



MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

Clayton Moura de Carvalho¹; Thales Vinícius de Araújo Viana²; Albanise Barbosa Marinho³;
Luiz Alves de Lima Júnior⁴; Manoel Valnir Júnior⁵ & Karina Guedes Correia⁶

RESUMO

Conhecer o comportamento da água no solo é essencial para a tomada de decisões referentes ao manejo racional dos cultivos irrigados ou não. O objetivo deste trabalho foi monitorar indiretamente o teor de umidade do solo através de tensímetros digitais instalados em áreas com diferentes lâminas aplicadas e durante o desenvolvimento do cultivo do pinhão manso. O trabalho de campo foi conduzido na área experimental da Fazenda Bandeira pertencente a Agroempresa Brasil Ecodiesel cultivada com o pinhão manso, utilizando-se cinco lâminas de irrigação (50%, 75%, 100%, 125% e 150% da evaporação medida no tanque classe A) e sete épocas de coletas (30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias), compondo um esquema de parcelas subdivididas com três repetições. O potencial mátrico foi decrescente na medida em que era realizado o incremento das lâminas de água nos diferentes tratamentos com irrigação baseados na evaporação do Tanque Classe “A” e crescente na medida em que a fitomassa da planta aumentava, alcançando valores máximos aos 210 DAP com o tratamento de menor lâmina de irrigação.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*, L., tensiometria, tanque classe “A”.

MANAGEMENT AND USE OF IRRIGATION TENSIMETERS DIGITAL MATRIX IN MONITORING THE POTENTIAL OF WATER ON THE GROUND IN THE AREA OF IRRIGATED JATROPHA

ABSTRACT

Knowing the behavior of water in soil is essential for making rational decisions regarding the management of irrigated crops or not. The objective of this study was to indirectly monitor the moisture content of the soil through digital tensimeters installed in areas with different water depths and for the development of the cultivation of *Jatropha*. The field work was conducted at the Experimental Farm Bandeira belonging to agribusiness Brazil

¹ Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. do Curso Superior de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, FATEC Cariri, e-mail: carvalho_cmc@yahoo.com.br

² Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. da UFC, e-mail: thales@ufc.br

³ Doutora em Engenharia Agrícola, Prof. da UNILAB, e-mail: albanisebm@gmail.com

⁴ Mestre em Engenharia Agrícola, UFC

⁵ Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. do IFCE Sobral, valnir@ifce.edu.br

⁶ Doutora em Recursos Naturais, Profa. da UFPE

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

Ecodiesel cultivated with *Jatropha*, using five levels of irrigation (50%, 75%, 100%, 125% and 150% of the measured evaporation in the tank class A) and seven sampling times (30, 60, 90, 120, 150, 180 and 210 days), making a split plot with three replications. The matric potential was decreasing as it was done the increase in water depths in the treatments with irrigation based on pan evaporation class "A" and growing to the extent that the plant biomass increased, reaching maximum values at 210 DAP with treatment under irrigation.

Key words: *Jatropha curcas* L., tensiometry, tank class "A".

INTRODUÇÃO

Conhecer o comportamento da água no solo é essencial para a tomada de decisões referentes ao manejo racional dos cultivos irrigados ou não. Nesse aspecto, uma importante variável a ser mensurada é a energia com que a água está retida pela fração sólida do solo, conhecida na literatura que trata do tema por potencial mátrico (BRITO *et al.*, 2009). Segundo Coelho & Teixeira (2004), o princípio de funcionamento do tensiômetro baseia-se na formação do equilíbrio entre a solução do solo e a água contida no interior do aparelho. O equilíbrio ocorre quando a cápsula porosa entra em contato com o solo e a água do tensiômetro entra em contato com a água do solo. Caso a água do solo esteja sob tensão, ela exerce uma sucção sobre o instrumento, retirando água deste, fazendo com que a pressão interna diminua. Como o instrumento é vedado, ocorre a formação do vácuo; a leitura dessa pressão negativa fornece o potencial matricial da água no solo.

O tensiômetro de leitura automática vem sendo utilizado já há algum tempo, tendo como destaque o tensímetro (MARTHALER *et al.*, 1983) e o tensiômetro com transdutor (HUBBELL & SISSON, 1998). O tensímetro digital utiliza um transdutor de pressão (MARTHALER *et al.*, 1983) como elemento sensível para transmitir um sinal correspondente à tensão no interior do tensiômetro quando do momento da leitura. Esse sinal é mostrado, também, digitalmente no visor do instrumento.

