUZA J.L.; RESENDE P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa, MG, Aprenda Fácil, 2003. 564p.

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

WENDLAND, E., CUNHA, A.T. & RABELO, J.L. “Taxa de infiltração em zona de afloramento do Aquífero Guarani”. In Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá-MT, Out. 2004, CD ROM.

CAPÍTULO I

RESUMO

SILVA, J. J. N. **Efeitos de lâminas de irrigação e cobertura morta na dinâmica de umidade em Neossolo Flúvico**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

O presente trabalho foi realizado no município de Pesqueira-PE, no período de 08 de setembro de 2010 até 18 de janeiro de 2011. Foram realizados estudos para avaliar a influência de diferentes quantidades de água, e da presença e ausência de cobertura morta na dinâmica de umidade do solo em cultivo de mamona (*Ricinus communis* L.) cultivar BRS Energia sob agricultura familiar. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2)x3, com quatro tratamentos correspondentes às quantidades de água, baseadas na evapotranspiração de cultura (ETc), sendo L1 = 60% ETc; L2 = 80% ETc; L3 = 100% ETc; L4 = 120% ETc, e dois tratamentos, na ausência e presença de cobertura morta, na densidade de 12 t ha⁻¹ e três repetições. Foi realizada análise multivariada de medidas repetidas com o tempo. Ao todo foram realizadas 27 medições ao longo do ciclo da cultura. A cobertura morta preservou a umidade do solo sempre acima da capacidade campo. O incremento na umidade em função da presença de cobertura morta foi de 23,8% e 26% nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, respectivamente, em relação à ausência da mesma. A irrigação proporcionou que a umidade em ambos os sistemas de cobertura apresentasse níveis ótimos, acima da capacidade de campo e bem abaixo da umidade de saturação.

Termos de Indexação: Conteúdo de água no solo, condição de superfície; evapotranspiração

CHAPTER I

ABSTRACT

SILVA, J. J. N. **Effects of irrigation and mulch on the dynamics of moisture in Fluvic Neossoil.** 2012. Tese (Thesis-Doctorate in Agricultural Engineer) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

The objective of this study was to evaluate the influence of different irrigation levels in the presence and absence of mulch on soil moisture dynamics in castor bean (*RicinusComunnis* L.) BRS Energy cultivation in communal farming. The experimental design was completely randomized in factorial scheme (4x2) x3, treatments, which are the irrigation based on crop evapotranspiration (ETc), L1 = 60% ETc, L2 = 80% ETc; 100% ETc = L3, L4 = 120% ETc, and two secondary treatments, in the absence and presence of mulch, on density equal to 12 t ha⁻¹ and three replicates. Altogether 27 measurements were taken along the crop cycle. The mulch alternative kept the soil moisture above field capacity. The increase in humidity due to the presence of mulch was 23.8% and 26% in the layers 0-20 cm and 20-40 cm, respectively, regarding its absence. Irrigation allowed moisture in both covering systems to present optimal levels, above the field capacity moisture and far below saturation.

Index Terms: Water content in soil, surface condition, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

A umidade do solo influencia diretamente o volume de água nele armazenado, bem como a sua resistência à penetração, entre outros fatores. Logo, é de capital importância o conhecimento da umidade do solo para estudos do movimento da água no solo, disponibilidade de água, controle da erosão, época e quantidade de água a ser aplicada em irrigação (BERNARDO et al., 2008).

Por outro lado, o manejo racional da água no solo constitui um aspecto importante no planejamento das atividades agrícolas, principalmente para os cultivos irrigados, pois a sua falta ou excesso pode influenciar negativamente no desenvolvimento e no rendimento das plantas. Para determinar o teor de água no solo, o método gravimétrico é considerado como padrão (EMBRAPA, 1997). Este método apresenta elevada precisão, razão pela qual serve de referência na calibração de outros procedimentos e equipamentos empregados na estimativa do teor de água no solo. No entanto, este método requer um tempo mínimo de 24 h para se obter os resultados, o que dificulta a sua aplicação em condições de campo (BIANCHINI et al., 2009), além de requerer amostragem indeformada.

O manejo adequado de sistemas de irrigação depende das características físicas e químicas do solo. A interação da água com essas características manifesta propriedades como o limite superior de umidade que determinado solo apresenta, também denominado capacidade de campo, de grande importância nos processos de armazenagem e disponibilidade de água para as plantas (ANDRADE & STONE, 2011).

O teor de água no solo é variável no espaço e no tempo, embora em uma mesma unidade pedológica o comportamento da umidade possa apresentar considerável variabilidade devido à ação de diversos fatores, especialmente associados ao uso e manejo do solo (ÁVILA et al., 2010).

A utilização da sonda de Nêutrons para medir umidade volumétrica do solo é prática antiga, apresenta como vantagens o fato de possibilitar boa precisão, ser muito pouco destrutiva, fornecer o resultado no momento da medida e possibilitar medidas repetidas no mesmo local, integrando um volume de solo ou do meio onde está sendo efetuada a determinação. Com desvantagens deste método podem ser citados seu alto custo, necessidade de calibração, utilização de elementos radioativos que implicam em cuidados na sua operação e rígido controle de radioatividade (BERNARDO et al., 2008).

No tocante à conservação de umidade em cultivos irrigados, a cobertura do solo com palha é apresentada como uma prática cultural mitigadora dos processos naturais

que aumentam a eficiência do uso da água. O emprego de resíduos vegetais como cobertura morta do solo promove uma barreira ao fluxo de água do solo para a atmosfera (ALLEN et al., 1998), conservando-a por mais tempo no solo. Outro efeito benéfico desta prática está na oferta de nutrientes, em particular o nitrogênio (ALMEIDA et al., 2008), os quais são disponibilizados durante o processo de decomposição dos resíduos, além de um relevante potencial de controle da vegetação espontânea reinfestante (RESENDE et al., 2005; SANTOS et al., 2008; CARVALHO et al., 2011).

Desse modo, a proteção do solo com cobertura morta promove incrementos na produção das plantas, aumenta a água disponível no solo, fornecendo nutrientes essenciais às plantas, reduzindo a perda de água por evaporação resultando em maior crescimento do sistema radicular na camada superficial, e atenuando a flutuação da temperatura na superfície do solo (COSTA et al., 2007).

Costa et al. (2007) também relatam que a escolha do tipo de cobertura morta deve levar em consideração sua capacidade de retenção de água, porosidade, microbiótica benéfica, servir como fonte de nutrientes para a cultura, pH adequado e estar livre de insetos, nematóides e microorganismos competidores. Além disso, a camada de cobertura deve favorecer a formação de gradiente de concentração de CO₂ e possuir composição de nutrientes diferenciada do substrato de cultivo.

Desse modo, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação, na presença e ausência de cobertura morta, na dinâmica de umidade do solo em cultivo de mamona no âmbito da agricultura familiar em vale aluvial.

MATERIAIS E MÉTODOS:

Área de Estudo:

O estudo foi conduzido em lote experimental da Fazenda Nossa Senhora do Rosário, Pesqueira, PE, situada em vale aluvial na Região Agreste do Estado de Pernambuco, distando 230 km de Recife e 613 m acima do nível do mar. As coordenadas geográficas são: 8° 34' 17" S e 37° 1' 20" W Gr (SOUZA et al., 2008).

O clima do local é classificado, segundo Köppen, como BShw' semiárido quente, caatinga hiperxerófila. A média anual da umidade relativa do ar é de 73% e a velocidade média do vento é de 2,5 m s⁻¹ (SANTIAGO et al., 2004). A precipitação média anual na região é de 730 mm e a temperatura média é de 24,8°C, sendo a evapotranspiração

potencial anual de cerca de 1680 mm (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2006). O solo é caracterizado como Neossolo Flúvico.

Preparo do solo e plantio experimental

Foi realizado preparo convencional do solo com grade aradora, em seguida foi realizada abertura das covas e adubação de acordo com análise de solo (Tabela 1), realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFRPE, com fertilizantes orgânico (esterco de curral) e químico com Nitrogênio, seguindo recomendação da análise de solo, de acordo com Cavalcanti et al. (2008). As quantidades de fertilizantes foram 2 t ha⁻¹ de esterco de curral; 15 kg ha⁻¹ de nitrogênio na fundação e 20 kg ha⁻¹ na cobertura, cuja fonte foi Nitrato de Cálcio. No referido plantio experimental foi cultivada mamona (*Ricinus communis* L.), cultivar BRS-Energia, colocando-se quatro sementes por cova, numa área de 500 m² com espaçamento de 0,75 m x 1 m, perfazendo um stand de 666 plantas.

Esta cultivar é precoce, com ciclo curto, em torno de 120 dias, com teor médio de óleo de 48 %, produtividade média em torno de 1.800 kg ha⁻¹, frutos indeiscentes e sementes rajadas com as cores bege e marrom (EMBRAPA, 2007).

Tabela 1. Resultados de análise de fertilidade do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2011.

Amostra	pH (água - 1:2,5)	P (mg/dm ³)	Na	K	Ca + Mg (cmolc/dm ³)	Ca	Al	H + Al	C.O (g/kg)	M.O.
N.S. Rosário	6,2	100	0,14	0,25	4,5	2,8	0,0	3,31	0,24	0,42

Os atributos físicos da área de estudo, determinados segundo EMBRAPA (1997), estão descritos na Tabela 2 para as camadas de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm. De acordo com os resultados obtidos, a classe textural é Franco arenosa, segundo Embrapa (1997).

Nas Figuras 1A e 1B são mostradas as curvas de retenção de água no solo para as camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm respectivamente segundo Embrapa (1997).

Tabela 2. Análise da textura, densidade do solo (Ds), densidade da partícula e porosidade total do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2007.

Profundidade (cm)	Atributos						Classe Textural
	Areia	Argila	Silte	Ds	Dp	P	
	g/Kg			g/cm ³		(%)	
0-20	647,9	154,4	197,8	1,44	2,61	44,86	Franco arenoso
20-40	642,9	173,0	184,1	1,42	2,61	45,44	Franco arenoso
40-60	683,9	159,7	156,5	1,40	2,63	46,80	Franco arenoso

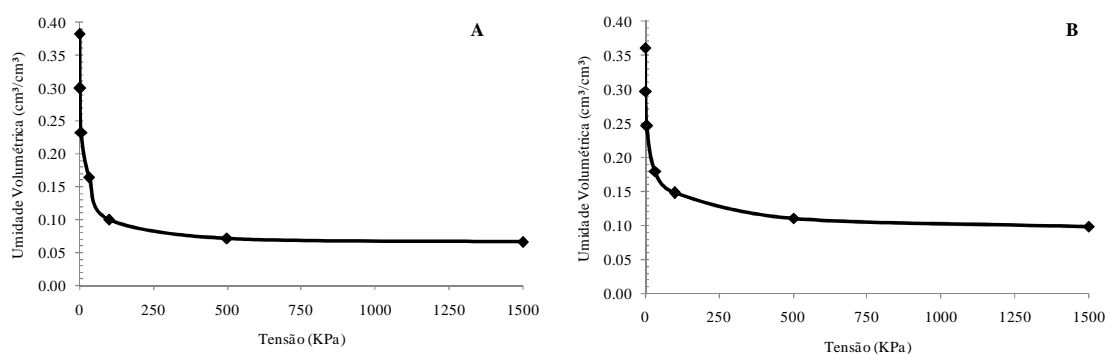


Figura 1. A. Curvas de retenção para o Neossolo Flúvico na camada de 0-20 cm. B. Curvas de retenção para o Neossolo Flúvico na camada 20-40 cm. Pesqueira – PE, 2011.

Sistema de irrigação e Delineamento experimental

O experimento foi implantado em 08 de setembro de 2010 sendo finalizado em 18 de janeiro de 2011, sendo que o início da germinação das plantas se deu no dia 20 de setembro, perfazendo um total de 120 dias úteis experimentais. O sistema de irrigação localizada utilizado neste experimento foi por gotejamento tipo botão autocompensantes modelo PCJ-CNL cinza, com vazão nominal de 4 l h⁻¹ e pressão de serviço na faixa 5 a 40 KPa, de acordo com o fabricante.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2)x4, correspondentes às lâminas de irrigação, baseadas na evapotranspiração de cultura (ETc), sendo L1 = 60% ETc; L2 = 80% ETc; L3 = 100% ETc; L4 = 120% ETc, e dois tratamentos ausência e presença de cobertura morta na densidade de 12 t ha⁻¹, ACM e PCM, respectivamente e três repetições, perfazendo um total de 24 parcelas experimentais, onde cada parcela possuía uma área útil de 2,25 m².

Determinação da Evapotranspiração de Referência (ETo), Evapotranspiração de Cultura (ETc) e Manejo da Irrigação:

A estimativa da evapotranspiração de cultura (ETc) foi realizada utilizando dados meteorológicos e de cultivo, conforme Equação 1:

$$ETc = \frac{EToxKcxKl}{Ea} \quad (1)$$

Onde:

ETc = Evapotranspiração da cultura, em milímetros (mm);

ETo = Evapotranspiração de referência, em milímetros (mm);

K_c = Coeficiente de cultura, adimensional, em função do estágio fenológico da cultura.

K_l = coeficiente de localização, adimensional (Keller e Bliesner, 1990);

E_a = Eficiência do sistema de irrigação

Os valores utilizados os coeficientes de cultura (K_c 's) foram adaptados de Dias (2009) e estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficientes de Cultura (K_c 's) tentativos pra cultura da mamoneira. Pesqueira, 2011.

Fases fenológicas	Caracterização das fases	Duração em dias	K_c
F1	Da germinação até 10% da cobertura do solo	14	0,75
F2	F1 - até inflorescência do 1º cacho.	34	0,85
F3	F2 – até inflorescência do 2º cacho	18	0,85-1,15
F4	F3 – até a maturação do 1º cacho	36	1,15
F5	F4 – até a maturação do 2º cacho	18	0,85

Fonte: Adaptado de Dias (2009).

Os valores de evapotranspiração de referencia (E_{To}) foram estimados por meio de Tanque Classe “A” (Figura 2), de acordo com a Equação 2:

$$E_{To} = E_v \times K_t \quad (2)$$

Onde:

E_v = Evaporação diária do Tanque Classe “A”, em mm; de acordo com Equação 3

K_t = Coeficiente de tanque, adimensional, em função da local, que neste estudo foi de 0,75 (ALLEN et al., 1998).



Figura 2. Tanque Classe “A”. Pesqueira-PE, 2011.

$$E_v = (L_{Anterior} - L_{Atual}) - P \quad (3)$$

em que:

$L_{anterior}$ = Leitura anterior da régua instalada no tanque, em mm;

L_{atual} = Leitura atual da régua instalada no tanque, em mm;

P = Precipitação, em mm.

O KI variou ao longo do experimento devido o mesmo ser dependente da percentual de área molhada ou sombreada, sendo o KI inicial estimado pela Equação 4.

$$KI = 0,1x\sqrt{Pw} \quad (4)$$

Onde:

Pw = Percentual de área molhada pelo emissor (%), de acordo com a Equação 5.

$$Pw = NEP \times \frac{SexW}{Sp \times Sf} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

NEP = N° de emissores por planta;

Se = Espaçamento entre emissores (m);

W = Diâmetro médio de bulbo molhado por emissor (m);

Sp = Espaçamento entre plantas (m);

Sf = Espaçamento entre fileiras (m)

A partir do estabelecimento da cultura, o Pw é substituído pelo percentual de área sombreada (Ps), conforme a Equação 6:

$$Pw = NEP \times \frac{AS}{Sp \times Sf} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

AS = Área sombreada (m²), de acordo com a Equação 7

$$AS = \frac{\pi D^2}{4} \quad (7)$$

Onde:

D = Diâmetro médio da copa das plantas (m).

O manejo da irrigação foi realizado a cada dois dias, quando se aplicaram quatro lâminas: L1= 60, L2= 80, L3=100 e L4=120%ETc. A aplicação das lâminas foi realizada mediante variação do tempo de aplicação, de acordo com Equação 8:

$$Ti = \frac{ETc}{Ia} \times f \quad (8)$$

Onde:

f = Fator de correção da evapotranspiração, sendo: 0,6; 0,8; 1 ou 1,2 para tratamento com reposição de 60, 80, 100 e 120% da ETc, respectivamente;

Ti = Tempo de irrigação (h);

Ia = Intensidade de aplicação (mm h⁻¹), seguindo a Equação 9

$$Ia = \frac{Qemissor}{Sp \times Sf} \quad (9)$$

Onde:

$Q_{\text{emissor}} = \text{vazão por emissor (m}^3/\text{h)}$.

Determinação da umidade

Para determinação da umidade do solo, foi utilizada sonda de Nêutrons tipo 503 DR HYDROPROBE® (Souza et al 2008). Foram instalados 24 tubos de acesso para sonda (Figura 3A), um por tratamento, onde foi observada a variação da umidade a 10 cm de distância do emissor, antes e depois da irrigação, em 27 medições regularmente distribuídas no decorrer do período experimental, em três camadas do solo, a 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm; analisadas separadamente, respectivamente.

Os tubos de acesso foram confeccionados com PVC com 50 mm de diâmetro e espessura de parede de 2 mm. Cada tubo apresentou um comprimento de 1,2 m, sendo que apenas 0,9 m foram introduzidos no solo, ficando 0,3 m acima da superfície do solo. Utilizou-se na instalação do tubo trado com diâmetro semelhante, de modo a produzir adequada aderência entre a parede do tubo e o solo.

Ajustou-se uma curva de calibração neutrônica para o solo estudado, obtida pela plotagem dos valores de umidade volumétrica em função da contagem normatizada de neutrons atenuados (CN). A função de transformação da CN em umidade volumétrica apresentou coeficiente R^2 da regressão linear simples superior a 92%, o que é considerado alto (Figura 3B).

