



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

RESPOSTA DA MAMONEIRA BRS 188 - PARAGUAÇU A DIFERENTES
NÍVEIS DE ÁGUA E MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO

ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA

Campina Grande
Paraíba

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

MESTRADO

**RESPOSTA DA MAMONEIRA BRS 188 - PARAGUAÇU A DIFERENTES NÍVEIS
DE ÁGUA E MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO**

DISSERTAÇÃO

ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA

**CAMPINA GRANDE – PB
SETEMBRO - 2006**

**RESPOSTA DA MAMONEIRA BRS 188 - PARAGUAÇU A DIFERENTES NÍVEIS
DE ÁGUA E MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO**

3302

ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA

Engenheiro agrícola

**RESPOSTA DA MAMONEIRA BRS 188 - PARAGUAÇU A DIFERENTES NÍVEIS
DE ÁGUA E MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra

CAMPINA GRANDE - PB
SETEMBRO - 2006



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

L131r
2006 Lacerda, Rogério Dantas de
Resposta da mamoneira BRS 188-Paraguaçu a diferentes níveis de água e
matéria orgânica no solo/ Rogério Dantas de Lacerda. — Campina Grande, 2006.
82f. il.

Referências.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientador: Hugo Orlando Carvalho Guerra.

1— Irrigação - Mamoneira 2— Déficit Hídrico 3— Mamona 1— Título

CDU 631.67:633.85



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

ROGÉRIO DANTAS DE LACERDA

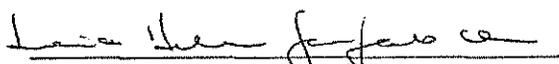
RESPOSTA DA MAMONEIRA BRS-188 PARAGUAÇU A DIFERENTES NÍVEIS DE
ÁGUA E MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO

BANCA EXAMINADORA

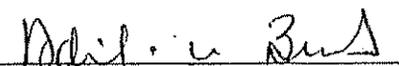

Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra-Orientador

PARECER

Aprovado


Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves-Examinadora

Aprovado


Dr. Adilson David de Barros-Examinador

APROVADO

SETEMBRO - 2006

A minha mãe, Maria Dantas, meu pai Herinque Lacerda (*in memoriam*) por todo esforço e dedicação para minha formação pessoal e profissional, e aos meus irmãos pelo apoio e incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG pela oportunidade concedida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao orientador Dr. Hugo Carvalho Guerra. Pelos ensinamentos ministrados durante o curso e na redação desta dissertação, bem como, pela responsabilidade, compreensão e amizade.

A professora Dra. Lucia Helena Garofalo Chaves pela amizade e importantes contribuições.

Ao Dr. Adilson David Barros, por suas contribuições.

Aos companheiros: Genival, Spachon e Mario, pela amizade e convivência agradável durante a realização do trabalho e principalmente, pelo auxílio em diversas situações.

Aos professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelos conhecimentos técnico-científicos repassados; e aos funcionários e colegas do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), pela colaboração.

A todos os colegas dos Programas de Pós-Graduação da UFCG.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 CULTURA DA MAMONA	5
2.1.1 Características gerais.....	5
2.1.2. Necessidades hídricas da cultura	8
2.2. MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO.	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	14
3.2 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO	14
3.2.1 Cultivar testada	15
3.2.2 Tratamentos	16
3.2.3. Delineamento estatístico	17
3.2.4 Condução do experimento.....	19
3.2.5 VARIÁVEIS ANALISADAS	20
3.2.5.1 Altura de planta (AP) e taxa de crescimento absoluto (TCAP).....	20
3.2.5.2 Diâmetro do caule (DC)	20
3.2.5.3 Área foliar (AF) e taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAF).....	20
3.2.5.4 Fitomassa	21
3.2.5.5 Razão de área foliar (RAF).....	21
3.2.5.6. Aparecimento da primeira inflorescência (API), altura média da primeira Inflorescência (API) e número de inflorescência (NF).....	22
3.2.5.7 Consumo e eficiência do uso de água	22
3.2.5.8 - Produtividade média (PM)	22
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 ALTURA DA PLANTA E TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO	23
4.2 DIÂMETRO DO CAULE	30
4.3 ÁREA FOLIAR (AF) E TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO (TCAF)	33
4.4 FITOMASSA DA PARTE AÉREA (FPA).....	40
4.5 RAZÃO DE ÁREA FOLIAR (RAF).....	43