O objetivo deste trabalho foi monitorar indiretamente o teor de umidade do solo através de tensímetros digitais

instalados em áreas com diferentes lâminas aplicadas e durante o desenvolvimento do cultivo do pinhão manso.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de campo foi desenvolvido no período de setembro de 2008 a fevereiro de 2010, na área experimental da Fazenda Bandeira pertencente a Agroempresa Brasil Ecodiesel, situada no município de Crateús no Estado do Ceará, com as coordenadas geográficas 05° 23' 25''S, 40° 57' 38''O e 717 m de altitude. O clima da região é o BSw`h`, tropical quente semiárido, com máximo de chuvas no outono (fevereiro a maio). O total anual médio de chuva é de 786,7 mm e as médias anuais da temperatura de 27,1 °C e da umidade relativa do ar de 74% (1971-2000).

A área total do experimento cultivada com o pinhão manso foi de 3.750 m² (75 m x 50 m). As parcelas experimentais mediram 250 m² (25 m x 10 m), compostas de 4 subparcelas de 60 m² (6 m x 10 m), com duas fileiras de plantas espaçadas de 3 m x 2 m, totalizando 10 plantas por fileira. Cada bloco tinha uma área de 1.250 m² (25 m x 50 m) resultando em área total de 3.750 m² (75 m x 50 m) e gerando uma densidade de 22.500 plantas por hectare.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos foram compostos a partir da combinação de cinco lâminas de irrigação (parcelas) e sete épocas de coletas de dados.

Foram aplicadas cinco lâminas de irrigação, definidas a partir da evaporação

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO
MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA
DE PINHÃO MANSO IRRIGADO**

medida diariamente no tanque classe “A”, cujos tratamentos foram: $L_1 = 50\%$ do total evaporado; $L_2 = 75\%$ do total evaporado; $L_3 = 100\%$ do total evaporado; $L_4 = 125\%$ do total evaporado e $L_5 = 150\%$ do total evaporado.

As épocas de coletas de acordo com dias após poda (DAP), foram: 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 DAP.

Na Tabela 1 estão os parâmetros físico-hídricos determinados para a profundidade de 0,20 m da superfície do solo. As análises foram realizadas no laboratório de Solos e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará em convênio com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos hídricos – FUNCEME, Fortaleza, CE.

Tabela 1. Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental. Crateús – CE, 2008.

Parâmetro	Unidade	Profundidade (m)
		0,20
Areia Grossa	g kg ⁻¹	615
Areia Fina	g kg ⁻¹	307
Silte	g kg ⁻¹	49
Argila	g kg ⁻¹	29
Argila Natural	g kg ⁻¹	17
Densidade do Solo	g cm ⁻³	1,54
Densidade das Partículas	g cm ⁻³	2,66
Porosidade total	%	41
Capacidade de Campo*	g 100 g ⁻¹	13,24
Ponto de Murcha Permanente*	g 100 g ⁻¹	5,27
Água disponível	g 100 g ⁻¹	7,97
Classe textural		Areia

* As umidades na capacidade de campo e ponto de murcha permanente foram determinadas pelo método do anel volumétrico nos potenciais de -0,033 MPa e -1,5 MPa, respectivamente.

Adotou-se o sistema de irrigação localizado com gotejadores da PLASTO®, trabalhando com uma pressão média de 20 kPa e vazão nominal de 8 L h⁻¹, espaçados de 2 m, sendo um emissor para cada planta, a uma distância de 0,10 m do caule.

As lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos foram independentes e controlados por registros de linha, conforme o tempo de irrigação diário quantificado a partir da evaporação medida no tanque Classe “A”, conforme equação 1.

$$Ti = \frac{(f * ECA * El * Ep * Fc)}{(Ei * Qg)} \quad (1)$$

Em que: Ti é o tempo de irrigação, em h; f é um fator de ajuste de 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 ou 1,50 em função do % da evaporação medida no tanque classe “A” (variável em conformidade com os

tratamentos utilizados), em %; ECA é a evaporação medida no tanque classe “A”, em mm dia⁻¹; El é o espaçamento entre linhas de plantas, em m (3 m); Ep é o espaçamento entre plantas, em m (2 m); Fc é o fator de cobertura do solo, adimensional, verificado através do sombreamento da planta no espaçamento utilizado pela mesma; Ei, é a eficiência de irrigação, adimensional (valor adotado de 90%, obtido através de avaliações em campo do sistema utilizado); Qg é a vazão do gotejador, em L h⁻¹ (8 L h⁻¹).