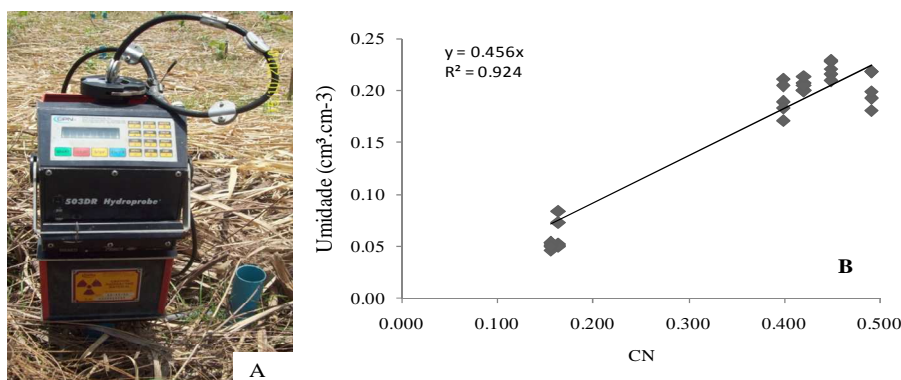


Figura 3. A. Sonda de Nêutrons. B. Curva de calibração neutrônica. Pesqueira-PE, 2011.

Análise estatística

Para análise da dinâmica de umidade em função das diferentes dotações hídricas e da presença e ausência de cobertura morta, foi usada análise multivariada de medidas repetidas com o tempo. Utilizou-se o Programa SAS (SAS Institute, 1999).

Quando significativos, os dados foram submetidos a análise de regressão utilizando-se modelos linear ou quadrático. Na ausência de ajuste aos modelos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 são mostrados os valores de ETo medidos em Tanque Classe “A”, juntamente com o total precipitado durante o ciclo da cultura. Observa-se que toda chuva concentrou-se em apenas 3 eventos, aos 31, 32 e 33 DAG, totalizando 154,5 milímetros e que o maior valor de ETo foi de cerca de 8 milímetros no dia.

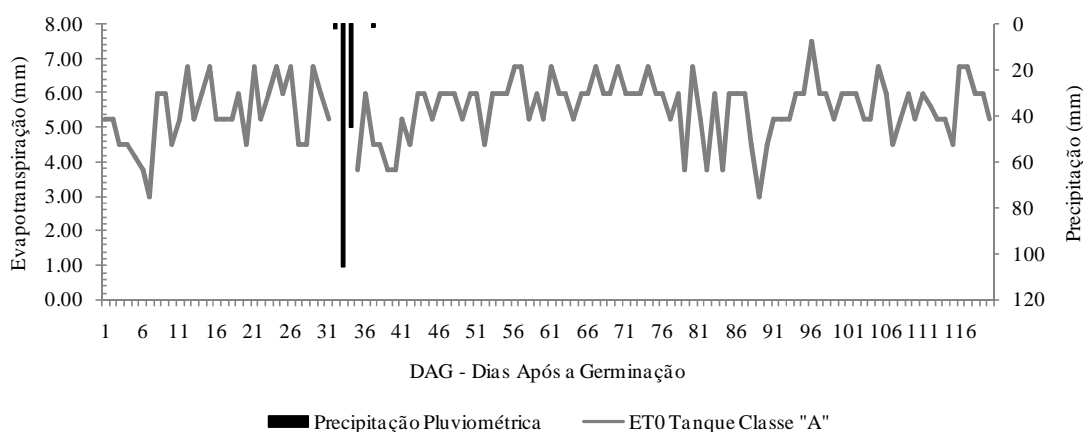


Figura 4. Distribuição da ETo e da precipitação pluvial ao longo do experimento. Pesqueira-PE, 2011.

As distribuições temporais da umidade do solo na camada de 0 a 20 cm nas condições de superfície do solo na ausência (ACM) e presença (PCM) de cobertura morta, antes da irrigação, estão apresentadas na Figura 5. Observa-se que a umidade no tratamento ausência de cobertura morta manteve-se um pouco abaixo da umidade de capacidade de campo ($16 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) até os 87 DAG, sendo superado até o fim do ciclo da cultura, provavelmente devido à demanda evapotranspirométrica da mesma se encontrar em nível máximo nessa idade, uma vez que as lâminas de irrigação se baseiam na ETc, decaindo no final.

Contudo, em nenhum momento do cultivo observou-se que a umidade do solo atingiu o ponto de murcha permanente ($7 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), o que comprova que a cultura não sofreu estresse hídrico. Outrossim, vale destacar que a cobertura morta preservou a umidade do solo sempre acima da capacidade campo, sem promover a saturação do solo ($38 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), mantendo o nível de água à cultura, sempre satisfatório.

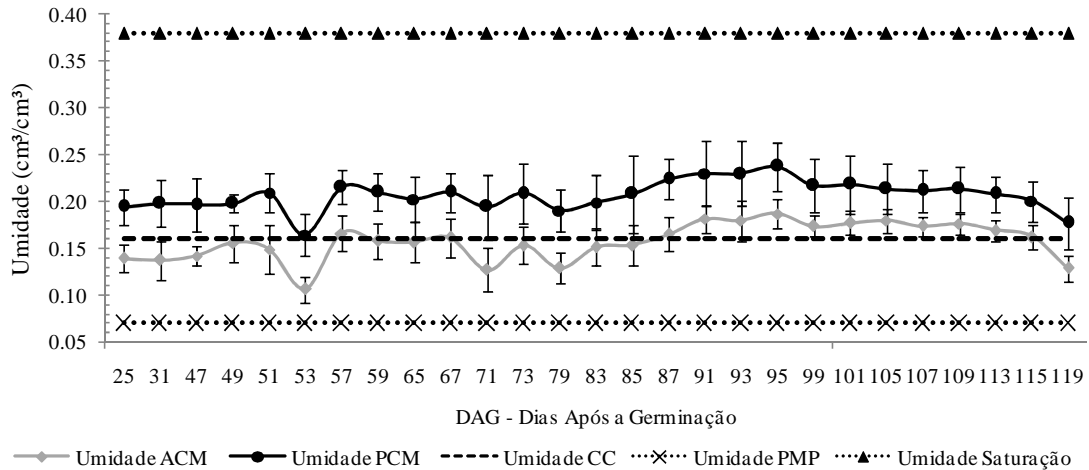


Figura 5. Distribuição temporal da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura na camada de 0 a 20 cm, na ausência e presença de cobertura, antes da irrigação. Pesqueira-PE, 2011.

O incremento na umidade em função da presença de cobertura morta foi de 23,8% em relação à ausência da mesma. Peres et al. (2010), trabalhando nas condições edafoclimáticas da região de Araras - SP, estudaram a influência da cobertura de palha de cana-de-açúcar nos valores da umidade volumétrica de um Latossolo Vermelho-Escuro. Os resultados coletados na camada de 0 a 20 cm mostraram que houve redução dos valores da umidade volumétrica do solo de 10,3% por dia, na condição com palha, e de 22,3% por dia, na condição sem palha.

Já Oliveira et al. (2010), na bacia do arroio Donato – RN, avaliaram as diferenças no comportamento das variáveis hidrológicas do balanço hídrico em duas condições de manejo do solo (plântio direto com e sem palha na cobertura), através de lisímetros de 1 m³ com solo indeformado, observando-se que a influência da palha reduziu o escoamento superficial, aumentou a drenagem profunda juntamente com a umidade do solo e reduziu a evaporação do solo, ocasionando uma redução na taxa de evapotranspiração, principalmente na camada de 0 a 10 cm.

Na Figura 6 é mostrada a distribuição temporal da água no solo nas condições apresentadas anteriormente, após a irrigação. Observa-se que a umidade em ambos os sistemas de cobertura apresentaram-se em níveis elevados, acima da capacidade de campo, e bem abaixo da umidade de saturação. Neste caso houve uma diferença de 16,7% nos valores médios da umidade entre os tratamentos na presença e ausência de cobertura morta.

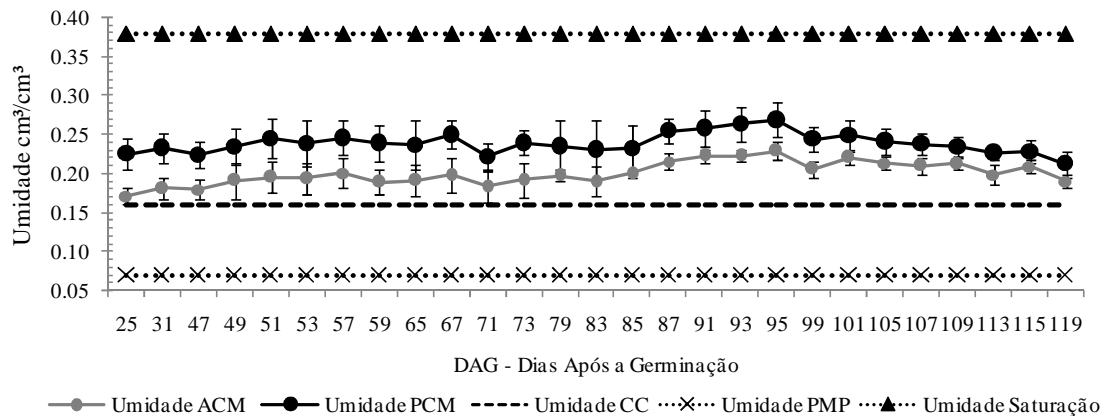


Figura 6. Distribuição temporal da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura na camada de 0 a 20 cm na ausência e presença de cobertura, depois da irrigação. Pesqueira-PE, 2011.

Souza et al. (2008) monitoraram a variação da umidade do solo nas lâminas de irrigação correspondentes a 38, 59, 72, 100 e 117% da ET_0 , em cinco tipos de cobertura do solo, em condições de canteiro, sem a presença de cultivo, nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm e observaram que os níveis de umidade acompanharam os acréscimos das lâminas irrigadas, apresentando tendência à homogeneização dos valores na ocorrência de precipitações acima de 10 mm. A presença de cobertura morta apresentou efeitos significativos no aumento do teor de umidade nas lâminas de 38, 59 e 72% da ET_0 . Apresentou, assim efeito benéfico na manutenção da umidade do solo, quando comparado à condição de solo exposto, dado pela liberação gradativa de água para o solo, principalmente nas lâminas abaixo de 100% da ET_0 .

Lyra et al. (2010) avaliaram a variação do conteúdo de água no solo em cultivo de milho na presença e na ausência de cobertura morta nas entrelinhas em Arapiraca-AL e observaram que a umidade na presença de cobertura morta foi superior em 65,8% dos dias de cultivo em relação à ausência de cobertura.

Na Tabela 4 é apresentada a análise estatística, pelo Teste de Tukey a 5%, dos valores médios de umidade nos diferentes momentos, antes e depois da irrigação ao longo do ciclo da cultura. Verifica-se que os valores da umidade do solo diferiram estatisticamente quando foram comparados ao longo dos dias após a germinação até o fim do ciclo da cultura.

Pode-se observar que os níveis de umidade se mantiveram satisfatórios ao longo do ciclo da cultura, apesar de existirem lâminas deficitárias (60% da ET_c) e excedentes (120% da ET_c) respectivamente, de forma que não houvesse saturação do solo. Os

dados não se ajustaram a modelos lineares ou quadráticos, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Valores médios de umidade do Neossolo Flúvico ao longo de todo ciclo da cultura, para a camada de 0 a 20 cm. Pesqueira, 2011.

Tempo Dias após a germinação	Umidade (cm ³ /cm ³)	
	Antes da Irrigação	Depois da Irrigação
25	0.168 bcde	0.197 f
31	0.167 bcde	0.207 edf
47	0.170 bcde	0.200 f
49	0.181 abcd	0.212 bcdef
51	0.174 abcde	0.220 abcdef
53	0.135 e	0.216 bcdef
57	0.192 abcd	0.223 abcdef
59	0.185 abcd	0.214 bcdef
65	0.177 abcd	0.214 bcdef
67	0.186 abcd	0.225 abcdef
71	0.160 dce	0.202 ef
73	0.181 abcd	0.215 bcdef
79	0.160 dce	0.220 abcdef
83	0.175 abcde	0.210 cdef
85	0.180 abcd	0.215 bcdef
87	0.195 abc	0.235 abcd
91	0.205 ab	0.240 abc
93	0.205 ab	0.243 ab
95	0.211 a	0.249 a
99	0.197 abc	0.224 abcdef
101	0.198 abc	0.234 abcde
105	0.197 abc	0.228 abcdef
107	0.192 abcd	0.223 abcdef
109	0.194 abcd	0.224 abcdef
113	0.189 abcd	0.213 bcdef
115	0.182 abcd	0.219 abcdef
119	0.154 de	0.201 f

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças entre as medias ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Valores médios do conteúdo de água do Neossolo Flúvico na ausência e presença de cobertura morta ao longo de todo ciclo da cultura, em função das lâminas de irrigação, para a camada de 0 a 20 cm. Pesqueira, 2011.

Lâminas (mm)	Umidade Antes (cm ³ /cm ³)		Umidade Depois (cm ³ /cm ³)	
	ACM	PCM	ACM	PCM
L4 = 772,22	0,178 aB	0,261 aA	0,211 aB	0,262 aA
L3 = 679,77	0,157 bB	0,223 bA	0,204 bB	0,243 bA
L2 = 588,19	0,147 cB	0,191 cA	0,196 cB	0,232 cA

$$\underline{L1 = 496,17 \quad 0,145 \text{ dB} \quad 0,185 \text{ dA} \quad 0,188 \text{ dB} \quad 0,217 \text{ dA}}$$

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças entre as medias ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças entre as medias ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Mota et al. (2010), trabalhando com melão irrigado na presença e ausência de cobertura morta em Cambissolo Háplico no município de Baraúna-RN, estimou o armazenamento de água no solo para a camada de 0 a 30 cm, concluindo que cobertura da superfície do solo aumentou a armazenagem de água em cultivado com meloeiro, especialmente nas fases inicial e vegetativa da cultura.

Já Resende et al. (2005) avaliaram os efeitos de diferentes tipos de cobertura morta de solo de origem vegetal sobre o crescimento, controle de plantas daninhas, produtividade e regime hidrotérmico do solo no cultivo da cenoura, cultivar Brasília, em Marília - SP. A utilização da cobertura morta de solo mostrou-se como uma prática vantajosa para o cultivo de verão da cenoura, reduzindo a temperatura em até 3,5°C, aumentando a retenção de umidade do solo em até 2,3%, na camada de 0 a 10 cm de profundidade, e melhorando o desenvolvimento das plantas de cenoura. Assim, o uso de cobertura morta de solo mostrou-se positiva em vários aspectos para cultura da cenoura, sendo técnica e economicamente viável, principalmente em pequenas áreas e em cultivos orgânicos.

A camada de 20 a 40 cm apresentou comportamento semelhante à camada de 0 a 20 cm, tendo a umidade na ausência de cobertura morta permanecido por mais da metade do ciclo, até 87 DAG, um pouco abaixo da umidade de capacidade de campo ($18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), sem que com isso pudesse causar estresse hídrico, estando bem acima da umidade de ponto de murcha permanente ($10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (Figura 7). O tratamento na presença de cobertura apresentou a umidade do solo maior em relação à ausência na ordem de 26% antes da irrigação e de 16,7% após a mesma.

Peres et al. (2010), considerando a camada de 20 a 40 cm, perceberam que a diferenciação dos tratamentos de cobertura do solo foi bem menor do que a verificada na camada de 0 a 20 cm, com diminuição da umidade volumétrica da ordem de 11,6% por dia, na condição com palha e de 15,9% por dia, na condição sem palha.

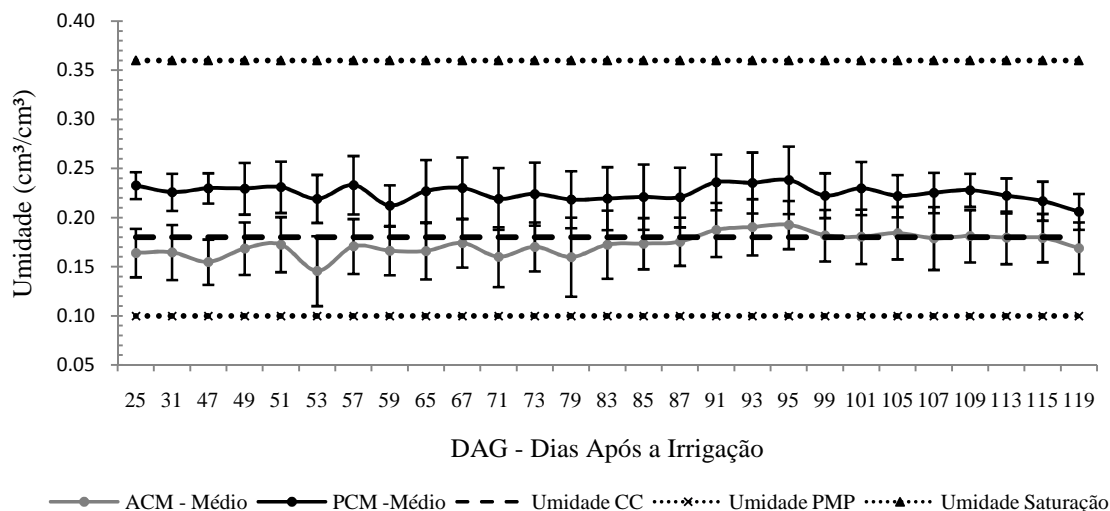


Figura 7. Distribuição temporal da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura na camada de 20 a 40 cm, na ausência e presença de cobertura, antes da irrigação. Pesqueira-PE, 2011.

Na Figura 8 observa-se o efeito da irrigação na umidade do solo ao longo do ciclo para a camada de 20 a 40 cm. Pode-se notar que, mesmo na ausência da cobertura morta, a umidade se manteve acima da capacidade de campo por todo o ciclo da cultura e que na presença de cobertura morta não se verificou excesso da umidade do solo que pudesse atingir o nível de saturação ($36 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$).