4.6 APARECIMENTO DE INFLORESCÊNCIAS (API), ALTURA MÉDIA DA PRIMEIRA INFLORESCÊNCIA (API) E NÚMERO DE INFLORESCÊNCIAS (NF).....	46
4.7 CONSUMO E EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUA.....	51
4.8 PRODUÇÃO MÉDIA (PM)	55
5. CONCLUSÕES.....	59
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características agronômicas e tecnológicas de algumas cultivares de mamoneira exploradas em regime de sequeiro, na Região Nordeste do Brasil.....	6
Tabela 2. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento, após correção da acidez	15
Tabela 3. Resumo de análise de variância referente à variável altura da planta, até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.....	24
Tabela 4. Resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto da altura da planta até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu	27
Tabela 5. Resumo da análise de variância referente à variável diâmetro do caule, até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.....	31
Tabela 6. Resumo da análise de variância (dados transformados em \sqrt{X}) da área foliar até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu	34
Tabela 7. Resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto foliar até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.....	37
Tabela 8. Resumo da análise de variância da fitomassa da parte aérea até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.....	41
Tabela 9. Resumo da análise de variância referente à variável razão de área foliar para os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.....	44
Tabela 10. Resumo da análise de variância referente às variáveis: numero de dias para aparecimento da primeira inflorescência, altura e número de inflorescências da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.....	47
Tabela 11. Resumo da análise de variância referente às variáveis consumo de água e eficiência da cultivar BRS 188 - Paraguaçu	52
Tabela 12. Resumo da análise de variância referente à variável produção de frutos e sementes	o

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da área experimental – disposição das parcelas e respectivos tratamentos..	18
Figura 2. Altura da planta (cm) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo.....	25
Figura 3. Taxa de crescimento absoluto da altura da planta (cm.dia^{-1}) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	28
Figura 4. Diâmetro do caule em cm da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo.....	32
Figura 5. Área foliar em cm^2 da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo.....	35
Figura 6. Taxa de crescimento absoluto da área foliar ($\text{cm}^2.\text{dia}^{-1}$) da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo.....	39
Figura 7. Fitomassa da parte aérea (FPA) em gramas, da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	42
Figura 8. Razão de área foliar (RAF) em $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$, para o período de 120 DAS da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	45
Figura 9. Número de dias para o aparecimento da primeira inflorescência da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	49
Figura 10. Altura da primeira inflorescência da cultivar de mamona BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	49
Figura 11. Número de inflorescência da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	50
Figura 12. Consumo de água da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo.....	54

Figura 13. Eficiência do uso da água da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	54
Figura 14. Produção média de frutos em gramas da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	57
Figura 15. Produção média de sementes da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo	58

RESUMO

A cultura da mamoneira se reveste de grande importância em razão das várias aplicações de um dos seus subprodutos, o óleo, que se destaca por se tratar do único glicérido solúvel em álcool e se constitui em uma das melhores matérias-primas para fabricação do biodiesel, além de ser a base para os mais diversos produtos industriais, tornando-se, assim um importante potencial econômico e estratégico para o País. O objetivo geral da presente pesquisa foi estudar a sensibilidade da mamona (cultivar BRS 188 - Paraguaçu) a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica no solo, avaliando-se os efeitos desses tratamentos no crescimento, desenvolvimento e produção. O experimento foi desenvolvido no período de abril a agosto de 2006, sob condições de casa de vegetação localizada no UAEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande, PB; o delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 4, constituído de dois níveis de matéria orgânica ($5,0 \text{ g.kg}^{-1}$ e $25,0 \text{ g.kg}^{-1}$) e quatro de água disponível, 100, 90, 80 e 70%, com 3 repetições; as plantas foram implantadas em vasos plásticos com capacidade para 75 kg de solo, nos quais se cultivou uma planta por vaso até os 120 dias após a semeadura (DAS); o conteúdo de água do solo foi monitorado diariamente, através de uma sonda de TDR; depois de determinadas as variáveis de desenvolvimento, crescimento e produção, realizou-se a análise de variância e se aplicou o teste de Tukey para comparação de médias, além das regressões para os fatores quantitativos. Os resultados obtidos permitiram concluir que a cultivar BRS-188 Paraguaçu foi influenciada pelos fatores matéria orgânica e água disponível do solo, aumentando significativamente todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento estudadas, inclusive a produção. A elevada eficiência da cultivar para transformar a água consumida em matéria seca, sobretudo na presença da matéria orgânica, e irrigação cada vez em que o solo atingir 90% da água disponível para as plantas, torna-se oportuno a utilização desses insumos para a sustentabilidade da exploração da mamona.