Para a realização da avaliação em campo do sistema de irrigação localizado por gotejamento utilizado no experimento foram necessários uma proveta graduada de 500 ml, um cronômetro digital e vasilhames plásticos, coletando-se os dados de vazão seguindo a metodologia proposta por Keller & Karmeli, modificada

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

por Denículi *et al.* (1980), em que são avaliadas 4 linhas laterais, ou seja, a primeira linha, as localizadas a 1/3, a 2/3 do início da parcela e a última. Em cada linha foram avaliados 8 gotejadores, isto é, o primeiro, os localizados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e 6/7 do início da mangueira, além do último gotejador, totalizando 32 gotejadores avaliados por setor.

Com a extração dos valores de vazão, foram calculados os valores do coeficiente de uniformidade de distribuição – CUD (Equação 2) para os 32 gotejadores avaliados.

$$CUD = \frac{q_{25}}{q} \quad (2)$$

Em que: CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição, em %; q_{25} é a vazão média dos 25% menores valores de q_i , em $L h^{-1}$.

Os cálculos de CUD foram processados através da planilha eletrônica desenvolvida pelo próprio autor. Adotou-se no cálculo do tempo de irrigação os valores de CUD, pois o mesmo é o mais utilizado para avaliação de sistemas de irrigação localizada, segundo Frizzone & Dourado Neto (2003).

A quantidade de água aplicada foi determinada mediante as leituras diretas da evaporação diária através de um tanque evaporímetro Classe “A”, é oportuno ressaltar que a utilização deste método, embora menos preciso do que os métodos diretos de estimativa da evapotranspiração, como no caso dos lisímetros, justifica-se pela simplicidade de seu uso pelo pequeno produtor e por está disponível à época na área estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados climáticos

Os dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação e evaporação foram coletados diariamente através de

Foram instaladas para monitorar indiretamente o teor de umidade do solo, pela tensão em que a água estava retida nas partículas do solo (potencial mátrico), baterias de tensiômetros, tendo cada três tensiômetros na profundidade de 0,2 m para os diferentes níveis de irrigação, totalizando em quinze medidores de tensão, locados a 0,1 m em relação ao caule da planta. As leituras foram feitas diariamente com o auxílio de um tensímetro digital de punção até as 8 horas, antes do início da irrigação.

Inicialmente as variáveis foram submetidas à análise de variância (Anova). Posteriormente, quando significativas pelo teste F, as variáveis foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos.

No caso de efeitos significativos entre a interação de dois ou mais fatores (lâminas de irrigação, níveis de adubação nitrogenada e épocas de coleta, no caso das variáveis de crescimento) foram realizadas as superfícies de resposta. Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram aos dados foram selecionadas com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (***) e 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2).

Os estudos da análise de variância, análise de regressão e teste de médias foram realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas do Excel e utilizando o software “ASSISTAT 7.5 BETA” (SILVA & AZEVEDO, 2009). Para a confecção dos gráficos e determinação das equações de superfícies de resposta foi utilizado o software “TableCurve3D v.4.0”

instrumentos instalados no local do experimento, durante todo o período de aplicação dos tratamentos (período pós-poda), e agrupados conforme Tabela 2.

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO
MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA
DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

Tabela 2. Descrição das épocas de coleta de dados

Época de coleta	Unidade	Período correspondente
30	DAP*	22 de julho de 2009 a 21 de agosto de 2009
60	DAP*	22 de agosto de 2009 a 21 de setembro de 2009
90	DAP*	22 de setembro de 2009 a 21 de outubro de 2009
120	DAP*	22 de outubro de 2009 a 21 de novembro de 2009
150	DAP*	22 de novembro de 2009 a 21 de dezembro de 2009
180	DAP*	22 de dezembro de 2009 a 21 de janeiro de 2010
210	DAP*	22 de janeiro de 2010 a 21 de fevereiro de 2010

* Dias após poda de uniformização

**Temperatura, umidade relativa do ar e
velocidade do vento**

Os valores médios mensais de temperatura, velocidade do vento e

umidade relativa do ar coletados na área experimental durante o desenvolvimento da pesquisa estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento ($U_{2,0m}$) coletados na área experimental da Fazenda Bandeira, Crateús – CE, 2009/2010.