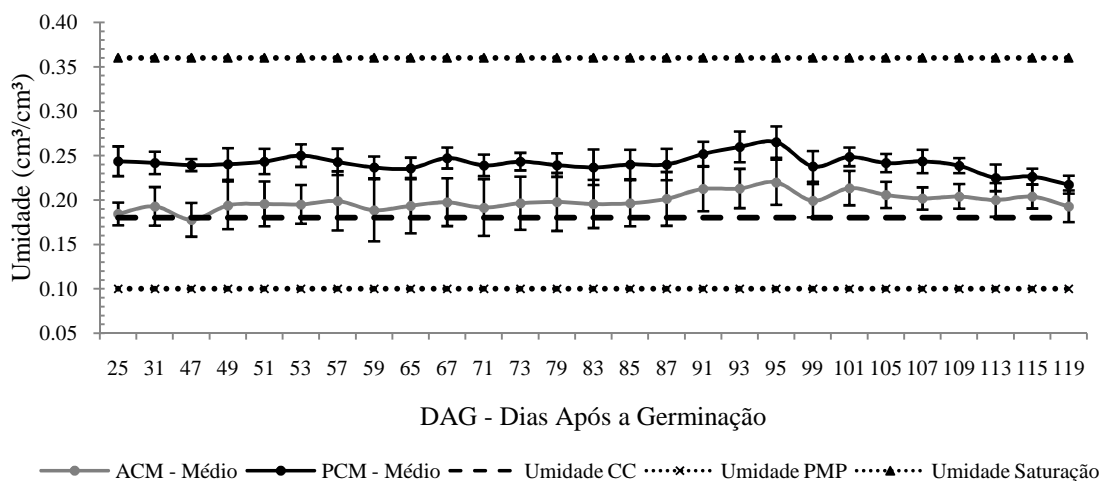


Figura 8. Distribuição temporal da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura na camada de 20 a 40 cm na ausência e presença de cobertura, depois da irrigação. Pesqueira-PE, 2011.

Na Tabela 6 encontram-se os valores médios da umidade do solo tanto para presença como para ausência de cobertura morta no solo, antes e depois da irrigação, para a camada de 20 a 40 cm. Contudo não houve diferença significativa dos valores

médios de umidade nos dias observados, antes e depois da irrigação ao longo do ciclo da cultura.

Teixeira et al. (2010) também destacam que a umidade do solo nas camadas abaixo de 30 cm não apresentou diferença em relação à presença e ausência de cobertura morta, verificando-se, entretanto, que no lisímetro com palha a evapotranspiração foi menor que no lisímetro sem palha.

Outrossim, Carvalho (2009) avaliou o comportamento da umidade do solo em uma área experimental cultivada com repolho, submetido a diferentes turnos de rega, na presença e ausência de cobertura morta no Semiárido Pernambucano, e observou que a umidade do solo permaneceu dentro das condições exigidas pela cultura. O uso da cobertura morta se mostrou eficiente na conservação da água, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente.

Tabela 6. Valores médios do conteúdo de água do Neossolo Flúvico na ausência e presença de cobertura morta ao longo de todo ciclo da cultura, em função da das lâminas de irrigação, para a camada de 20 a 40 cm. Pesqueira, 2011.

Lâminas (mm)	Umidade Antes (cm ³ /cm ³)		Umidade Depois (cm ³ /cm ³)	
	ACM	PCM	ACM	PCM
772.22	0.190 aB	0.248 aA	0.206 aB	0.265 aA
679.77	0.188 bB	0.240 bA	0.202 bB	0.253 bA
588.19	0.172 cB	0.210 cA	0.198 cB	0.229 cA
496.17	0.136 dB	0.203 dA	0.186 dB	0.218 dA

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças entre as medias ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças entre as medias ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Souza et al.(2011) mapearam a umidade do solo em solo aluvial sob plantio irrigado de cenoura na região Agreste de Pernambuco, utilizando duas sub-áreas, sendo uma com cobertura morta, usando resíduos de feijão, e outra sem cobertura morta. Foi observado que a utilização da cobertura mostrou-se eficiente na retenção de umidade do solo, reduzindo o coeficiente de variação, e diminuindo as perdas por evaporação.

Observou-se efeito positivo do emprego da cobertura morta em relação à ausência, uma vez que apresentou produtividade média superior, sendo aproximadamente 2435 kg ha⁻¹(± 521,96 kg ha⁻¹) e 1782 kg ha⁻¹(± 347,81kg ha⁻¹), respectivamente (Figura 9). Esta diferença provavelmente ocorreu provavelmente devido a maior demanda de umidade presente no solo em função da utilização da cobertura morta. Os valores de produtividade da mamoneira encontram-se muito superiores à média nacional, considerando-se a safra 2010, que foi de aproximadamente, 621 kg ha⁻¹, segundo o IBGE (2011).

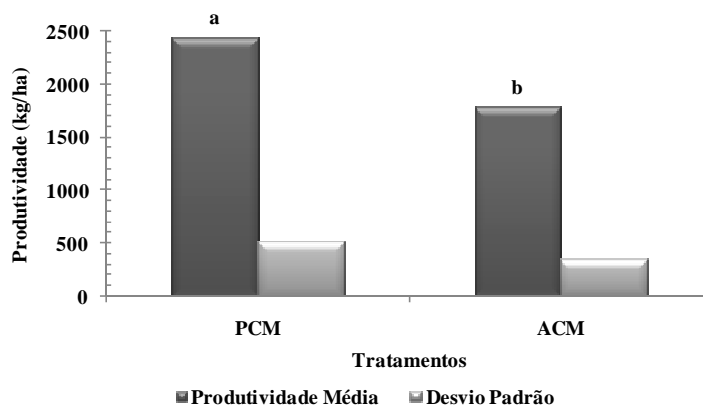


Figura 9. Produtividade média da mamoneira e respectivos desvios-padrão nos diferentes tipos de cobertura do solo. Pesqueira-PE, 2011.

CONCLUSÕES

A presença de cobertura morta mantém a umidade em níveis satisfatórios à cultura ao longo do ciclo independentemente da natureza da dotação hídrica, evitando déficit hídrico e encharcamento no solo, com incremento na umidade na ordem de 20 a 30% nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, respectivamente, em relação à ausência da mesma permitindo assim, um incremento na produtividade da cultura da mamona.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and drainage paper, 56).
- ALMEIDA, M.M.T.B.; LIXA, A.T.; SILVA, E.; AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H.; RIBEIRO, R.L.D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.6, p.675-682, 2008.
- ANDRADE, R.S.; STONE, L.F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. V.15, p. 111-116, 2011.
- ÁVILA, L.F.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. Continuidade e distribuição espacial da umidade do solo em bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1257-1266, 2010.
- BERNARDO, S; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2008. 611p

BIANCHINI, A.; BORGES, P.H.M.; MAIA, J.C.S.; NICARETA, G. Avaliação de três equipamentos para determinação do teor de água no solo em condições de campo. **Engenharia na Agricultura**, v.17, p.139-154, 2009.

CARVALHO, J.F. Manejo de irrigação no cultivo do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) em solo aluvial no Semiárido. 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CARVALHO, D.F.; OLIVEIRA NETO, D.H.; RIBEIRO, R.L.D.; GUERRA, J.G.M.; ROUWS, J.R.C. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 269-277, 2011

CAVALCANTI, F.J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco** (2a. aproximação). 2 ed. rev. Recife: IPA, 2008. 198p.

COSTA, D.M.A.; MELO, H.S.; FERREIRA, S.R. Eficiência da cobertura morta na retenção de umidade no solo. **Holos**, v. 23, p. 59-69, 2007.

DIAS, J.M. Eficiência de uso da água e rentabilidade da cultura da mamona irrigada. 2009. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais – Processos Ambientais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMBRAPA ALGODÃO, **BRS ENERGIA**. Campina Grande: Embrapa Algodão, Ministério da Agricultura e do Abastecimento 2007. (Folder).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201111_6.s h. Acesso em:28 de dezembro de 2011.

LYRA, G.B.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; LYRA, G.B.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JUNIOR, R.A. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na região de Arapiraca-AL. **Irriga**, v.15, p.173-183, 2010.

MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.30–37, 2006.

MOTA, J.C.A.; LIBARDI, P.L.; BRITO, A.S.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; AMARO FILHO, J. Armazenagem de água e produtividade de meloeiro irrigado por gotejamento, com a superfície do solo coberta e desnuda. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1721-1731, 2010.

OLIVEIRA, N.T.; CASTRO, N.M.R.; GOLDENFUM, J.A. Influência da Palha no balanço hídrico em lisímetros. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.15, p.93-103, 2010.

PERES, J.G.; SOUZA, C.F.; LAVORENTI, N.A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.875-886, 2010.

RESENDE, F.V.; SOUZA, L.S.; OLIVEIRA, P.S.R.; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção de cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.100-105, 2005.

SANTIAGO, F.S.; MONTENEGRO, A.A.A. Avaliação de Parâmetros Hidráulicos e Manejo da Irrigação por Microaspersão em Área de Assentamento. **Engenharia Agrícola**, v.24, p.632-643, 2004.

SANTOS, C.A.B.; ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; FEITOSA, H.O.; MOURA, A.F.G.; RIBEIRO, R.L.D.; ALMEIDA, D.L.; COSTA, J.R. Efeito de coberturas mortas vegetais sobre o desempenho da cenoura em cultivo orgânico. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 4 p. (Comunicado Técnico, 112).

SAS. **The SAS System for windows**: Release version: 6.8, 3.ed. Cary: 1998. CD-ROM.

SOUZA, E.R.; MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G. Variabilidade espacial da umidade do solo em lote irrigado no semi-árido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, p.23-28, 2008.

SOUZA, E.R.; MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.; MATOS, J.A. Temporal stability of soil moisture in irrigated carrot crops in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 99, p. 26-32, 2011.

CAPÍTULO II

RESUMO

SILVA, J. J. N. **Crescimento de mamona irrigada BRS Energia em Neossolo Flúvico sob cobertura morta no semiárido pernambucano.** 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Objetivou-se com este trabalho, avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta nas variáveis de crescimento da cultura mamoneira (*Ricinus Comunnis* L.) cultivar BRS Energia em Neossolo Flúvico no âmbito da agricultura familiar no semiárido pernambucano. O trabalho foi conduzido no município de Pesqueira, região Agreste do Estado de Pernambuco, no período de 08 de setembro de 2010 até 18 de janeiro de 2011. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2)x4, correspondentes às lâminas de irrigação, baseadas na evapotranspiração de cultura (ETc), sendo L1 = 60% ETc; L2 = 80% ETc; L3 = 100% ETc; L4 = 120% ETc, e dois tratamentos com ausência e presença de cobertura morta na densidade de 12 t ha⁻¹, e quatro repetições. Foram realizadas 8 medições nos seguintes períodos: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias após a germinação (DAG), sendo avaliadas 3 plantas por parcela experimental. Realizaram-se análises de crescimento não destrutivas: Diâmetro do Caule (DC), Altura das Plantas (AP) e Índice de Área Foliar (IAF). A partir dos dados medidos de AP e DC, foram calculados a Taxa de Crescimento Absoluta (TCA) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR) para cada variável respectivamente. Todas as variáveis de crescimento apresentaram diferença significativa ao longo do ciclo da cultura principalmente à presença de cobertura, exceto as taxas de crescimento absoluta e relativa do DC. Os efeitos das lâminas de irrigação apenas foram significativos para altura de plantas (AP), com valor máximo de 137 cm, e para o Índice de Área Foliar (IAF) obteve-se valor máximo na ordem de 2,22.

Termos de indexação: Altura de plantas, Diâmetro de caule e Índice de área foliar.

CHAPTER II

ABSTRACT

SILVA, J. J. N. **Growth of castor beans (*Ricinus Comunnis* L.) cultivar BRS Energy in Neossol Fluvic under mulch in the Pernambuco state Semiarid.** 2012. Tese (Thesis-Doctorate in Agricultural Engineer) - Universidade Federal Rural de Pernambuco

The objective of this study was to evaluate the influence of different irrigation levels in the presence and absence of mulch on growth variables of castor beans (*Ricinus Comunnis* L.) BRS Energy, in a Fluvic Neosol, in communal farming in the semiarid of Pernambuco State. The experimental design was a completely randomized in a factorial scheme (4x2) x4, with four treatments, which are the irrigation based on crop evapotranspiration (ETc), and 60% ETc = L1, L2 = 80% ETc; 100% ETc = L3, L4 = 120% ETc, and two treatments, the absence and presence of mulch on density of 12 t ha⁻¹. Eight measurements were performed in the following periods: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 days after germination (DAG) and evaluated three plants per plot. Non-destructive growth analyses stem diameter (DC), plant height (AP) and Leaf Area Index (IAF) were conducted. From the measured data of AP, DC, and IAF, we calculated the absolute growth rate (TCA) and relative growth rate (TCR) for each variable, respectively. All growth variables showed significant differences along the crop cycle, mainly to the presence of soil cover, except absolute and relative growth rates of DC. The effects of irrigation levels were only significant for plant height (AP) and the Leaf Area Index (IAF).

Index Terms: Plant height, stem diameter and leaf area index

INTRODUÇÃO

Atualmente, a mamoneira (*Ricinus communis*L) é considerada uma oleaginosa de alto valor industrial, haja vista que o óleo extraído de suas sementes é matéria-prima para várias indústrias, principalmente a ricinoquímica (RODRIGUES et al., 2009).

Pressupõem-se, então, a necessidade de seleção de cultivares de mamoneiras mais produtivas, além, é claro, de informações relativas ao comportamento das mesmas em regime de irrigação. Sabe-se, entretanto, que tais informações são de escala local e que, mesmo os poucos relatos existentes dificilmente podem ser extrapolados de uma região para outra, sobretudo, para regiões cujas condições edafoclimáticas não são as recomendadas pelo zoneamento agroclimático da cultura da mamona (OLIVEIRA et al., 2009).

Para crescer, desenvolver e produzir satisfatoriamente, a mamoneira necessita de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas, o que requer manejo compatível com sua capacidade de retirada de água do solo; desta forma, o manejo e a qualidade da água da irrigação podem implicar em redução ou aumento da produtividade para a mamoneira (FREITAS et al., 2010).

Contudo, a utilização de cobertura no solo associada irrigação pode apresentar inúmeras vantagens como: a melhor conservação da umidade, manutenção de temperatura mais estável, conservação da estrutura do solo, menor perda de adubos e corretivos por lixiviação, permitindo melhor aproveitamento dos mesmos pelo sistema radicular das plantas (MEDEIROS et al., 2007).

Esta alternativa de manejo cultural possibilita melhorias no tocante a conservação de solo e água e diante da carência de informações sobre cobertura em cultivo de mamona, faz-se necessário avaliar o potencial do cultivo irrigado da mamona na agricultura familiar, utilizando-se diferentes lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta, para que se possa estabelecer procedimentos de manejo capazes de permitir condições adequadas de desenvolvimento e crescimento à cultura.

Cardoso et al. (2006) ressaltam que em biossistemas a variabilidade está sempre presente, visto que se trabalha com indivíduos distintos em cada período de tempo. Neste caso, a análise de crescimento não destrutiva entra como ferramenta importante, que avalia a eficiência do manejo adotado, razão pela qual é bastante utilizada por pesquisadores da área agrícola, uma vez que visa estudar o aumento dos fitossistemas sem destruir as plantas.

A análise de crescimento tem sido usada apropriada e inapropriadamente por pesquisadores de plantas, principalmente aqueles que estudam diferenças no crescimento, de ordem genética ou resultados de modificações ambientais. A dificuldade se baseia fundamentalmente no fato onde o crescimento de uma planta resulta da interação de mecanismos físicos e bioquímicos bastante complexos. (BENINCASA, 2003).

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta nas variáveis de crescimento da cultura mamona em Neossolo Flúvico no âmbito da agricultura familiar, no semiárido pernambucano.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo:

O estudo foi conduzido em lote experimental da Fazenda Nossa Senhora do Rosário, Pesqueira, PE, situada em vale aluvial na Região Agreste do Estado de Pernambuco, distando 230 km de Recife e 613 m acima do nível do mar. As coordenadas geográficas são: 8° 34' 17" S e 37° 1' 20" W Gr (SOUZA et al., 2008).

O clima do local é classificado, segundo Köppen, como BShw' semiárido quente, caatinga hiperxerófila. A média anual da umidade relativa do ar é de 73% e a velocidade média do vento é de 2,5 m s⁻¹ (Santiago et al., 2004). A precipitação média anual na região é de 730 mm e a temperatura média é de 24,8° C, sendo a evapotranspiração potencial anual de cerca de 1680 mm (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2006). O solo é caracterizado como Neossolo Flúvico.

Preparo do solo e plantio experimental

Foi realizado preparo convencional do solo com grade aradora, em seguida foi realizada abertura das covas e adubação de acordo com análise de solo (Tabela 1), realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFRPE, com fertilizantes orgânico (esterco de curral) e químico com Nitrogênio, seguindo recomendação da análise de solo, de acordo com Cavalcanti et al. (2008). As quantidades de fertilizantes foram 2 t ha⁻¹ de esterco de curral; 15 kg ha⁻¹ de nitrogênio na fundação e 20 kg ha⁻¹ na cobertura, cuja fonte foi Nitrato de Cálcio. No referido plantio experimental foi cultivada mamona (*Ricinus communis* L.), cultivar BRS-Energia, colocando-se quatro sementes por cova,

numa área de 500 m² com espaçamento de 0,75 m x 1 m, perfazendo um stand de 666 plantas.

Esta cultivar é precoce, com ciclo curto, em torno de 120 dias, com teor médio de óleo de 48 %, produtividade média em torno de 1.800 kg ha⁻¹, frutos indeiscentes e sementes rajadas com as cores bege e marrom (EMBRAPA, 2007).