ABSTRACT

The castor bean culture is of great importance due to the several applications of one of its sub-products, the oil, being this the only glycerid soluble in alcohol, one of the most important raw material for the biodiesel extraction and the basis for diverse other industrial products. These properties give to the culture an important potential from the economical and strategic viewpoint of the country. The objective of the present work was to study the sensibility of the castor bean (Cultivar BRS 188 - Paraguaçu) to different levels of water and organic matter of the soil, on the development, growing and production. The experiment was conducted on a greenhouse located on the dependences of the Agricultural Engineering Department of the Federal University of Campina Grande, Paraíba during the period of April to August 2006. The experiment used was a 2 x 4 factorial on a randomized-complete block design, constituted of two soil organic matter contents (0,5 e 2,5%) and four soil water contents (100, 90, 80 e 70% of the available water for the plants) with 3 replicates. A castor bean plant was grown on a 75 Kg capacity plastic vase until 120 days. The soil water content was daily monitored with TDR equipment. After measured the development, growing and production variables, the results were submitted to the analyses of variance, Tuckey tests and regression analysis to study the effect of the treatments. The results allowed to conclude that the castor bean cultivar BRS 188 was positively influenced by the increase of organic matter and water on the soil. The high water use efficiency obtained, mainly on the presence of organic matter and irrigation when the soil available water reaches 90% turn necessary the use of these insumes to obtain the best sustainability of the castor bean production.

1. INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) vem sendo explorada em vários países do mundo, em especial na Índia, China, Brasil e Rússia, principais produtores, tanto em condições de sequeiro (dependente das chuvas), quanto em condições irrigadas, com uma média de produção baixa, inferior a 600 kg de baga/ ha. O Brasil é responsável por 11% da produção mundial cujo cultivo se tem desenvolvido nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste mesmo que, nas duas primeiras, para se garantir a competitividade com outros produtos concorrentes, se tenha tornado necessário o desenvolvimento de técnicas que facilitam a mecanização e o desenvolvimento de variedades mais rentáveis; deste modo, tornou-se possível cultivar variedades anãs e indeiscentes, cuja maturação ocorre aproximadamente ao mesmo tempo em todas as bagas, permitindo uma colheita mecânica anual única. No Nordeste, os estudos sobre os sistemas de produção da cultura ainda são escassos, apesar desta região ser responsável por 80% da produção nacional.

Praticamente, toda a produção da mamona é industrializada, obtendo-se, como produto principal, o óleo e, como subproduto, a torta de mamona, ressaltando-se a grande capacidade de contribuir na restauração de terras esgotadas.

A cultura da mamoneira se reveste de importância singular, devido às várias aplicações que seu óleo encontra no mundo moderno, destacando-se por ser o único glicerídeo que a natureza concebeu em mais de 320.000 espécies de espermatófitas, solúvel em álcool, além do mais viscoso de todos os óleos; constitui-se em uma das melhores matérias-primas para a fabricação do biodiesel, além dos 30% a mais de capacidade de lubrificidade, em seguida à torta, produto da extração do óleo, rica em fibra (mais de 35%), e cerca de 5% de nitrogênio, sendo um excelente fertilizante e condicionador do solo. O óleo é base para os mais diversos produtos industriais, nas formas de utilização como hidrogenado, desidratado e oxidado, tornando a cultura da mamoneira em potencial econômico significativo e estratégico ao País.

Segundo levantamentos da EMBRAPA (2003) o Brasil dispõe de mais de 4,5 milhões de hectares aptos para a exploração econômica desta oleaginosa despontando, assim, com potencial para fornecer mais de 60% do biodiesel em substituição ao diesel consumido atualmente no mundo, fato de extrema importância, justamente por se tratar de um produto

pouco poluente e de baixa agressividade; a camada de ozônio, ao contrario dos derivados de petróleo; desta forma, a cultura da mamona é uma alternativa de relevante importância econômica e social para o Nordeste do Brasil.

Em virtude de ser uma espécie de fácil propagação, poucos são os cuidados dispensados ao manejo da água e da nutrição da mamoneira. O conhecimento sobre a irrigação da mamona; no Brasil e no mundo, é mínimo, razão por que se deve investir nesta área para que se tenha definição clara de diversos sistemas de cultivos desta oleaginosa, em regime de irrigação. Devido à escassez de resultados de pesquisa a respeito dos efeitos do conteúdo de água do solo e de matéria orgânica existentes no solo sobre o rendimento da cultura, justifica-se o estudo da sensibilidade da mesma a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica no solo, que favoreçam o seu pleno desenvolvimento, seja nas fases de germinação, crescimento, ou da produtividade final do cultivo.