DAP	T _{méd}	T _{min} °C	T _{max}	UR %	$U_{2,0m}$ $m s^{-1}$
30	22,78	20,50	28,63	80,47	2,97
60	24,34	21,75	30,22	70,24	2,90
90	25,90	23,00	31,82	60,01	2,83
120	25,39	22,86	30,26	62,65	2,58
150	25,70	22,72	30,59	62,70	2,40
180	25,60	23,28	29,81	66,77	1,63
210	25,47	23,61	28,21	77,41	0,93
Média	25,03	22,53	29,93	68,61	2,32

A temperatura média diária do ar durante a aplicação dos tratamentos apresentou uma variação de 22,78°C aos 30 DAP a 25,47°C aos 210 DAP (Tabela 3), com a média do período de 25,03°C. O maior valor da temperatura média registrado no local do experimento ocorreu aos 90 DAP com 25,90°C e o valor mínimo aos 30 DAP com 22,78°C, tendo desta forma uma variação da temperatura média durante a aplicação dos tratamentos de 3,12°C. Os baixos valores de temperatura decorrem da elevada altitude local (717,0 m). Por isso, segundo Cargnelutti Filho *et al.* (2006), o estudo da disponibilidade térmica do ambiente à cultura é de suma importância, devendo ser realizado com a temperatura em suas diversas modalidades (médias, máximas e mínimas).

Entretanto, estes valores estão dentro do limite de desenvolvimento da cultura, pois segundo Alves *et al.* (2008), o pinhão manso é adaptável a uma ampla faixa climática com temperaturas médias entre 18 e 28,5°C. Já Oliveira (2009) acrescenta que a cultura prefere áreas com temperaturas bem acima de 20°C. Comentário semelhante fizeram Dalchiavon *et al.* (2008).

Quanto à umidade relativa média diária do ar, observou-se na área da condução do experimento uma variabilidade ao longo do período experimental de 80,47% aos 30 DAP a 77,41% aos 210 DAP obtendo uma variação de 3,06% durante todo o decorrer do experimento (Tabela 3), com um valor médio no período de 68,61%. Os valores máximos e mínimos da umidade relativa

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO
MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA
DE PINHÃO MANSO IRRIGADO**

do ar foram registrados aos 30 e 90 DAP com 80,47% e 60,01%, respectivamente. O comportamento da umidade relativa diária do ar durante a pesquisa apresentou uma relação inversa ao comportamento da temperatura do ar.

Do ponto de vista fisiológico, a umidade relativa do ar também não se mostrou restritiva ao desenvolvimento do pinhão do manso. Em oposição ao registrado, valores reduzidos de umidade relativa do ar propiciam elevação nas taxas de evapotranspiração com consequente aumento do consumo de água, que sob condições de baixa umidade do solo implicam em baixa atividade fotossintética e de produção de carboidratos. Já valores elevados de umidade relativa propiciam aumento na ocorrência de doenças vegetais. Observações condizentes fizeram Dalchiavon *et al.* (2008).

Do mesmo modo, Lacher (2000) afirma que os fatores externos influenciam a transpiração na medida em que alteram a diferença de pressão de vapor entre a

superfície da planta e o ar que a envolve. Portanto, a transpiração intensifica-se com a diminuição da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar.

O valor médio da velocidade média dos ventos durante a aplicação dos tratamentos foi de 2,32 m.s⁻¹. No que se refere à velocidade média diária do vento foi observado o menor valor aos 210 DAP, 0,93 m.s⁻¹, e o maior valor aos 30 DAP, 2,97 m.s⁻¹ (Tabela 5). Os valores da velocidade média diária do vento obtidos na área de condução do experimento estiveram dentro da faixa ideal de cultivo, valores elevados afetam negativamente a produtividade do pinhão manso devido a queda de botões florais e a redução de polinização (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2009).