Tabela 1. Resultados de análise de fertilidade do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2011.

Amostra	pH (água - 1:2,5)	P (mg/dm ³)	Na	K	Ca + Mg (cmolc/dm ³)	Ca	Al	H + Al	C.O (g/kg)	M.O.
N.S. Rosário	6,2	100	0,14	0,25	4,5	2,8	0,0	3,31	0,24	0,42

Os atributos físicos da área de estudo, determinados segundo EMBRAPA (1997), estão descritos na Tabela 2 para as camadas de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm, e de acordo com os resultados obtidos a Classe textural é Franco arenoso.

Nas Figuras 1A e 1B são mostradas as curvas de retenção de água no solo para as camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm respectivamente, segundo Embrapa (1997).

Tabela 2. Análise da textura, densidade do solo (Ds), densidade da partícula e porosidade total do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2007.

Profundidade (cm)	Atributos						Classe Textural
	Areia	Argila	Silte	Ds	Dp	P	
	g/Kg			g/cm ³		(%)	
0-20	647,9	154,4	197,8	1,44	2,61	44,86	Franco arenoso
20-40	642,9	173,0	184,1	1,42	2,61	45,44	Franco arenoso
40-60	683,9	159,7	156,5	1,40	2,63	46,80	Franco arenoso

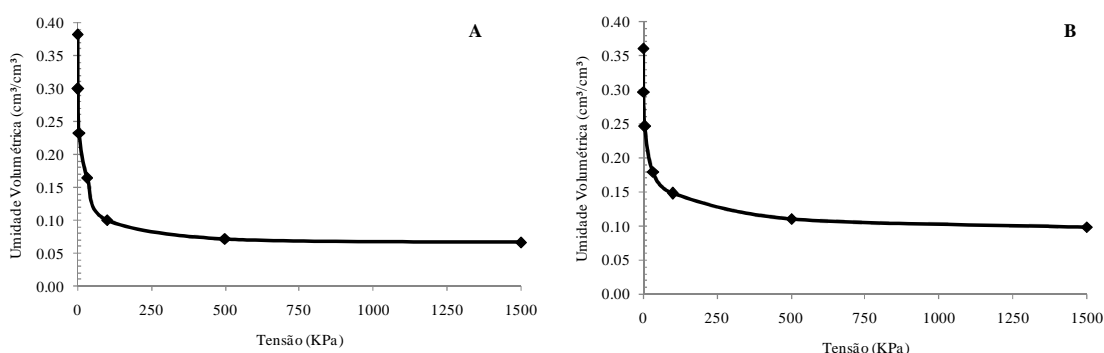


Figura 1. A. Curvas de retenção para o Neossolo Flúvico na camada de 0-20 cm. B. Curvas de retenção para o Neossolo Flúvico na camada 20-40 cm. Pesqueira – PE, 2011.

Sistema de irrigação e Delineamento experimental:

O experimento foi implantado em 08 de setembro de 2010 sendo finalizado em 18 de janeiro de 2011, sendo que o início da germinação das plantas se deu no dia 20 de

setembro, perfazendo um total de 120 dias úteis experimentais. O sistema de irrigação localizada utilizado neste experimento foi por gotejamento tipo botão autocompensantes modelo PCJ-CNL cinza, com vazão nominal de 4 l h⁻¹ e pressão de serviço na faixa 5 a 40 kPa, de acordo com o fabricante.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2)x4, com quatro tratamentos correspondentes às lâminas de irrigação, baseadas na evapotranspiração de cultura (ETc), sendo L1 = 60% ETc; L2 = 80% ETc; L3 = 100% ETc; L4 = 120% ETc, e dois tratamentos ausência e presença de cobertura morta na densidade de 12 t ha⁻¹, ACM e PCM, respectivamente, e quatro repetições, perfazendo um total de 32 parcelas experimentais, onde cada parcela possuía uma área útil de 2,25 m² e foram avaliadas ao longo do tempo.

Determinação da Evapotranspiração de Referência (ETo), Evapotranspiração de Cultura (ETc) e Manejo da Irrigação:

A estimativa da evapotranspiração de cultura (ETc) foi realizada utilizando dados meteorológicos e de cultivo, conforme Equação 1:

$$ETc = \frac{ETo \times Kc \times Kl}{Ea} \quad (1)$$

onde:

ETc = Evapotranspiração da cultura, em milímetros (mm);

ETo = Evapotranspiração de referência, em milímetros (mm);

Kc = Coeficiente de cultura, adimensional, em função do estágio fenológico da cultura.

Kl = coeficiente de localização, adimensional (KELLER & BLIESNER, 1990);

Ea = Eficiência do sistema de irrigação

Os valores utilizados os coeficientes de cultura (Kc) foram adaptados de Dias (2009) e estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficientes de Cultura (Kc) adotados pra cultura da mamoneira, no experimento. Pesqueira-PE, 2011.

Fases fenológicas	Caracterização das fases	Duração em dias	Kc
F1	Da germinação até 10% da cobertura do solo	14	0,75
F2	F1 - até inflorescência do 1º cacho.	34	0,85
F3	F2 – até inflorescência do 2º cacho	18	0,85-1,15
F4	F3 – até a maturação do 1º cacho	36	1,15
F5	F4 – até a maturação do 2º cacho	18	0,85

Fonte: Adaptado de Dias (2009).

Os valores de evapotranspiração de referência (ET_o), foram estimados por meio de Tanque Classe “A” (Figura 2), de acordo com a Equação 2:

$$ET_o = Ev \times K_t \quad (2)$$

em que:

Ev = Evaporação diária do Tanque Classe “A”, em mm; de acordo com Equação 3

K_t = Coeficiente de tanque, adimensional, em função da local, que neste estudo foi de 0,75 (ALLEN et al., 1998).



Figura 2. Tanque Classe “A”. Pesqueira-PE, 2011.

$$Ev = (L_{Anterior} - L_{Atual}) - P \quad (3)$$

onde:

L_{anterior} = Leitura anterior da régua instalada no tanque, em mm;

L_{atual} = Leitura atual da régua instalada no tanque, em mm;

P = Precipitação, em mm.

O KI variou ao longo do experimento devido ao mesmo ser dependente da percentual de área molhada ou sombreada, sendo o KI inicial estimado pela Equação 4.

$$KI = 0,1 \times \sqrt{P_w} \quad (4)$$

sendo:

P_w = Percentual de área molhada pelo emissor (%), de acordo com a Equação 5.

$$P_w = NEP \times \frac{Se \times W}{Sp \times Sf} \times 100 \quad (5)$$

onde:

NEP = N° de emissores por planta;

Se = Espaçamento entre emissores (m);

W = Diâmetro médio de bulbo molhado por emissor (m);

Sp = Espaçamento entre plantas (m);

Sf = Espaçamento entre fileiras (m)

A partir do estabelecimento da cultura, o P_w é substituído por Percentual de área sombreada (P_s), conforme a Equação 6:

$$Pw = NEP \times \frac{AS}{Sp \times Sf} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

AS = Área sombreada (m²), de acordo com a Equação 7

$$AS = \frac{\pi D^2}{4} \quad (7)$$

sendo:

D = Diâmetro médio da copa das plantas (m).

O manejo da irrigação foi realizado a cada dois dias, quando se aplicaram quatro lâminas: L1= 60, L2= 80, L3=100 e L4=120% ETc. A aplicação das lâminas foi realizada mediante variação do tempo de aplicação, de acordo com Equação 8:

$$Ti = \frac{ETc}{Ia} \times f \quad (8)$$

onde:

f = Fator de correção da evapotranspiração, sendo: 0,6; 0,8; 1 ou 1,2 para tratamento com reposição de 60, 80, 100 e 120% da ETc, respectivamente;

TI = Tempo de irrigação (h);

Ia = Intensidade de aplicação (mm/h), seguindo a Equação 9

$$Ia = \frac{Qemissor}{Sp \times Sf} \quad (9)$$

sendo:

Qemissor = vazão por emissor (m³/h);

Análise não destrutiva de variáveis de crescimento:

Foram realizadas 8 medições nos seguintes períodos: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias após a germinação (DAG), sendo avaliadas 3 plantas por parcela experimental. Realizaram-se análises de crescimento não destrutivas: Diâmetro do Caule (DC), medido com paquímetro e Altura das Plantas (AP) aferida com régua, bem como Índice de Área Foliar (IAF). O IAF é a relação funcional existente entre a área foliar e a área do espaçamento ocupado pela cultura, sendo adimensional.

A determinação dos IAF's foi baseada nos dados obtidos no campo, a partir dos valores da Área Foliar (AF), determinada a partir da metodologia proposta por SEVERINO et al. (2004) que constou em medir o comprimento das internervuras principal e laterais de cada folha com uma régua milimetrada. De maneira semelhante, procedeu-se os cálculos para as demais folhas, somou-se o resultado obtido de todas as folhas e no final obteve-se a área foliar total na planta.

$$AF = 0,2439x(P + T)^{2,0898} \quad (10)$$

AF = Área foliar (m²);

$$IAF = \frac{AF}{AC} \quad (11)$$

IAF= índice de área foliar

AC = área ocupada pela cultura (m²);

A partir dos dados medidos de AP e DC, foram calculados a Taxa de Crescimento Absoluta (TCA) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR) para cada variável respectivamente, segundo Benicassa (2003).

$$TCA = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \quad (12)$$

em que:

P1 e P2 = referem-se aos valores duas amostragens sucessivas das variáveis estudadas;

T1 e T2 = intervalo de tempo entre duas amostragens sucessivas

$$TCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{T_2 - T_1} \quad (13)$$

Análise estatística

Para análise de crescimento em função das diferentes lâminas de irrigação e da presença e ausência de cobertura morta, foi usada análise multivariada de medidas repetidas com o tempo, utilizando-se o Programa SAS (SAS Institute, 1999).

Quando significativos, os dados foram submetidos à análise de regressão utilizando-se modelos linear ou quadrático. Na ausência de ajuste aos modelos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Na Figura 3 são mostrados os valores de ETo medidos em Tanque Classe “A”, juntamente com o total precipitado durante o ciclo da cultura. Observa-se que toda chuva concentrou-se em apenas 3 eventos, aos 31, 32 e 33 DAG, totalizando 154,5 milímetros, e que o maior valor de ETo foi de cerca de 8 milímetros.

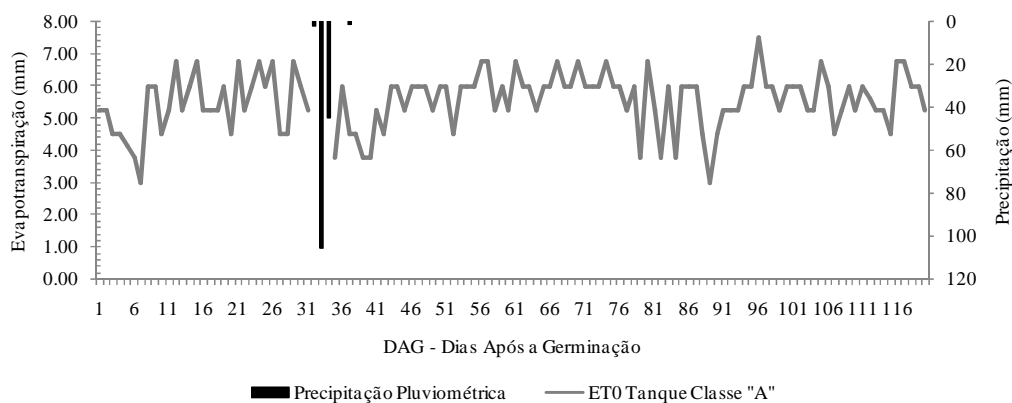


Figura 3. Distribuição da ETo e da precipitação pluviométrica ao longo do experimento, Pesqueira-PE, 2011.

Verifica-se na Tabela 4 os efeitos dos tratamentos lâminas de irrigação ($L1 = 496,17$ mm; $L2 = 588,19$ mm; $L3 = 679,77$ mm e $L4 = 772,22$ mm) e cobertura do solo (PCM e ACM) com medidas repetidas no tempo representada pelos dias após a germinação (DAG), bem como suas respectivas interações sobre as variáveis estudadas aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. Observa-se que todas as variáveis tiveram efeitos altamente significativos ao longo do tempo. A AP respondeu significativamente aos efeitos isolados da lâmina de irrigação e da cobertura do solo, já a TCCAP e a TCRAP responderam significativamente apenas à presença de cobertura morta. O DC não respondeu aos efeitos das lâminas de irrigação, restringindo-se ao efeito da presença da cobertura morta ao nível de 5% de probabilidade e em contrapartida, as TCCDC e TCRDC não diferiram significativamente. Para o IAF, houve diferença altamente significativa para lâminas e presença de cobertura morta assim como responderam significativamente as taxas de crescimento absoluto e relativo para o IAF.

Os coeficientes de variação (CV) encontrados neste trabalho foram inferiores aos encontrados por Alves (2009), trabalhando com cinco populações de plantas em plantio irrigado com a cultivar BRS Energia, no município de Barbalha-CE, que verificou que o crescimento das plantas aumentou em função do incremento da população de 10.000 até 100.000 plantas ha^{-1} , apresentando CV de 19,21; 35,68; 21,82; 15,65; 23,38; 21,91% para AP, TCAAP, TCRAP, DC, TCADC, TCRDC, respectivamente.

Tabela 4. Resumo das análises de variância e de variáveis de crescimento da mamoneira BRS Energia para Altura de plantas (AP), Taxa de crescimento absoluto para altura de plantas (TCAAP), Taxa de crescimento relativo para altura de plantas (TCRAP), Diâmetro de caule (DC), Taxa de crescimento absoluto para o diâmetro de

caule (TCADC), Taxa de crescimento relativo para o diâmetro de caule (TCRDC), Índice de área foliar (IAF), em todo o ciclo da cultura. Pesqueira-PE, 2011.

Quadrado Médio								
FV	GL	AP	TCAAP	TCRAP	DC	TCADC	TCRDC	IAF
		cm	cm/dia	cm/cm/dia	mm	mm/dia	mm/mm/dia	
Tempo	7	63477,78**	12,66**	0,007**	1610,96**	0,52**	0,004**	15,83**
LAM	3	737,97*	0,27 NS	0,00003 NS	17,07 NS	0,004 NS	0,00001 NS	0,66*
COB	1	2420,45**	2,52*	0,00004*	27,23 *	003 NS	0,0002 NS	4,44**
Tempox LAM	21	86,14 NS	0,14 NS	0,00003 NS	2,55 NS	0,01 NS	0,00003 NS	0,11 NS
DAG x COB	7	1024,15**	1,04**	0,0002*	14,47*	0,02 NS	0,00009 NS	1,36**
LAM x COB	3	151,44 NS	0,05 NS	0,000005 NS	1,63 NS	0,0004 NS	0,00001 NS	0,03 NS
Tempox LAM x COB	21	32,20 NS	0,21 NS	0,000009 NS	1,06 NS	0,01 NS	0,0001 NS	0,08 NS
Resíduo	192	117,19	0,21	0,0008	6,45	0,01	0,00006	0,19
CV (%)		12,81	14,98	0,76	14,9	7,16	0,75	13,22
Lâminas (mm)		Média						
L1 = 496,17		79,883 b	1,011 a	0,0177 a	16,271 a	0,195 a	0,0128 a	0,855 b
L2 = 588,19		86,440 a	1,136 a	0,0180 a	17,359 a	0,211 a	0,0137 a	1,025 ab
L3 = 679,77		84,138 ab	1,087 a	0,0178 a	17,294 a	0,201 a	0,0131 a	1,076 a
L4 = 772,22		87,563 a	1,158 a	0,0186 a	17,245 a	0,213 a	0,0138 a	1,066 a
Cobertura		Média						
PCM		87,581 a	1,197 a	0,019 a	17,368 a	0,218 a	0,014 a	1,137 a
ACM		81,431 b	0,998 b	0,016 b	16,716 b	0,196 a	0,013 a	0,874 b

NS não significativo ($P > 0,05$); *significativo ($P < 0,05$); **significativo ($P < 0,01$) pelo teste F. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças entre as medias ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A ausência de interação significativa entre fatores (LAM x COB) indica que o efeito da cobertura morta sobre a altura das plantas independe das lâminas de irrigação aplicadas. Nas Figuras 4A e 4B pode-se observar o comportamento da altura de plantas em função das lâminas de irrigação e da presença e ausência de cobertura morta respectivamente, ao longo do ciclo da cultura da mamona. Verificando-se os efeitos isolados das lâminas de irrigação, o tratamento L4 produziu o maior valor médio de AP, correspondendo a 137,13 cm e tendo o tratamento L1 como o que apresentou menor valor médio de AP em torno de 121 cm aos 120 DAG. Para o efeito da cobertura, o tratamento PCM superou o ACM com valores médios na ordem de 141,78 e 118,66 cm, respectivamente.

Para todas as variáveis de crescimento estudadas, percebe-se que não houve efeito da cobertura morta em relação a sua ausência até os 30 DAG aproximadamente, tendo o tratamento ausência de cobertura morta se sobressaindo no período compreendente dos 30 aos 60 DAG. Tal acontecimento pode ser atribuído ao evento chuvoso ocorrido

durante o período estudado, que foi na ordem de 154,5 mm, o que promoveu um incremento de umidade no solo por um longo período durante o cultivo, até meados dos 75 DAG. A partir deste momento, o tratamento com a presença de cobertura morta passa a superar a ausência da mesma, permitindo uma maior conservação da umidade do solo e conseqüentemente maior suprimento hídrico às plantas.

Outrossim, a diminuição do crescimento da cultura no tratamento ausência de cobertura morta, também pode ser atribuída ao aumento da taxa evapotranspirométrica (PEIXOTO et al., 2010), quando as plantas diminuem seu metabolismo e conseqüente crescimento, como mecanismo de sobrevivência, para se evitar perdas maiores de água para o ambiente.