Precipitação e evaporação

A Tabela 4 apresenta a precipitação no período da condução do experimento com a aplicação dos tratamentos, distribuída ao longo dos meses.

Tabela 4. Distribuição mensal da precipitação ocorrida na Fazenda Bandeira. Crateús - CE. 2009/2010

Meses	Ano	
	2009*	2010*
Janeiro	-	142,00
Fevereiro	-	0,00
Março	-	-
Abril	-	-
Maio	-	-
Junho	-	-
Julho	73,00	-
Agosto	0,00	-
Setembro	0,00	-
Outubro	10,00	-
Novembro	0,00	-
Dezembro	55,00	-
Total	138,00	142,00

* Anos da condução do experimento

Fonte: Fazenda Bandeira, Crateús, Ce

Ressalta-se ainda que da data do transplântio das mudas para a área definitiva (09 de janeiro de 2009) até a poda de uniformização e início dos tratamentos (22 de julho de 2009)

registraram-se uma precipitação total de 1.237 mm. Após a poda de uniformização, até a data final de aplicação dos tratamentos, 210 DAP (21 de fevereiro de 2010), foram registrados 280 mm na área

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

do experimento. No que se refere à evaporação, foi registrado o total evaporado de 1.717,65 mm durante toda a condução do experimento.

Na Figura 1 são apresentados os valores da precipitação e da evaporação do

ar durante a aplicação dos tratamentos distribuídos nas sete épocas de coletas de dados de (22 de julho de 2009 a 21 de fevereiro de 2010).



Figura 1. Precipitação e evaporação do ar ocorrido durante a aplicação dos tratamentos na Fazenda Bandeira. Fonte: Carvalho (2010).

Observa-se ainda que em todo o período pós-poda, quando da aplicação dos tratamentos, ocorreu grande diferença entre a evaporação e as precipitações locais o que caracteriza uma grande deficiência hídrica no solo. O cultivo de pinhão manso nestas condições implica em baixa atividade fisiológica, e conseqüentemente, em reduzida produtividade. O uso da irrigação permite corrigir esta deficiência, desde que manejada de forma adequada. Abordagem semelhante fizeram Reichardt e Timm (2004) e Lacerda *et al.* (2009).

Manejo da irrigação

O manejo da irrigação teve por base dados da evaporação (Ev) diária medidos a partir de um tanque Classe “A” instalado na área experimental cujas lâminas de irrigação foram equivalentes a 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da evaporação medida no tanque classe A (ECA), o que resultou ao longo do ciclo (210 DAP) nos totais de lâminas de 455,53; 583,30; 911,06; 1.138,82 e 1.366,60 mm, respectivamente (Figura 2).

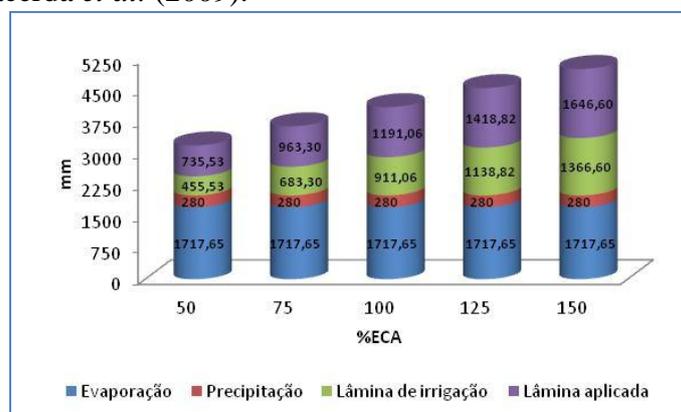


Figura 2. Lâminas de irrigação e lâminas aplicadas nos tratamento de irrigação. Fonte: Carvalho (2010).

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO
MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA
DE PINHÃO MANSO IRRIGADO**

Conforme os tratamentos, as diferentes lâminas de irrigação tiveram tendência semelhante e amplitudes literalmente equidistantes no decorrer do período, com valores máximos aos 210 e mínimos aos 30 DAP, com uma variação máxima de 300% (L₅ sobre L₁).

Os valores do fator de cobertura utilizados no cálculo da lâmina de irrigação, no período pós-poda, encontram-se na

Tabela 5. Como se pode observar os valores utilizados não atingiram a sua plenitude (1,0); isto ocorreu devido ao fato da cultura no período estudado não ter tido uma área sombreada correspondente a 100% da disponibilizada. O motivo para o acontecido pode ser explicado por se tratar de uma planta perene cujo auge produtivo só ocorre a partir do terceiro ciclo.

Tabela 5. Fatores de cobertura utilizados nas diferentes épocas de coleta de dados na área experimental da Fazenda Bandeira, Crateús – CE, 2009/2010

Época de coleta*	Fc
30	0,33
60	0,33
90	0,33
120	0,50
150	0,50
180	0,75
210	0,75

* Dias após poda de uniformização

Para se obter o valor total da lâmina aplicada em cada tratamento foram adicionados os valores da precipitação em cada período, o que resultou para os tratamentos de irrigação L₁, L₂, L₃, L₄ e L₅ nas lâminas aplicadas de 735,53; 963,30; 1.191,03; 1.418,82 e 1.646,60 mm, respectivamente. Vale salientar que a precipitação efetiva utilizada correspondeu a

100% da chuva ocorrida no local do experimento.

Potencial mátrico

Os valores da tensão de água no solo obtidos através dos tensiômetros instalados em todos os tratamentos com lâminas de irrigação referentes ao período de aplicação dos tratamentos (01 a 210 dias após a poda, DAP) foram coletados e analisados estatisticamente (Tabela 8).

Tabela 8 – Resumo da ANOVA da tensão de água no solo (potencial mátrico) em função das lâminas de irrigação e das épocas de coleta

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		Tensão (kPa)
Lâmina de irrigação (L)	4	15,64927**
R. linear	1	8,87808**
R. quadrática	1	0,05075 ^{ns}
R. cúbica	1	0,01045 ^{ns}
Época de coleta (E)	6	153,14148**
R. linear	1	179,22964**
R. quadrática	1	0,00966 ^{ns}
R. cúbica	1	3,20889**
Interação L x E	24	0,67967**
Resíduo (L)	8	0,16430
Resíduo (E)	240	0,11299
CV (L)	(%)	3,50
CV (E)	(%)	2,90

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

(**) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Com base na análise de variância apresentados na Tabela 8, observa-se que houve efeito altamente significativo das lâminas aplicadas (L) e da época de coleta dos dados (E), bem como, efeito significativo da interação (L x E), ao nível de 1% de probabilidade. Os coeficientes de variação para os fatores foram considerados adequados para a variável em análise, o que caracteriza uma boa precisão experimental.

O melhor modelo de ajuste para o potencial mátrico em função das lâminas de irrigação foi a regressão linear, conforme a equação da Figura 3, apresentando tendência crescente com o incremento das lâminas baseadas na ECA, com valores de -12,77 kPa no tratamento de menor lâmina aplicada ($L_1 = 735,53$ mm) e -10,56 kPa na maior lâmina aplicada ($L_5 = 1.646,61$ mm), representando um acréscimo de 17,31%.

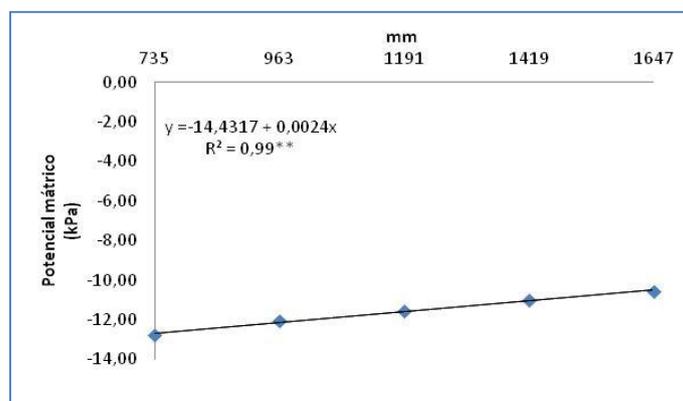


Figura 3. Potencial mátrico do solo em função da lâmina de água. Fonte: Carvalho (2010).