Visando estudar o comportamento da cultivar BRS Energia, Silva et al. (2009) verificaram os efeitos de lâminas de irrigação em populações de plantas de mamoneira BRS Energia no município de Barbalha-CE, e observaram que a altura máxima foi de 105,74 cm.

Já Dias (2009) também trabalhando em Barbalha-CE com esta mesma cultivar e com quatro lâminas de irrigação observou que a altura das plantas aumentou linearmente com o aumento da quantidade de água aplicada e que a lâmina máxima de água aplicada proporcionou a maior altura de plantas, que foi de 139,67 cm, enquanto que para a lâmina de 403,19 mm, a altura média verificada foi de 108,50 cm. Silva (2010), estudando os efeitos de diferentes efluentes de esgoto doméstico tratado e lâminas de irrigação (100 e 120% ETc) sobre o crescimento da mamoneira BRS Energia em Ibimirim-PE, observou que o valor médio estimado para AP foi superior a 118 cm, para as plantas que receberam água de efluentes aos 86 DAG.

Nas Figuras 4C e 4D está mostrado o comportamento da TCAAP para presença e ausência de cobertura morta respectivamente. Verifica-se que o ápice da taxa de crescimento se dá por volta dos 60 DAG, começando a decrescer a partir deste momento, sendo o tratamento L3 o que melhor correspondeu, com valor médio máximo em torno de 2,26 cm dia⁻¹, superando o valor encontrado por Alves (2009), que foi de 1,39 cm dia⁻¹. Já o menor valor médio de TCAAP, como previsto em função do final do ciclo, foi de 0,010 cm dia⁻¹, verificado no tratamento L2. Para a cobertura morta, o tratamento PCM produziu valor superior TCAAP, com 2,32 cm dia⁻¹ e o menor valor registrado foi produzido no tratamento ACM na ordem de 0,10 cm dia⁻¹, superando Alves (2009), que encontrou valor médio de 0,059 cm dia⁻¹ aos 75 DAG.

Barros Jr (2007) encontrou TCAAP bem inferiores; suas maiores leituras apresentaram médias de 1,23 e 1,28 cm dia⁻¹ para as cultivares de BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, respectivamente. Já Rodrigues (2008) determinou maior TCAAP, com média de 1,36 cm dia⁻¹, utilizando águas residuárias na cultivar BRS Paraguaçu.

A TCRAP apresenta um comportamento bem semelhante ao TCAAP, com início crescente até um ponto ótimo de produção de biomassa com decaimento contínuo, podendo chegar a valores nulos ou negativos. Neste trabalho, o maior valor de TCRAP foi verificado no tratamento L2 aos 45 DAG, com valor médio de 0,047 cm cm⁻¹ dia⁻¹ e o menor valor médio foi observado no tratamento L1, chegando a nulo a partir dos 105 DAG (Figuras 4E e 4F). Para o efeito da cobertura morta, o tratamento ACM apresentou maior valor para TCRAP, na ordem de 0,052 cm cm⁻¹ dia⁻¹; já o tratamento PCM produziu valor de 0,037 cm cm⁻¹ dia⁻¹. Rodrigues (2008) obteve média de 0,02 cm cm⁻¹ dia⁻¹ para a BRS Nordestina e Paraguaçu, e Alves (2009) encontrou maiores valores para TCRAP na ordem de 0,0446 cm cm⁻¹ dia⁻¹ para a BRS Energia.

Peixoto et al. (2010) relatam que tal comportamento evidencia um balanço negativo entre os processos fotossíntese/respiração, com predominância da respiração no final do ciclo, devido principalmente à senescência das folhas.

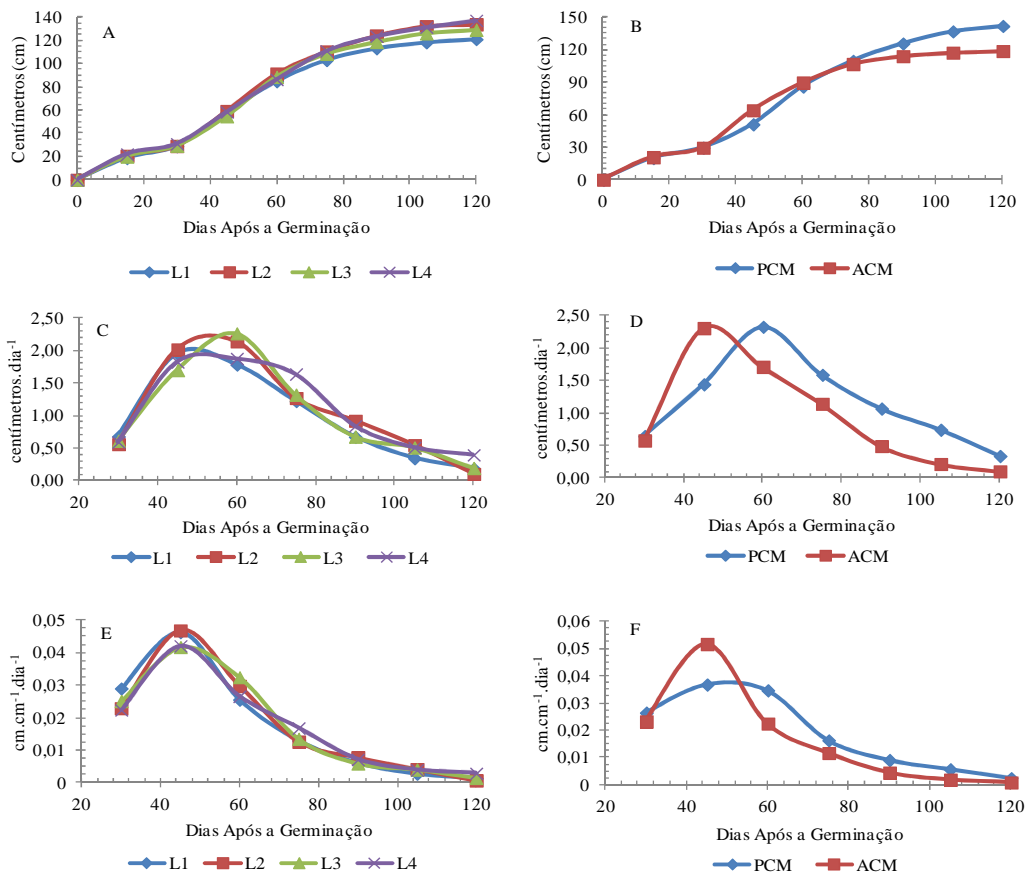


Figura 4 – A. Altura média das plantas (AP) ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. B. Altura média das plantas (AP) ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. C. TCAAP ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. D. TCAAP ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. E. TCRAP ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. F TCRAP ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. Pesqueira-PE, 2011.

Nas Figuras 5A e 5B está apresentado o comportamento do DC ao longo do período estudado. Verifica-se ausência de interação significativa entre fatores (LAM x COB), demonstrando que o efeito da cobertura morta sobre o DC independe das lâminas de irrigação aplicadas.

Verifica-se um crescimento gradual até apresentar certa estabilidade nos valores de DC a partir dos 105 DAG. Observa-se certa superioridade dos tratamentos na presença de cobertura morta sobre os tratamentos na ausência da mesma, com valor médio máximo de 25,33 mm para o tratamento PCM e mínimo de 22,72 mm para o tratamento ACM, aos 120 DAG. Com relação aos tratamentos com as lâminas de irrigação, a L2 produziu valor máximo na ordem de 24,81 mm, com o a L1 apresentando menor valor entre os tratamentos, que foi de 22,52 mm.

Entretanto, Silva (2010) encontrou valor médio para DC em torno de 22 mm quando se utilizou diferentes efluentes, e Silva et al. (2009) em pesquisa com a mesma cultivar observaram, para DC, valores na ordem de 18,0 mm.

Outrossim, vale salientar Bizinoto et al. (2010), que avaliaram o DC da mamoneira cultivar Guarani, influenciada por diferentes populações de plantas em Bom Jesus-GO, encontraram valores máximos e mínimos para o DC na ordem de 35mm e 28mm, respectivamente. Já Carvalho et al. (2010) conduziram um experimento no município de Cariri do Tocantins-TO, com as cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu com o objetivo de verificar o efeito de cinco densidades de plantio e estimaram o DC máximo e mínimo de 113 mm e 80 mm, respectivamente.

Nas Figuras 5C e 5D se encontram o comportamento da TCADC para os tratamentos lâminas de irrigação e para presença e ausência de cobertura morta, respectivamente. Nesta variável observou-se que o tratamento L4 apresentou o maior valor médio na ordem de 0,38 mm dia⁻¹ aos 45 DAG, sendo a partir deste período que o DC apresenta decaimento na sua taxa de crescimento absoluta, culminando para 0,01 mm dia⁻¹ no tratamento L1, como menor valor médio observado aos 120 DAG. Para cobertura morta isoladamente, observou-se que o tratamento PCM produziu o maior

valor com $0,40 \text{ mm dia}^{-1}$, superando o tratamento ACM que foi de $0,05 \text{ mm dia}^{-1}$. O valor máximo encontrado neste trabalho superou valor encontrado por Alves (2009), que foi de $0,22 \text{ mm dia}^{-1}$ para esta mesma cultivar.

A TCRDC (Figuras 5E e 5F) apresenta comportamento semelhante em relação à TCADC, com os tratamentos L2 e L1 sendo considerados os de maior e menor valor médio, com $0,037 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ aos 45 DAG e $0,002 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ a partir dos 120 DAG, respectivamente. Os mesmos valores também foram observados para os tratamentos PCM e ACM, respectivamente. Contudo, estes resultados foram superiores aos valores encontrados por Alves (2009), que obteve valor máximo para TCRDC, também na cultivar BRS Energia, de $0,028 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Silva (2010) relata que quanto maior o diâmetro do caule das plantas, maior vigor e robustez e, portanto, maior resistência ao tombamento e ao ataque de pragas.

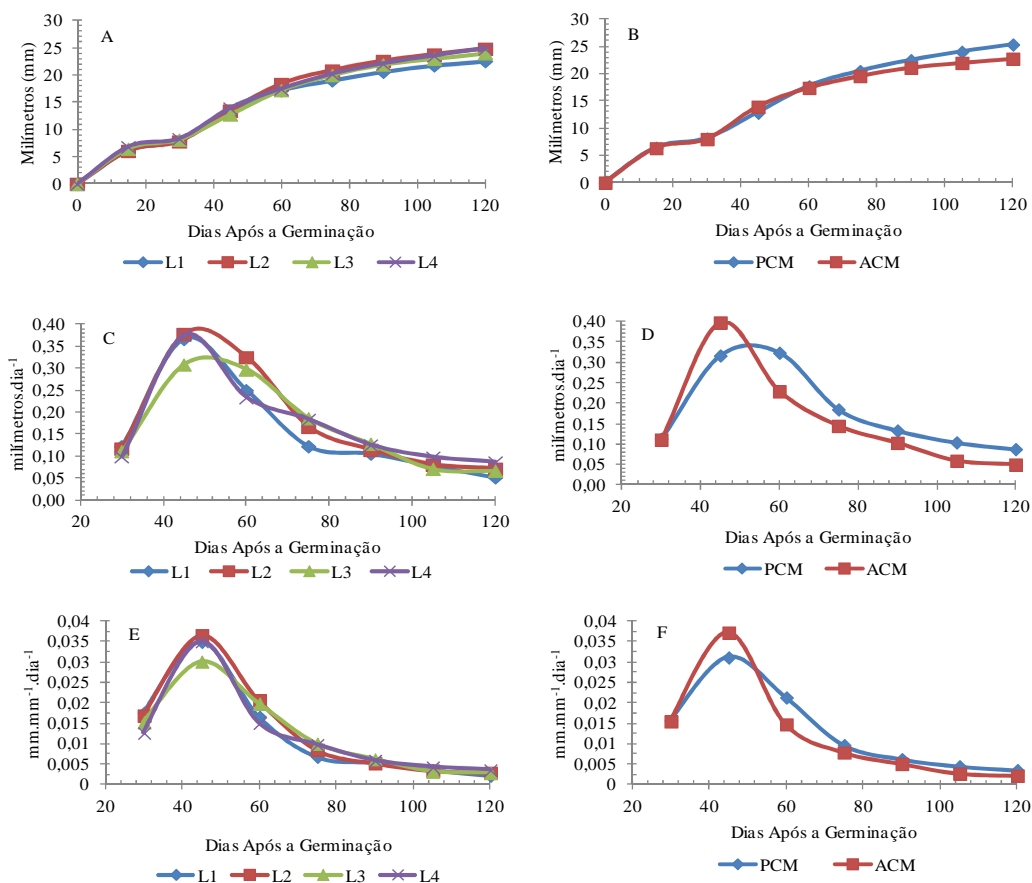


Figura 5 - A. Evolução do DC ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. B. Evolução do DC ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. C. TCADC ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. D. TCADC ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta E. TCRDC ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. F TCRDC ao longo do ciclo da cultura em função da presença e da ausência de cobertura morta. Pesqueira-PE, 2011.

No tocante ao índice de área foliar (IAF), Silva et al. (2005) destacam que a área foliar de uma cultura é conhecida como sendo uma variável indicativo de produtividade primária, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia química. Desta forma, a superfície foliar de uma planta é a base do rendimento de uma cultura. O conhecimento deste parâmetro permite a estimativa da perda de água, já que as folhas são os principais órgãos participantes no processo da transpiração, sendo também responsáveis pelas trocas gasosas com o ambiente.

Nas Figuras 6A e 6B está apresentado o comportamento do IAF. Observa-se que os tratamentos na presença da cobertura morta se mostraram superiores em relação aos tratamentos sem cobertura morta. Em todos os tratamentos percebe-se um aumento gradual, culminando no maior IAF máximo no período entre os 75 e 90 DAG, decrescendo até o final do ciclo da cultura.

O tratamento que apresentou melhor desempenho foi o L3, com valor máximo de 2,22 aos 75 DAG. O menor valor de IAF durante o período estudado foi de 0,63 para o tratamento L1, aos 120 DAG. O tratamento cobertura morta produziu um valor máximo de IAF na ordem 2,18, superando o tratamento ACM que foi de 1,80.

Segundo Silva et al. (2009), a baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução da área foliar, por secamento ou queda das folhas, que é um mecanismo da planta para reduzir a perda de água por transpiração.

Peixoto et al. (2010), estudando o desempenho de cinco cultivares de mamoneira (BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28), na região do Recôncavo Baiano, obtiveram os valores de 2,12; 1,68; 1,36; 1,06 e 1,53 respectivamente, para IAF máximo.

Já Souza et al. (2009) trabalhando com a cultivar BRS 149-Nordestina, em casa de vegetação, em Mossoró-RN, utilizaram tratamentos compostos por cinco níveis de fósforo e quatro doses de calcário, observaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para área foliar. Contudo, os valores máximos e mínimos foram da ordem de 865,9 e 712,6 cm², respectivamente.

Visando estudar o comportamento da área foliar de duas cultivares BRS Energia e BRS Nordestina, irrigadas com quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, Silva et al. (2008) conduziram um experimento em Campina Grande-PB e

obtiveram valores máximos de área foliar em torno de 4500 cm² e 6200 cm², respectivamente.

Nascimento et al. (2010) avaliaram o desenvolvimento da mamoneira cultivar Savana em um Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes doses de calcário para elevação da saturação por bases do solo em Gurupi-TO, encontraram valor máximo em torno de 5500 cm² para o tratamento 80% e valor mínimo para 3700 cm² para o tratamento testemunha.

Já Silva et al. (2009) estudando os efeitos de lâminas de irrigação em populações de plantas de mamoneira cv. BRS Energia no município de Barbalha-CE, encontraram valores máximos para área foliar na ordem de 3.790 cm².

Silva et al. (2005) estudaram o efeito de águas salinas no crescimento da mamoneira BRS 149 Nordestina com cinco níveis de salinidade da água de irrigação e cinco proporções de íons Na:Ca e observaram que a área foliar foi afetada pela salinidade da água de irrigação, decrescendo, linearmente, 180,98 cm² por aumento unitário da CEa. Este decréscimo da área foliar, possivelmente, está relacionado com um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante.

Peixoto et al. (2010) destacam que altos valores de IAF nem sempre estão correlacionados positivamente com a produtividade final das espécies cultivadas. No entanto, baixos valores desta característica de crescimento podem comprometer o potencial produtivo das culturas e que a ocorrência de IAF baixo limita a expressão do rendimento, visto que o mesmo representa o sistema acumulador da comunidade vegetal e pode ser considerado um importante fator da produtividade.

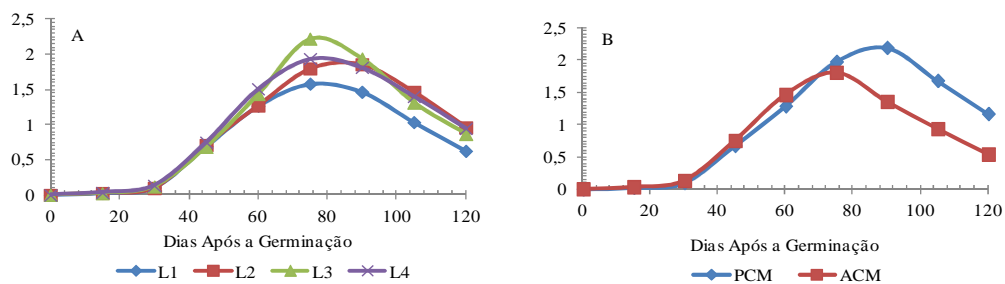


Figura 6 - A. Evolução do IAF ao longo do ciclo da cultura em função das lâminas de irrigação. B. Evolução do IAF ao longo do ciclo da cultura em função da presença e ausência de cobertura morta. Pesqueira-PE, 2011.