O aumento do potencial hídrico nos tratamentos com maior aplicação de água decorre da maior disponibilização da mesma entre as partículas do solo. Por conseguinte, a interação água partícula do solo reduz-se facilitando a absorção da mesma pelo sistema radicular. Por outro lado, nos tratamentos com menor aplicação de água, ocorre uma maior agregação água solo reduzindo o potencial energético da água e dificultando a absorção pela planta. Nestas condições, há redução na produção de fotoassimilados e de produção de tecidos, e consequentemente, de

crescimento e de produção da planta. Redução de produtividade no pinhão manso sob menores potenciais hídricos também foi observada por Drumond *et al.* (2007).

No fator época de coleta para o potencial mátrico também houve um comportamento linear, onde a os valores da tensão em que a água estava retida nas partículas do solo partiram de -6,65 kPa aos 30 DAP para -16,31 kPa ao final do experimento, aos 210 DAP, representando uma redução de 145,26% (Figura 4).

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

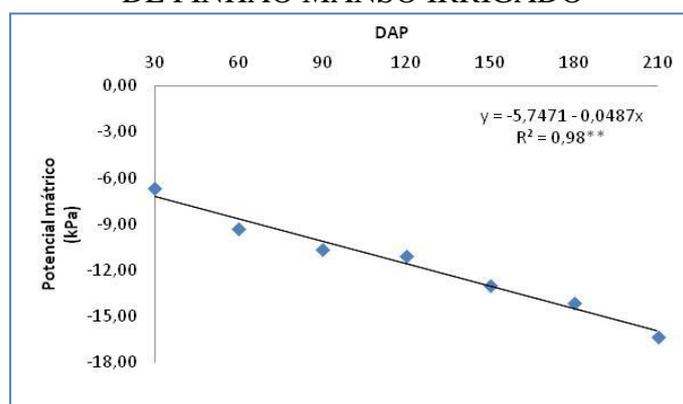


Figura 4. Potencial mátrico do solo em função da época de coleta de dados. Fonte: Carvalho (2010).

O potencial mátrico durante as diferentes épocas de coletas de dados foi influenciado, principalmente, pelo desenvolvimento das plantas. Como os tratamentos representavam % da ECA, e como não se utilizou o Kc pela sua indisponibilidade e para que a técnica fosse mais facilmente assimilável pelos produtores, o maior uso de água pela planta nas fases de florescimento e de frutificação ocasionou uma redução na média dos valores do potencial hídrico. Em conformidade, Lacher (2000) afirma que a necessidade de consumo de água é aproximadamente proporcional à quantidade de fitomassa, no entanto a intensidade de transpiração de uma folha diminui com o aumento da densidade da cobertura vegetal, sobretudo devido à

atenuação da radiação e do vento e ao aumento da umidade do ar.

Pode-se também observar nas figuras 3 e 4, que a tensão média de água no solo (potencial mátrico) não ultrapassou -19,2 kPa em nenhum período de condução do experimento e em nenhuma das lâminas aplicadas, representando assim uma umidade do solo suficiente para o desenvolvimento da cultura, em todas as condições.

No que se refere à interação entre os fatores lâmina e época de coleta (L x E) houve uma tendência praticamente linear, onde o potencial mátrico partiu de um valor médio de -6,15 kPa com a lâmina aplicada de 1.646,61 mm aos 30 DAP para -17,78 kPa com a lâmina de 735,53 mm aos 210 DAP, obtendo assim uma redução de 189,11%, Figura 5.

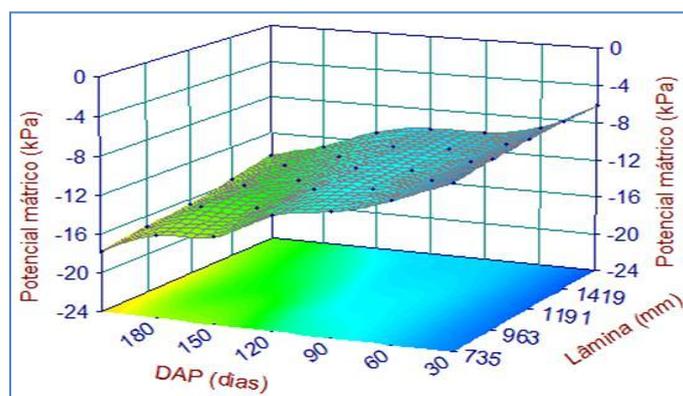


Figura 5. Potencial mátrico do solo em função da interação entre lâmina de irrigação e época de coleta. Fonte: Carvalho (2010).