CONCLUSÕES

1. A lâmina de irrigação de 496,17 mm deteve o pior resultado dentre as variáveis de crescimento analisadas, em relação às lâminas de 588,19 mm, 679,77 mm e 772,22 mm. A presença de cobertura morta apresentou melhor desempenho para o crescimento da mamoneira BRS Energia quando comparado com a ausência.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigationanddrainagepaper, 56).

ALVES, G.S. Densidade populacional e seu efeito no crescimento e produtividade da mamoneira brs energia sob cultivo irrigado. Areia, UFPB, 2009. 135p. (Tese de Doutorado em Agronomia), João Pessoa, 2009.

BARROS Jr, G. Efeito do conteúdo de água do solo, monitorado com TDR, sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamona. 2007. 180 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)–Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ed Jaboticabal: FUNEP, 41p. 2003.

BIZINOTO; T.K.M.C.; OLIVEIRA; E.G.O. MARTINS; S.B.; SOUZA, S.A.; GOTARDO, M. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. **Bragantia**, v.69, n.2, p.367-370, 2010.

CARVALHO, E.V.; SÁ, C.H.A.C.; COSTA, J.L.; AFFÉRI, F.S.; SIEBENEICHLER, S.C. Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no Sul do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 387-392, jul-set, 2010.

CAVALCANTI, F.J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**(2a. aproximação). 2 ed. rev. Recife: IPA, 2008. 198p.

CARDOSO, G.D.; ALVES, P.L.C.A.; BELTRÃO, N.E.M.; BARRETO, A.F.. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 79-84, 2006.

DIAS, J.M. Eficiência de uso da água e rentabilidade da cultura da mamona irrigada. 2009. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais – Processos Ambientais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMBRAPA ALGODÃO, **BRS ENERGIA**. Campina Grande: Embrapa Algodão, Ministério da Agricultura e do Abastecimento 2007. (Folder).

FREITAS, C.A.S.; BEZERRA, F.M.L.; SILVA, A.R.A.; PEREIRA FILHO, J.V.; FEITOSA, D.R.C. Comportamento de cultivares de mamona em níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.10, p.1059–1066, 2010.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p

MEDEIROS, J.F.; SANTOS, S.C.L.; CÂMARA, M.J.T.; NEGREIROS, M.Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.4, 2007.

MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.30–37, 2006.

NASCIMENTO, A.H.C.; QUEIROZ, A.P.; LIMA, S.O.; CARVALHO, C.M.; FEITOSA, H. O.; OLIVEIRA, A.L. Desenvolvimento da mamoneira com diferentes níveis de calagem em um Latossolo Vermelho-Amarelo compactado. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.5, n.2, p.163-169, 2010

OLIVEIRA, C.J.S.; SOUSA, P.S.; MESQUITA, T.O.M.; PORTO FILHO, F.Q.; MEDEIROS, J.F. Crescimento de cultivares de mamoneira sob condições de irrigação em Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.27-33, out.-dez. 2009.

PEIXOTO, C.P.; LIMA, J.F.; SILVA, V.; BORGES, V.P.; MACHADO, G.S. Índices fisiológicos de cultivares de mamoneira nas condições agroecológicas do recôncavo baiano. **Magistra**, v. 22, n. 3,4 p. 168-177, jul./dez., 2010.

RODRIGUES, L.N. Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária. Campina Grande, UFCG, 2008. 161p. (Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola). Campina Grande, 2008

RODRIGUES, L.N.; NERY, A.R.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E.M.; GHEYI, H.R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, (Suplemento), p.825–835, 2009

SANTIAGO, F.S.; MONTENEGRO, A.A.A. Avaliação de Parâmetros Hidráulicos e Manejo da Irrigação por Microaspersão em Área de Assentamento. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 632-643, 2004.

SAS. **The SAS System for windows**: Release version: 6.8, 3.ed. Cary: 1998. CD-ROM.

SILVA, M.M. Irrigação com efluentes secundários no crescimento, produtividade e concentração de nutrientes no solo e na mamoneira. 2010. 77 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, S.M.S.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E.M.; SANTOS, J.W.; SOARES, F.A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.338-348, jul.-set., 2009.

SILVA, S.M.S. ALVES, A.N.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S.; A.L. SOARES, F.A.L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.335-342, 2008.

SILVA, A.F.; SILVA, F.P.; PITOMBEIRA, J.B. BARROS, L.M.; BEZERRA, A.P.L. Interceptação de luz, matéria seca e área foliar de linhagens de algodoeiro herbáceo. **Revista Ciência Agronômica**, Vol. 36, N1, jan. - abr., 67 - 73, 2005.

SOUZA, K.S., OLIVEIRA, F.A.; GUEDES FILHO, D.H.; BRITO NETO, J.F. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.116-122, out.-dez. 2009.

SOUZA, E.R.; MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G. Variabilidade espacial da umidade do solo em lote irrigado no semi-árido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 23-28, 2008.

CAPÍTULO III

RESUMO

SILVA, J. J. N. **Produtividade, componentes de produção e eficiência no uso da água de mamona irrigada em Neossolo Flúvico no semiárido pernambucano.** 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de diferentes dotações hídricas na presença e ausência de cobertura morta nos componentes de produção da cultura mamoneira (*Ricinus Comunnis* L.) cultivar BRS Energia em Neossolo Flúvico em agricultura familiar no semiárido pernambucano. O trabalho foi conduzido no município de Pesqueira, região Agreste do estado de Pernambuco, no período de 08 de setembro de 2010 até 18 de janeiro de 2011. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $(4 \times 2) \times 4$, com quatro tratamentos correspondentes às lâminas de irrigação, baseadas na evapotranspiração de cultura (ETc), sendo L1 = 60% ETc; L2 = 80% ETc; L3 = 100% ETc; L4 = 120% ETc, e dois tratamentos com ausência e presença de cobertura morta na densidade de 12 t ha⁻¹, e quatro repetições. Foi realizada uma única colheita aos 120 dias após a germinação (DAG), sendo coletadas amostras 3 plantas por parcela experimental. Realizaram-se análises da produtividade de bagas (PB), em quilogramas por hectare (kg ha⁻¹), produtividade de frutos (PF) em quilogramas por hectare (kg ha⁻¹); dos componentes de produção: número de racemos por planta (NRP); comprimento de racemos (CR), em centímetros (cm); massa de 100 sementes (M100) em gramas (g) e da eficiência no uso da água (EUA), em quilogramas de bagas por metro cúbico de água (kg m⁻³). Todas as variáveis, exceto a M100, apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. O NRP, a PC e a EUA responderam significativamente à presença de cobertura do solo; já o CR, a PF e PB responderam significativamente aos efeitos isolados das lâminas e da cobertura do solo. A lâmina de 679,77 mm correspondente a 100% da ETc foi a que permitiu melhor desempenho da cultura, com uma produtividade média de 2.461,4 kg ha⁻¹ de bagas.

Termos de indexação: Evapotranspiração, *Ricinus communis* e Dotações hídricas

CHAPTER III

ABSTRACT

SILVA, J. J. N. **Yield, crop yield components and water use efficiency of castor bean irrigated in Fluvic Neossol in the Pernambuco semiarid.** 2012. Tese (Thesis Doctorate in Agricultural Engineer) – Universidade Federal rural de Pernambuco.

The objective of this study was to evaluate the influence of different irrigation levels in the presence and absence of mulch in the crop yield components of castor bean (*Ricinus Comunnis* L.) cultivar BRS Energy in Fluvic Neossol area under communal farming in the Pernambuco semiarid. The experimental design was a completely randomized in an factorial scheme (4x2) x4, with four primary treatments, which are the irrigation based on crop evapotranspiration (ETc), and 60% ETc = L1, L2 = 80% ETc; 100% ETc = L3, L4 = 120% ETc, and two secondary treatments, being the absence and presence of mulch on density of 12 t ha⁻¹ and four replications. It was performed a single harvest at 120 days after germination (DAG), and sampled three plants per plot. Analyses of the number of racemes per plant (NRP), length of racemes (CR) in centimeters (cm), productivity of fruits (PF) in kilograms per hectare (kg ha⁻¹), yield of berries (PG) in kilograms per hectare (kg ha⁻¹), mass of 100 seeds (M100) in grams (g) and water use efficiency (EUA) in kilograms of berries per cubic meter (kg m⁻³) have been performed. All variables except the M100 showed a significant difference to the adopted treatment. The NRP, the PC and the EUA responded significantly to the presence of ground cover, as the CR, the PF and PB responded significantly to the effects of individual depths and the soil cover. The irrigation depth of 679.77 mm corresponding to 100% of ETc was the best choice, allowing an average yield of 2461.4 kg ha⁻¹ of berries for the crop.

Index terms: Evapotranspiration; *Ricinus communis* and water appropriations

INTRODUÇÃO

Estima-se que com o fortalecimento do Programa Nacional do Biodiesel, mais de 50% de nossa energia deverá ser proveniente de fontes renováveis, em futuro próximo (PEREIRA, 2007). Diferentemente da soja, girassol, amendoim e outras oleaginosas, a mamona não é destinada à alimentação humana. Consequentemente, sob o ponto de vista social, não haveria concorrência com tal mercado. (SILVA et al., 2009).

Barros Jr et al. (2008) ressaltam que, por ser uma planta com capacidade de produzir satisfatoriamente bem sob condições de baixa precipitação pluvial, a mamona se apresenta como uma alternativa de grande importância para o semiárido brasileiro. Nesta região, a cultura mesmo tendo a produtividade afetada, tem-se mostrado resistente ao clima adverso quando se verificam perdas totais em outras culturas, servindo, desta forma, como uma das poucas alternativas de trabalho e de renda para o agricultor da região semiárida do Nordeste do Brasil.

Entretanto, a cultura fica exposta às intempéries climáticas e a irrigação é uma medida importante para garantir o suprimento hídrico nos momentos de maiores demandas. Alguns autores têm verificado que a irrigação é eficiente no aumento da produtividade da mamona, pelo efeito benéfico nos números de racemos por planta e de cápsulas por racemo e no peso de sementes (SILVA, 2008).

O estudo de diferentes lâminas de irrigação constitui uma maneira bastante prática para se determinar as necessidades hídricas de uma espécie, em certa região para se estimar a quantidade de água que a cultura necessita para crescer e produzir dentro dos limites impostos por seu potencial genético (SILVA et al., 2011).

Contudo, a utilização de cobertura no solo associada irrigação pode apresentar inúmeras vantagens como: a melhor conservação da umidade, manutenção de temperatura mais estável, conservação da estrutura do solo, menor perda de adubos e corretivos por lixiviação, permitindo melhor aproveitamento dos mesmos pelo sistema radicular das plantas (MEDEIROS et al., 2007).

Esta alternativa de manejo cultural possibilita melhorias no tocante a conservação de solo e água e diante da carência de informações sobre cobertura em cultivo de mamona, faz-se necessário avaliar o potencial do cultivo irrigado da mamona na agricultura familiar, utilizando-se diferentes lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta, para que se possa estabelecer procedimentos de manejo capazes de permitir condições adequadas de desenvolvimento e crescimento à cultura.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta na produtividade, componentes de produção e no uso e eficiência da água da cultura mamona em Neossolo Flúvico, no âmbito da agricultura familiar, no semiárido pernambucano.

MATERIAIS E MÉTODOS:

Área de Estudo:

O estudo foi desenvolvido em lote experimental da Fazenda Nossa Senhora do Rosário, Pesqueira, PE, situada em vale aluvial na Região Agreste do Estado de Pernambuco, distando 230 km de Recife e 613 m acima do nível do mar. As coordenadas geográficas são: 8° 34' 17" S e 37° 1' 20" W Gr (SOUZA et al., 2008).

O clima do local é classificado, segundo Köppen, como BShw' semiárido quente, caatinga hiperxerófila. A média anual da umidade relativa do ar é de 73% e a velocidade média do vento é de 2,5 m s⁻¹ (SANTIAGO et al., 2004). A precipitação média anual na região é de 730 mm e a temperatura média é de 24,8° C, sendo a evapotranspiração potencial anual de cerca de 1680 mm (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2006). O solo é caracterizado como Neossolo Flúvico.

Preparo do solo e plantio experimental

Foi realizado preparo convencional do solo com grade aradora, em seguida foi realizada abertura das covas e adubação de acordo com análise de solo (Tabela 1), realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFRPE, com fertilizantes orgânico (esterco de curral) e químico com Nitrogênio, seguindo recomendação da análise de solo, de acordo com Cavalcanti et al. (2008). As quantidades de fertilizantes foram 2 t ha⁻¹ de esterco de curral; 15 kg ha⁻¹ de nitrogênio na fundação e 20 kg ha⁻¹ na cobertura, cuja fonte foi Nitrato de Cálcio. No referido plantio experimental foi cultivada mamona (*Ricinus communis* L.), cultivar BRS-Energia, colocando-se quatro sementes por cova, numa área de 500 m² com espaçamento de 0,75 m x 1 m, perfazendo um stand de 666 plantas.

Esta cultivar é precoce, com ciclo curto, em torno de 120 dias, com teor médio de óleo de 48 %, produtividade média em torno de 1.800 kg ha⁻¹, frutos indeiscentes e sementes rajadas com as cores bege e marrom (EMBRAPA, 2007).

Tabela 1. Resultados de análise de fertilidade do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2011.

Amostra	pH (água - 1:2,5)	P (mg/dm ³)	Na	K	Ca + Mg (cmolc/dm ³)	Ca	Al	H + Al	C,O (g/kg)	M,O
N,S, Rosário	6,2	100	0,14	0,25	4,5	2,8	0,0	3,31	0,24	0,42

Os atributos físicos da área de estudo, determinados segundo EMBRAPA (1997), estão descritos na Tabela 2 para as camadas de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm, e de acordo com os resultados obtidos a classe textural é Franco arenoso.

Nas Figuras 1A e 1B são mostradas as curvas de retenção de água no solo para as camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm respectivamente segundo Embrapa (1997).

Tabela 2. Análise da textura, densidade do solo (Ds), densidade da partícula e porosidade total do solo da área experimental. Pesqueira-PE, 2007.

Profundidade (cm)	Atributos					Classe Textural	
	Areia	Argila	Silte	Ds	Dp		
	g/Kg			g/cm ³			
				P			
				(%)			
0-20	647,9	154,4	197,8	1,44	2,61	44,86	Franco arenoso
20-40	642,9	173,0	184,1	1,42	2,61	45,44	Franco arenoso
40-60	683,9	159,7	156,5	1,40	2,63	46,80	Franco arenoso

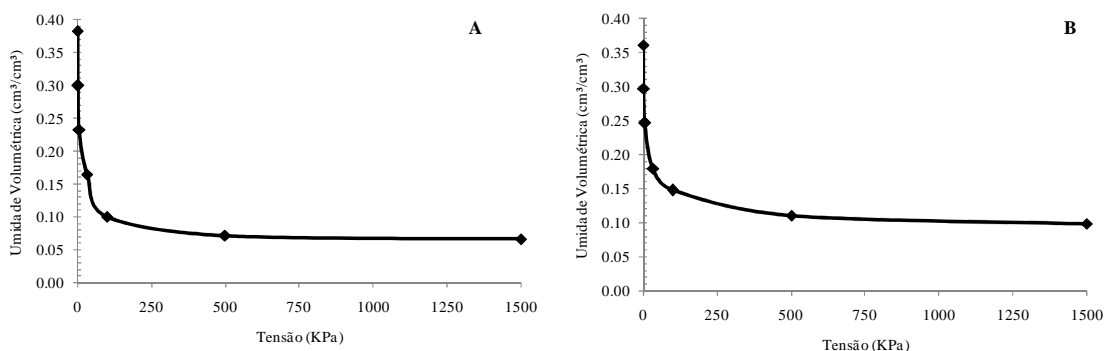


Figura 1. A. Curvas de retenção para o Neossolo flúvico na camada de 0-20 cm. B. Curvas de retenção para o Neossolo flúvico na camada 20-40 cm. Pesqueira – PE, 2011.

Sistema de irrigação e Delineamento experimental:

O experimento foi implantado em 08 de setembro de 2010 sendo finalizado em 18 de janeiro de 2011. O início da germinação das plantas se deu no dia 20 de setembro, perfazendo um total de 120 dias úteis experimentais, O sistema de irrigação localizada utilizado neste experimento foi por gotejamento tipo botão autocompensantes modelo PCJ-CNL cinza, com vazão nominal de 4L/h e pressão de serviço na faixa 5 a 40 kPa, de acordo com o fabricante.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2)x4, com quatro tratamentos correspondentes às lâminas de irrigação,

baseadas na evapotranspiração de cultura (ETc), sendo L1 = 60% ETc; L2 = 80% ETc; L3 = 100% ETc; L4 = 120% ETc, e dois tratamentos com ausência e presença de cobertura morta na densidade de 12 t ha⁻¹, ACM e PCM, respectivamente e quatro repetições, perfazendo um total de 32 parcelas experimentais, onde cada parcela possuía uma área útil de 2,25 m².

Determinação da Evapotranspiração de Referência (ETo), Evapotranspiração de Cultura (ETc) e Manejo da Irrigação:

A estimativa da evapotranspiração de cultura (ETc) foi realizada utilizando dados meteorológicos e de cultivo, conforme Equação 1:

$$ETc = \frac{EToxKcxKl}{Ea} \quad (1)$$

Onde:

ETc = Evapotranspiração da cultura, em milímetros (mm);

ETo = Evapotranspiração de referência, em milímetros (mm);

Kc = Coeficiente de cultura, dimensional, em função do estágio fenológico da cultura,

Kl = coeficiente de localização, adimensional (KELLER & BLIESNER, 1990);

Ea = Eficiência do sistema de irrigação.

Os valores utilizados os coeficientes de cultura (Kc) foram adaptados de Dias (2009) e estão descritos na Tabela 3,

Tabela 3. Coeficientes de Cultura (Kc) tentativos pra cultura da mamoneira, Pesqueira-PE, 2011.

Fases fenológicas	Caracterização das fases	Duração em dias	Kc
F1	Da germinação até 10% da cobertura do solo	14	0,75
F2	F1 - até inflorescência do 1º cacho,	34	0,85
F3	F2 – até inflorescência do 2º cacho	18	0,85-1,15
F4	F3 – até a maturação do 1º cacho	36	1,15
F5	F4 – até a maturação do 2º cacho	18	0,85

Fonte: Adaptado de Dias (2009).

Os valores de evapotranspiração de referencia (ETo) foram estimados por meio de Tanque Classe “A” (Figura 2), de acordo com a Equação 2:

$$ETo = Ev \times Kt \quad (2)$$

Onde:

Ev = Evaporação diária do Tanque Classe “A”, em mm; de acordo com Equação 3.

Kt= Coeficiente de tanque, adimensional, em função da local que neste estudo foi de 0,75 (ALLEN et al., 1998).



Figura 2, Tanque Classe “A”, Pesqueira-PE, 2011,

$$Ev = (L_{Anterior} - L_{Atual}) - P \quad (3)$$

em que:

$L_{anterior}$ = Leitura anterior da régua instalada no tanque, em mm;

L_{atual} = Leitura atual da régua instalada no tanque, em mm;

P = Precipitação, em mm,

O KI variou ao longo do experimento devido o mesmo ser dependente da percentual de área molhada ou sombreada, sendo o KI inicial estimado pela Equação 4.

$$Kl = 0,1x\sqrt{Pw} \quad (4)$$

Onde:

Pw = Percentual de área molhada pelo emissor (%), de acordo com a Equação 5.

$$Pw = NEP x \frac{SexW}{Sp x Sf} x 100 \quad (5)$$

sendo:

NEP = N° de emissores por planta;

Se = Espaçamento entre emissores (m);

W = Diâmetro médio de bulbo molhado por emissor (m);

Sp = Espaçamento entre plantas (m);

Sf = Espaçamento entre fileiras (m).

A partir do estabelecimento da cultura, o Pw é substituído por Percentual de Área Sombreada (Ps), conforme a Equação 6:

$$Pw = NEP x \frac{AS}{Sp x Sf} x 100 \quad (6)$$

Onde:

AS = Área sombreada (m^2), de acordo com a Equação 7

$$AS = \frac{\pi D^2}{4} \quad (7)$$

D = Diâmetro médio da copa das plantas (m).

O manejo da irrigação foi realizado a cada dois dias, quando se aplicaram quatro lâminas: L1= 60, L2= 80, L3=100 e L4=120% ETc, A aplicação das lâminas foi realizada mediante variação do tempo de aplicação, de acordo com Equação 8:

$$Ti = \frac{ETc}{Ia} \times f \quad (8)$$

Sendo:

f = Fator de correção da evapotranspiração, sendo: 0,6; 0,8; 1 ou 1,2 para tratamento com reposição de 60, 80, 100 e 120% da ETc, respectivamente;

TI = Tempo de irrigação (h);

Ia = Intensidade de aplicação (mm/h), seguindo a Equação 9

$$Ia = \frac{Qemissor}{SpxSf} \quad (9)$$

Onde:

Qemissor = vazão por emissor (m³/h).

Análise da produtividade, dos componentes de produção e da eficiência no uso da água:

Foi realizada uma única colheita aos 120 dias após a germinação (DAG), sendo coletadas amostras 3 plantas por parcela experimental. Realizaram-se análises da Produtividade de frutos (PF) em quilogramas por hectare (kg ha⁻¹); Produtividade de bagas (PG), em quilogramas por hectare (kg ha⁻¹), dos componentes de produção: Número de racemos por planta (NRP); Comprimento de racemos (CR), em centímetros (cm); Massa de 100 sementes (M100) em gramas (g) e por fim, analisou-se a Eficiência no uso da água (EUA), em quilogramas de bagas por metro cúbico de água (kg m⁻³).

Análise estatística

Para análise de produtividade, componentes de produção e eficiência do uso da água em função das diferentes lâminas de irrigação e da presença e ausência de cobertura morta, foi usada análise de variância, utilizando-se o Programa SAS (SAS Institute, 1999).

Quando significativos, os dados foram submetidos à análise de regressão utilizando-se modelos linear ou quadrático. Na ausência de ajuste aos modelos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Na Figura 3 são mostrados os valores de ETo medidos em Tanque Classe “A”, juntamente com o total precipitado durante o ciclo da cultura. Observa-se que toda chuva concentrou-se em apenas 3 eventos, aos 31, 32 e 33 DAG, totalizando 154,5 milímetros e que o maior valor de ETo foi de cerca de 8 milímetros.

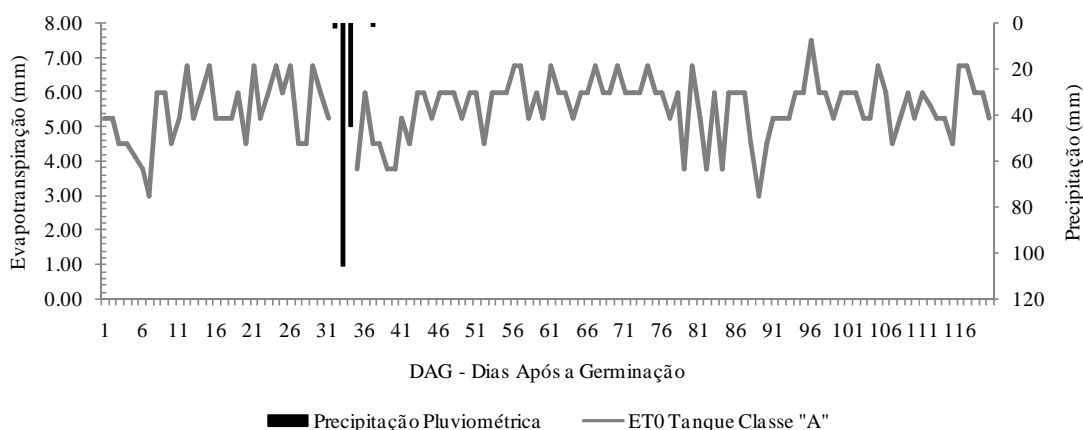


Figura 3. Distribuição da ETo e da precipitação pluviométrica ao longo do experimento, Pesqueira-PE, 2011.

Verificam-se na Tabela 4 os efeitos dos tratamentos lâminas de irrigação (L1 = 496,17 mm; L2 = 588,19 mm; L3 = 679,77 mm e L4 = 772,22 mm) e cobertura do solo (PCM e ACM) ao final do ciclo da cultura (120 DAG), bem como suas respectivas interações sobre as variáveis estudadas aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. Observa-se que todas as variáveis, exceto a M100, apresentaram efeitos significativos aos tratamentos utilizados. O NRP, o PC e a EUA responderam positivamente apenas ao efeito da cobertura do solo, já o CR, a PF e PB responderam significativamente tanto para o efeito das lâminas de irrigação como para o efeito da cobertura do solo isoladamente, entretanto não houve diferença significativa da interação destes sobre as variáveis.

Tabela 4. Resumo das análises de variância para Produtividade de frutos (PF), Produtividade de bagas (PG), para os componentes de produção da mamoneira BRS Energia: Número de racemos por planta (NRP); Comprimento de racemos (CR), Percentual de casaca (PC), Massa de 100 sementes (M100) e para a Eficiência no uso da água (EUA). Pesqueira, 2011.

FV	GL	Quadrado Médio						
		NRP	CR	PF	PB	PC	M100	EUA
LAM	3	2,41 NS	207,08**	3048361,33*	1508028,73*	18,89 NS	10,19 NS	0,003 NS
COB	1	19,05*	104,94**	9015786,63*	3408288,44*	114,69*	5,14 NS	0,025*
LAM x COB	3	0,45 NS	3,92 NS	157340,02 NS	65628,65 NS	0,76 NS	1,43 NS	0,0001 NS
Resíduo	24	2,63	2,88	559839,8	269574,04	9,74	4,61	0,002

CV (%)	12,79	2,72	13,81	13,51	11,66	6,6	5,15
Lâminas	Média						
mm	cm	kg/ha	kg/há	%	g	kg/m ³	
L1 = 496,17	5,17 a	29,96 c	2018,8 b	1494,3 b	26,18 a	31,13 a	0,30 a
L2 = 588,19	6,17 a	33,83 d	2862,4 ab	2118,2 ab	25,82 a	32,52 a	0,36 a
L3 = 679,77	6,38 a	41,41 a	3318,3 a	2461,4 a	25,99 a	33,89 a	0,36 a
L4 = 772,22	6,21 a	38,68 b	3337,2 a	2360,9 a	29,06 a	32,60 a	0,31 a
Média							
Cobertura	cm	kg/ha	kg/há	%	g	kg/m ³	
PCM	6,75 a	37,78 a	3415,0 a	2435,0 a	28,66 a	32,94 a	0,38 a
ACM	5,21 b	34,16 b	2353,4 b	1782,3 b	24,87 b	32,13 a	0,28 b

NS não significativo ($P > 0,05$); *significativo ($P < 0,05$); **significativo ($P < 0,01$) pelo teste F. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças entre as medias ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Número de Racemos por planta (NRP):

Apesar de não terem apresentados níveis de significância ($P < 0,05$), realizou-se a análise de regressão e obteve-se a equação que melhor representa o número de racemos por planta (NRP) que foram de 5,17; 6,17; 6,38 e 6,21 para as lâminas de irrigação aplicadas de 496,17; 588,19; 679,77 e 772,22 mm, respectivamente. O modelo que melhor se ajustou os dados foi o polinomial quadrático, tendo a lâmina 3 como a que apresentou melhor rendimento na ordem de 6,38 racemos por planta Já o valor máximo foi estimado em aproximadamente 6,4 na lâmina de 694 mm. Estes resultados não se distanciam daqueles obtidos com L3, pois o número de racemos foi praticamente igual (Figura 4).

Contudo houve diferença entre a presença e a ausência de cobertura morta, o tratamento PCM superou em 22,81% o número de cachos por planta, permitindo um melhor desempenho da cultura.

Soratto et al. (2011) avaliaram o efeito do espaçamento entre fileiras e da população de plantas na mamoneira cultivar FCA-PBO em Botucatu-SP e também não obtiveram efeito significativo com valor máximo de 6,1 racemos por planta. Resultado diferente foi conseguido por Ferrari Neto et al., (2011) trabalhando com o Híbrido Íris, também em Botucatu-SP, em diferentes plantios sucessivos e consórcios com Guandu-Anão (*Cajanus cajan*) e o Milheto (*Pennisetum glaucum*), obtiveram cerca de 2,2 racemos por planta.

Diniz et al. (2009) avaliaram o efeito da poda da gema apical com dois espaçamentos na cultivar BRS 149 Nordestina em Quixadá-CE. Foi observado que o

espaçamento 2,0 m x 2,0 foi significativo e aumentou para 9,27 o número de racemos por planta.

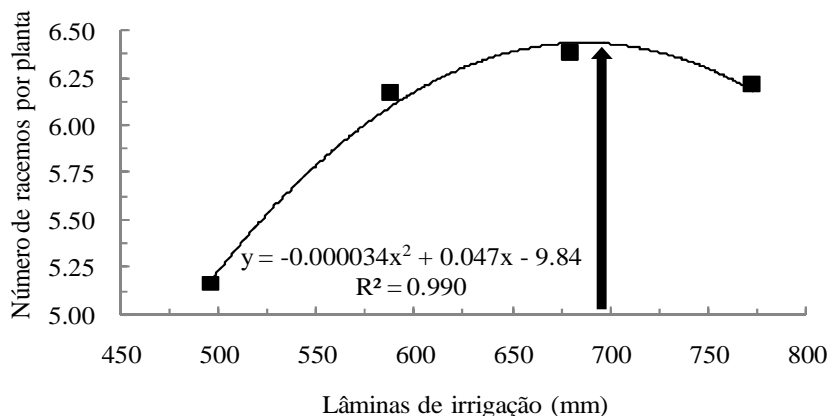


Figura 4. Número de racemos por planta em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.

Comprimentos de Racemos (CR):

Para o comprimento de racemos (CR) houve diferença significativa pelas lâminas de irrigação, o CR se ajustou a um modelo polinomial de equação de regressão onde se observou um melhor desempenho da lâmina 3, representada por 100% da ETc (679,77mm) com valor médio de 41,43 cm tendo a lâmina 1 como a que apresentou pior desempenho com CR na ordem de 29,95 cm . O comprimento de racemo foi estimado em 42,33 cm para uma lâmina teórica de irrigação de aproximadamente 747 mm (Figura 5). Já no que diz respeito ao efeito de cobertura no solo, observa-se um pequeno acréscimo da presença em relação à ausência de cobertura morta na ordem de 9,58%.

Santos et al. (2010) avaliaram os efeitos de esterco bovino, cama de galinha e torta de mamona sobre em cultivo de mamoneira BRS Energia e descreveram que o comprimento de cacho aumentou de forma quadrática com o incremento das doses de esterco bovino obtendo-se um valor máximo estimado de 32 cm.

Bizinoto et al. (2010) avaliaram o CR da mamoneira cultivar Guarani, influenciada por diferentes populações de em Bom Jesus-GO e não observaram diferença significativa entre os tratamentos, entretanto obtiveram valores máximos e mínimos para o CR na ordem de 58 mm e 50 mm, respectivamente. Já Silva et al. (2009) estudando os efeitos de lâminas de irrigação em populações de plantas de mamoneira cv. BRS Energia, no município de Barbalha-CE, encontraram valores máximos para CR na ordem 41 cm para a lâmina de 479,75 mm. Contudo, Dias (2009)

também trabalhando com lâminas de irrigação na cv. BRS Energia obteve valores médios máximos e mínimos de CR na ordem de 41 cm e 33 cm para as lâminas de 649,7 mm e 934,8 mm respectivamente.

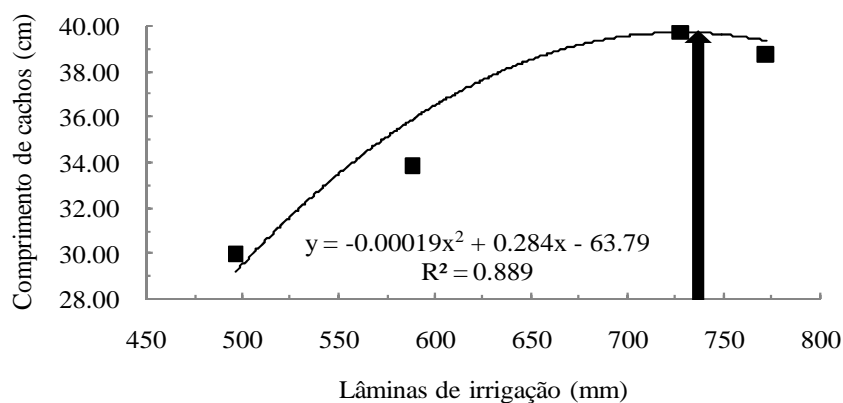


Figura 5. Comprimento médio de racemos em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.

Produtividade de frutos (PF):

Houve significância estatística para a variável produtividade de frutos ($P < 0,05$). Observa-se que a lâmina 3 correspondente a 679,77 mm possibilitou a maior produtividade de bagas totalizando $3318,3 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo assim realizou-se a análise de regressão e obteve-se a equação que melhor representa esta variável, tendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou. Realizou-se estimativa para a máxima produção em função das lâminas de irrigação e observou-se um valor de $3585,82 \text{ kg ha}^{-1}$ de frutos para uma lâmina de irrigação na ordem de 744 mm aproximadamente (Figura 6).

Outrossim, observa-se efeito significativo da cobertura morta no cultivo da mamona, uma vez que permitiu um incremento na ordem de 31,09 % na produtividade de frutos melhorando o desempenho da cultura em relação ao solo descoberto,

Silva et al. (2009) observaram que a lâmina de 479,75 mm deteve os melhores resultados atingindo produtividade de $1.937,40 \text{ kg ha}^{-1}$ de frutos para a mamoneira cv. BRS Energia. Contudo, Freitas et al. (2010) avaliaram o desempenho das variáveis produtivas de três cultivares de mamoneira (IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu), com cinco níveis de irrigação por gotejamento, baseado na evaporação de Tanque Classe “A”, em Pentecoste-CE, e observaram que lâmina total aplicada de 913,4 mm na cultivar BRS Paraguaçu, foi a que resultou a maior produtividade de bagas em torno de $2.872,42 \text{ kg ha}^{-1}$.

Já Moreira et al. (2009) avaliaram os fatores produtivos da variedade IAC Guarani sob diferentes lâminas de irrigação por gotejamento, também quantificadas a partir da evaporação medida no Tanque Classe “A”, em Fortaleza-CE e verificaram que a irrigação com base na lâmina estimada de 1,00 ECA proporcionou a maior produtividade total de frutos com aproximadamente de 4100 kg ha⁻¹.

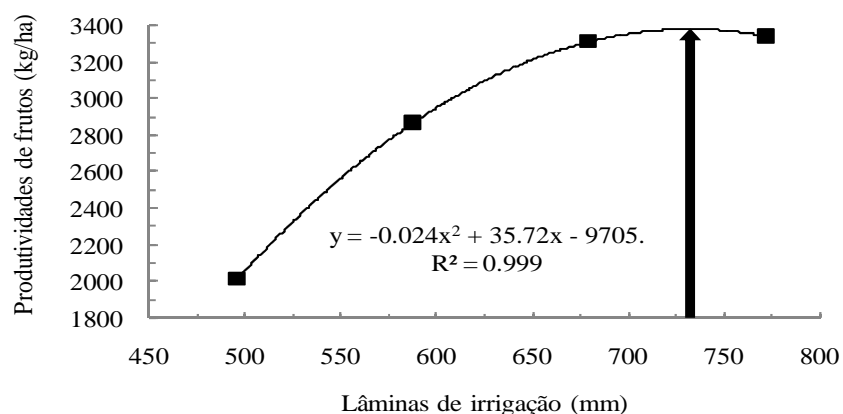


Figura 6. Produtividade de frutos em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.