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

Aos 30 DAP, os tratamentos encontravam-se em fase inicial e com valores mais elevados. Em consequência, a diferenciação entre os tratamentos foi menor. Com o passar do tempo e com o aumento do consumo de água os valores foram se reduzindo, sendo esta redução maior nos tratamentos com menor aplicação de água e na última época de coleta de dados. Tal fato é explicável devido neste tratamento ter ocorrido a maior deficiência hídrica, deficiência esta que foi se aprofundando ao longo do tempo com o aumento da necessidade hídrica da cultura.

Utilizando-se o software TableCurve 3D 4.0 foram geradas 546 equações para a superfície de resposta do potencial mátrico para os fatores lâminas aplicadas versus épocas de coleta. Entre as

equações geradas foi selecionada a melhor equação polinomial de segundo grau tendo como base o valor do coeficiente de determinação (R^2) e a significância dos parâmetros componentes da equação:

$$z = -8,589161^{**} + 0,002386lâmina\ aplicada^{**} - 0,048688DAP^{**} \dots(2)$$

Em que: z é potencial mátrico, em kPa; x é a lâmina aplicada, em mm; y é a época de coleta de dados (DAP), em dias; (***) Efeito significativo a 1% e (*) a 5% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

O coeficiente de determinação encontrado para a equação acima foi igual a 0,96** indicando um alto grau de associação entre a interação das lâminas aplicadas com as épocas de coleta no potencial mátrico do solo.

CONCLUSÕES

O potencial mátrico foi decrescente na medida em que era realizado o incremento das lâminas de água nos diferentes tratamentos com irrigação baseados na evaporação do Tanque Classe "A" e crescente na medida em que a fitomassa da planta aumentava.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. A.; SILVA, A. de A. S. R. G. da; LOPES, G. N.; SMIDERLE, O. UCHÔA, S. C. P. Pinhão manso: uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da amazônia brasileira. **Agroambiente on-line**. Boa Vista, v.2, n.1, p.57-68, jan-jun, 2008.

BRITO, A. dos S.; LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.33, p.17-24, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STOLZ, A. P. Altitude e coordenadas geográficas na

estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 893-901, 2006.

COELHO, S. L.; TEIXEIRA, A dos S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.536-545, 2004.

DALCHIAVON, F. C.; DALLACORT, R.; COLLETI JÚNIOR, A.; MARTINS, J. A.; SILVA, C. D. da; BACELAR, N. M. Influência das variáveis meteorológicas no desenvolvimento inicial de pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 2475-2483.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**,

MANEJO DA IRRIGAÇÃO E USO DE TENSÍMETROS DIGITAIS NO
MONITORAMENTO DO POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM ÁREA
DE PINHÃO MANSO IRRIGADO

Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Produção de pinhão-manso no Semiárido brasileiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2007, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007. 1 CD-ROM.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (Org.). **Irrigação**. Piracicaba, SP: FUNEP, 2003. p. 573-651. (Série Engenharia Agrícola, 2).

HUBBELL, J.M.; SISSON, J.B. Advanced tensiometer for shallow or deep soil water potential measurements. **Soil Science**, Baltimore, v.163, n.4, p.271-7, 1998.

LACERDA, R. D. de; GUERRA, H. O. C.; BARROS JÚNIOR, G. Influência do déficit hídrico e da matéria orgânica do solo no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu. **Revista brasileira de ciências agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 440-448, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: PRADO, C. H. B. A. São Carlos, SP: RIMA, 2000. 531p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: PRADO, C. H. B. A. São Carlos, SP: RIMA, 2000. 531p.

MARTHALER, H.P.; VOGERSANGER, W.; RICHARD, F.; WIERENGA, P.J. A pressure transducer for field tensiometers. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.47, n.4, p.624-7, 1983.

OLIVEIRA JÚNIOR, I. S. de; CAVALCANTE, F. de S.; CARVALHO, E. X. de; SOUSA, S. L. de; SILVA, S. M. S. Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Folder**. IPA/DETC: Recife, s/n, p.1-2, jun., 2009.

OLIVEIRA, S. J. C. **Componentes de crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação mineral e da poda**. 2009. 126p. Tese (Doutorado em agronomia). UFPB. Areia, 2009.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2.ed. Baruei: Manole, 2004. 477p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.