Produtividade de bagas (PG):

Houve significância estatística para a variável produtividade de bagas ($P < 0,05$), observa-se que a lâmina total de 679,77 mm possibilitou a maior produtividade de bagas totalizando 2461,4 kg ha⁻¹, com isso realizou-se a análise de regressão e obteve-se a equação que melhor representa esta variável, sendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou. Para tanto, estimou-se valor máximo de produtividade de bagas na ordem de 2662,74 kg ha⁻¹ para uma lâmina de 744 mm (Figura 7). Considera-se também, o efeito significativo da cobertura no solo, a produção de bagas em solo com a cobertura morta foi cerca de 26,8 % maior em relação a ausência, permitindo um aumento substancial do rendimento da cultura.

Tal resultado supera o encontrado por Silva (2010) que, estudando os efeitos de diferentes efluentes de esgoto doméstico tratado e lâminas de irrigação (100 e 120% Etc) sobre o crescimento da mamoneira BRS Energia em Ibimirim-PE, obteve produção máxima de 1.923,28 kg ha⁻¹. Contudo, foi superado por Dias (2009) que também trabalhando com esta mesma cultivar em Barbalha-CE, com quatro lâminas de irrigação, obteve produtividade máxima na ordem de 3361,72 Kg ha⁻¹.

Devide et al. (2010) avaliaram o desempenho da mamona ‘IAC 80’ cultivada em em plantio direto na palha da aveia branca; consorciada com culturas alimentares em Pindamonhangaba-SP e obtiveram 1.060 kg ha⁻¹ de bagas. Santos et al. (2010) avaliaram os efeitos de esterco bovino, cama de galinha e torta de mamona mamoneira cultivar BRS Energia em São João do Cariri-PB e constataram que a produtividade de bagas aumentou de forma quadrática em função das doses de esterco bovino aplicadas ao solo, atingindo valor máximo de 998 kg ha⁻¹ na dose estimada de 13,07 t ha⁻¹.

Diniz Neto et al. (2009), trabalhando com as cultivares de mamona, BRS nordestina e Mirante 10, submetidas a adubação mineral, épocas de plantio e localidades em cultivo de sequeiro, concluíram que a BRS Nordestina apresentou maior produtividade de bagas em relação a Mirante 10 de 1.584 kg ha⁻¹ contra 1.128,38 kg ha⁻¹ em Pentecoste-CE, entretanto, em Limoeiro do Norte-CE houve resultado contrário, tendo a Mirante 10 se sobressaído em relação a BRS Nordestina na ordem de 1.152,09 kg ha⁻¹ contra 842,09 kg ha⁻¹.

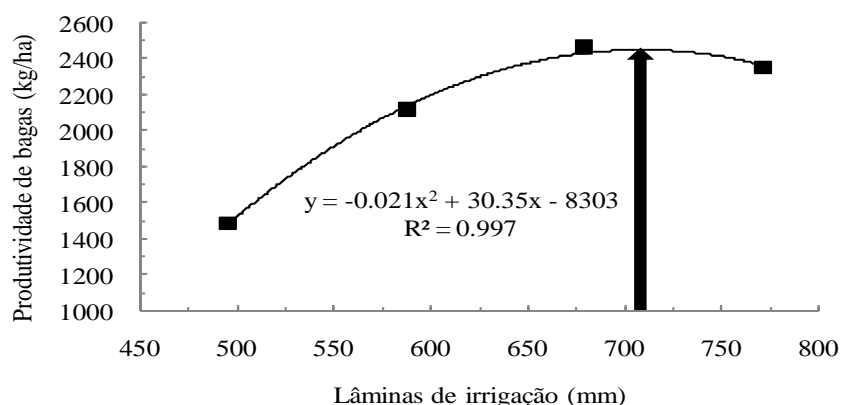


Figura 7. Produtividade de bagas em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.

Percentual de Casca (PC):

Severino et al. (2005) relatam que para cada tonelada de semente de mamona processada, são gerados em torno de 620 kg de casca e que tradicionalmente, este produto tem sido utilizado como adubo orgânico e na alimentação animal.

Neste estudo o PC não apresentou níveis de significância ($P < 0,05$), para os tratamentos utilizados, contudo verificou-se que a lâmina total de 772,22 mm possibilitou o maior valor e a lâmina de 588,19 mm o menor valor de PC entre as lâminas aplicadas, que foram da ordem de 29,06 % e 25,82 %, respectivamente.

Contudo estimou-se melhor lâmina de irrigação que gerasse um menor percentual de casca, a qual foi da ordem de 590 mm para um total de 25,4 % de PC. (Figura 8). Para os tratamentos presença e ausência da cobertura morta no solo, a PCM apresentou maior percentual casca, na ordem de 13,22 % em relação a ausência de cobertura morta, provavelmente devido ser uma consequência da maior produtividade de frutos.

Este resultado foi inferior ao encontrado por Zuchi et al. (2010), que avaliaram o rendimento das cultivares Al Guarany 2002, IAC 80, IAC 226 e BRS 188 Paraguaçu em função da época de semeadura e da ordem floral em Pelotas-RS e obtiveram valores máximos de PC na ordem de 39, 44, 34 e 43% respectivamente.

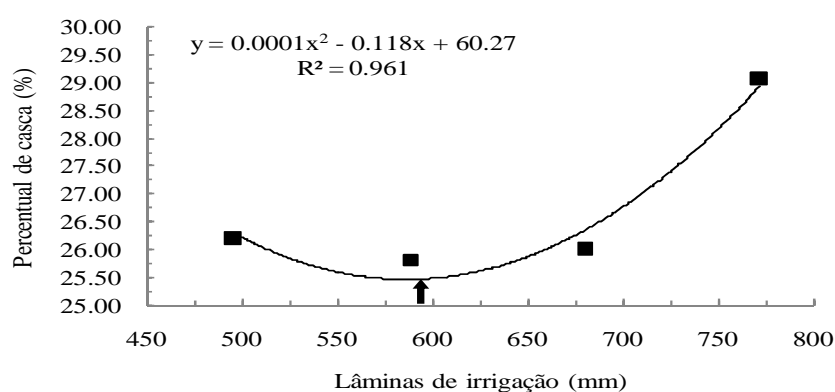


Figura 8. Percentual de casca em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.

Massa de 100 sementes (M100):

A Massa de 100 sementes não apresentou níveis de significância ($P < 0,05$), para os tratamentos utilizados, tanto para lâminas de irrigação como para cobertura do solo, contudo verificou-se que a lâmina total de 679,77 mm possibilitou o maior valor entre as lâminas aplicadas com cerca de 30 g. Ajustou-se um modelo quadrático a esta variável (Figura 9).

Resultados semelhantes foram obtidos por Soratto et al. (2011), Ferrari Neto et al. (2011), Diniz Neto et al (2009) e Dias (2009) com valores máximos de M100 na ordem 38,9; 40,3; 28,6 e 35,4 g respectivamente. Entretanto, Santos et al. (2010) obtiveram efeitos significativos para M100, tendo o tratamento com esterco bovino se destacado com valor máximo de M100 na ordem de 30,43 g.

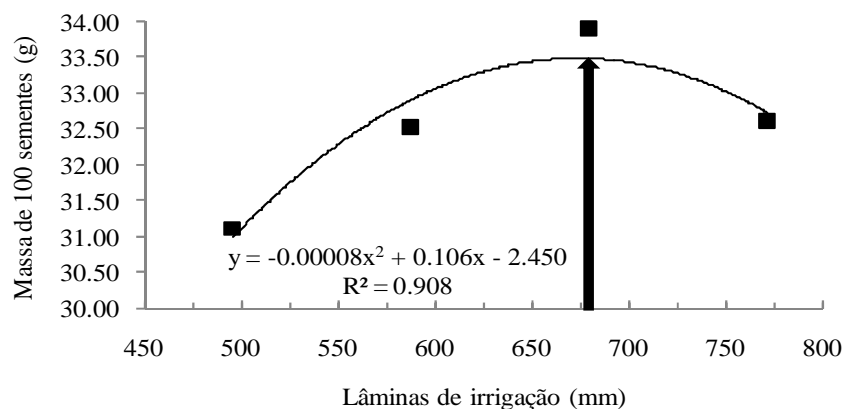


Figura 9. Massa de 100 sementes em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.

Eficiência do uso da água (EUA).

Dias (2009) destaca que a EUA representa a capacidade que a cultura possui em assimilar carbono, enquanto limita as perdas de água, através dos estômatos e que a mesma depende da capacidade de assimilação de CO₂, da eficiência fotossintética e do tipo de planta.

Neste trabalho, a EUA apresentou apenas diferença significativa para presença de cobertura morta no solo, provavelmente devido a conservação da umidade e conseqüentemente proporcionou um maior aproveitamento da água pela planta. Contudo, as lâminas de 588,19 e 679,77 mm se destacaram com valores EUA da ordem de 0,36 kg de bagas por metro cúbico aplicado de água. Estimou-se valor máximo para EUA que foi na ordem de 0,37 kg de bagas por metro cúbico aplicado de água para uma lâmina de 662,5 mm aproximadamente. (Figura 10).

No tocante a cobertura do solo, na presença de cobertura morta observou-se um incremento de cerca de 26,32 % da eficiência do uso da água, quando se comparado a ausência, evidenciando efeito benéfico da cobertura morta na conservação da umidade do solo e conseqüente aumento da oferta hídrica ao longo do ciclo da cultura.

Tais valores foram superados por Dias (2009) que obteve 0,498 e 0,474 kg m⁻³, para os anos agrícolas de 2005 e 2006, respectivamente. Chaves e Araújo (2011) avaliaram a EUA da mamoneira, cultivar BRS Nordestina, em relação às doses crescentes de N, P e K, quando cultivados em ambiente controlado em Campina Grande-PB. Verificaram que a EUA aumentou com os níveis de nitrogênio aplicados ao solo, observando-se que a maior EUA foi de 2,29 g de fitomassa da planta por litro de água aplicada.

Já Barros Jr et al. (2008) estudaram a EUA das cultivares BRS-Nordestina e BRS-Paraguaçu, submetidas a diferentes conteúdos de água no solo em condições de casa de vegetação, também em Campina Grande-PB e concluíram que os índices de EUA alcançados pelos tratamentos mantidos a 100% água disponível foram $2,83 \text{ kg m}^{-3}$ de fitomassa para Nordeste e $2,78 \text{ kg m}^{-3}$ para Paraguaçu.

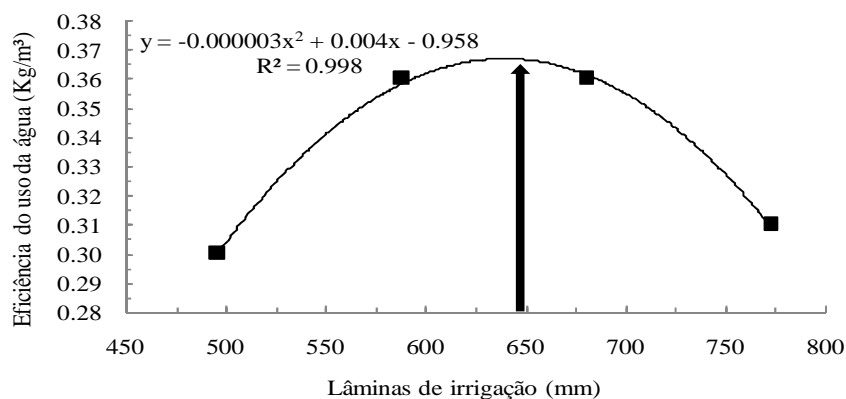


Figura 10. Eficiência do Uso da água em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação. Pesqueira – PE, 2011.

CONCLUSÕES

1. Todas as variáveis, exceto a M100 apresentaram diferença significativa aos tratamentos. O NRP, a PC e a EUA responderam significativamente a presença de cobertura morta no solo, já o CR, a PF e PB responderam significativamente aos efeitos isolados das lâminas e da cobertura do solo.

2. A presença de cobertura morta melhorou o desempenho da variedade BRS Energia e a lâmina de 679,77 mm foi a que melhor correspondeu, gerando uma produtividade de bagas de $2.461,4 \text{ kg ha}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and drainage paper, 56).

BARROS JR, G., GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M.L.F., LACERDA, R.D.L. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 350–355, 2008.

BIZINOTO; T.K.M.C.; OLIVEIRA; E.G. O. MARTINS; S.B.; SOUZA, S.A.; GOTARDO, M. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. **Bragantia**, v.69, n.2, p.367-370, 2010.

CAVALCANTI, F.J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco** (2a. aproximação). 2 ed. rev. Recife: IPA, 2008. 198p.

CHAVES, L.H.G.; ARAÚJO, D.L. Fitomassa e produção da mamoneira BRS Nordestina adubada com NPK. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 222-231, jan. - mar. 2011.

DEVIDE, A.C.P.; CASTRO, C.M., SANTOS, R.D.F.; ANACLETO, A.H. Plantio direto de mamona 'IAC 80' com culturas alimentares. **Ciência Agrotecnológica**, v. 34, n. 3, p. 653-659, maio/jun., 2010.

DIAS, J.M. Eficiência de uso da água e rentabilidade da cultura da mamona irrigada. 2009. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais – Processos Ambientais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

DINIZ, B.L.M.T.; TAVORA, F.J.A. F.; DINIZ NETO, M.A. Manipulação do crescimento da cv. BRS 149 Nordestina através da poda em diferentes densidades populacionais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, p. 570-577, out-dez., 2009.

DINIZ NETO, M.A.; TAVORA, F.J.A. F.; CRISÓSTOMO, L.A.; DINIZ, B.L.M.T. Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. I – Componentes da produção e produtividade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 578-587, out-dez, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMBRAPA ALGODÃO, **BRS ENERGIA**. Campina Grande: Embrapa Algodão, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2007. (Folder).

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C. A.C; SORATTO, R.P.; COSTA, C.H. M. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 978-985, 2011.

FREITAS, C.A.S.; BEZERRA, F.M.L.; SILVA, A.R.A.; PEREIRA FILHO, J.V.; FEITOSA, D.R.C. Comportamento de cultivares de mamona em níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.10, p.1059–1066, 2010.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

MEDEIROS, J.F.; SANTOS, S.C.L.; CÂMARA, M.J.T.; NEGREIROS, M.Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.4, 2007.

MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.30–37, 2006.

MOREIRA, L.G.; VIANA, T.V.A.; MARINHO, A.B.; NOBRE, J.G.A.; LIMA, A.D.; ALBUQUERQUE, A. H. P. Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira variedade IAC Guarani. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.4, p.449-455, 2009.

PEREIRA, F.S.G. Biomassa de oleaginosa como fonte alternativa de energia (*Ricinus communis* L.). 2007, 98 f. Dissertação Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental - Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife.

SANTIAGO, F.S.; MONTENEGRO, A.A.A. Avaliação de Parâmetros Hidráulicos e Manejo da Irrigação por Microaspersão em Área de Assentamento. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 632-643, 2004.

SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T.; BRITO, L.M.P.; OLIVEIRA, M.E.C.; BEZERRA, S.A. Componentes de produção e produtividade de mamoneira “BRS Energia” em função da adubação orgânica. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, n.1, p.01-07, mar. 2010.

SAS. **The SAS System for windows**: Release version: 6.8, 3.ed. Cary: 1998. CD-ROM.

SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31p. (Documentos, 134).

SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; SOUSA, C.C.M.; PEREIRA FILHO, J.V.; FREITAS, C.A.S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 57-64, 2011.

SILVA, M.M. Irrigação com efluentes secundários no crescimento, produtividade e concentração de nutrientes no solo e na mamoneira. 2010. 77 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, S.M.S.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E.M.; SANTOS, J.W.; SOARES, F.A.L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.338-348, jul.-set., 2009.

SILVA, S.M.S. ALVES, A.N.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S.; A.L. SOARES, F.A.L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.335–342, 2008.

SILVA, J.N.S. Caracterização edafoclimática em um cultivo de mamona (*Ricinus communis* L.) em vale aluvial no Agreste de Pernambuco. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SOUZA, E.R.; MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G. Variabilidade espacial da umidade do solo em lote irrigado no semi-árido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 23-28, 2008.

SORATTO, R.P.; SOUZA-SCHLICK, G.D.; SAN GIACOMO, B.M.; ZANOTTO, M. D.; FERNANDES, A.M. Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 245-253, 2011.

ZUCHI, J.; ZANUNCIO, J.C.; BEVILAQUA, G.A.P.; PESKE, S.T.; SILVA, S.D.A. Componentes do rendimento de mamona segundo a ordem floral e época de semeadura no Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 380-386, jul-set, 2010.

CONSIDERAÇÕES GERAIS E PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

A demanda por pesquisas voltadas principalmente no âmbito da agricultura familiar se faz necessária e urgente, uma vez que esta é responsável por cerca de 70% da produção de alimentos que vão à mesa dos brasileiros.

É de suma importância pesquisas que contemplem o desenvolvimento e aplicação de tecnologias que permitam o incremento da produtividade de forma sustentável e que consequentemente aumente a geração de renda do pequeno produtor.

Portanto, como perspectiva para o futuro, na agricultura irrigada deve-se atribuir uma atenção especial ao manejo da irrigação, uma vez que se torna imprescindível conduzir de forma racional a cultura irrigada em condições de campo, determinando de forma precisa as necessidades hídricas da cultura sem déficit, nem excesso, assim como a lâmina e a hora mais adequada para proceder à irrigação visando desta forma maximizar a eficiência do uso da água permitindo assim, a conservação dos recursos naturais existentes.