O objetivo geral da presente pesquisa foi estudar a sensibilidade da mamona (cultivar BRS 188 - Paraguaçu) a diferentes níveis de água disponível e matéria orgânica no solo, tendo-se como objetivos específicos avaliar o efeito desses níveis no crescimento, desenvolvimento e produção da mamona com base nos resultados obtidos e identificar o melhor sistema de manejo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da mamona

2.1.1 Características gerais

A mamona (*Ricinus communis* L.) pertencente à família Euphorbiaceae, é uma planta de hábito arbustivo que apresenta diversas colorações de caule, folhas e racemos (cachos), podendo ou não possuir cera no caule e pecíolo. Em geral, os frutos possuem espinhos e, em alguns casos, são inermes (sem espinhos); suas sementes apresentam diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração. No Brasil, a mamona é conhecida sob as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira, bafureira, baga e palma-cristi; na Inglaterra e nos Estados Unidos, pelo nome de "castor bean" e "castor seed".

A mamoneira tem metabolismo fotossintético C3; é um metabolismo de baixa eficiência na assimilação do carbono porém, mesmo assim, ela produz, em média, 10 a 12 t de oxigênio por hectare, e o equivalente em seqüestro do carbono da atmosfera; sua taxa assimilatória líquida é baixa de, 6,5g/m²/dia e uma taxa fotossintética média de apenas 18 a 27 mg CO₂/m²/hora, requer pelo menos 2000 graus-dia no ciclo, com um ótimo de 3800 graus-dia; pode produzir cerca de 12 t de matéria seca, ou seja, de fitomassa por hectare, em condições de sequeiro, em ano bom de chuvas; uma produção de até 20 t de biomassa/ha poderá ser atingida em condições excepcionais de cultivo e de manejo cultural (EMBRAPA, 2003).

As variedades cultivadas no Brasil podem ser de porte anão ou baixo (até 1,60 m), médio (1,60 a 2,00 m) ou alto (acima de 2,00 m); há, também, variedades com frutos deiscentes (quando maduros se abrem, deixando cair as sementes) e indeiscentes. O fruto é uma cápsula com espinhos com três divisões (lóculos) e uma semente em cada uma; a raiz principal pode atingir 1,50 m de profundidade da qual são emitidas inúmeras raízes laterais (Azevedo & Lima, 2001).

Planta de clima tropical e subtropical (Graner & Godoy Júnior, 1967), tem nos elementos climáticos associados à altitude (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar,) os principais fatores que contribuem para externar o seu potencial genético, em termos de produtividade. A temperatura ideal para crescimento e maturação dessa oleaginosa varia de 20 a 30°C (Silva, 1981), situando-se a faixa ótima em torno de 28°C; entretanto, seu cultivo é possível em temperaturas de até 33°C; temperaturas muito elevadas, superiores a 40° C, provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução do teor de óleo nas sementes (Beltrão & Silva, 1999).

Segundo EMBRAPA (2005), preferem áreas com altitude superior a 300m, de topografia plana a suavemente ondulada (declividade < 12%) e solos profundos, drenados, férteis, com pH variando de 6,0 a 6,8, estruturados e de textura variada. A mamoneira é exigente em nutrientes, razão pela qual se deve fazer, sempre que possível, análise do solo. Caso o pH esteja muito ácido (abaixo de 5,0) deve-se fazer uma calagem.

As variedades de mamoneira têm ciclo vegetativo médio entre 180 e 240 dias. Observa-se na Tabela 1, as características das cultivares mais exploradas na Região Nordeste do Brasil, sob condições de sequeiro, sem irrigação complementar ou total.

Tabela 1. Características agrônômicas e tecnológicas de algumas cultivares de mamoneira exploradas em regime de sequeiro, na Região Nordeste do Brasil

Cultivar	Rendimento kg/ha	Período entre a emergência da plântula e o 1º racemo (dias)	Floração (dias)	Maturação (dias)	Teor de óleo na semente (%)
BRS 188	1.500	54	60	-	47,72
BRS 149	1.500	50	-	-	48,90
Sipeal 128	1.300	47	64	113	47,47
Baianita	1.150	48	64	114	47,49
Pernambucana	1.300	51	63	115	47,28

Fonte: Azevedo & Lima, 2001

Dos subprodutos da mamona destaca-se o óleo, único glicerídeo que a natureza concebeu em mais de 320.000 espécies de espermatófitos, solúvel em álcool. O teor de óleo das sementes de mamona varia em torno de 35,0 a 55,0%, com padrão comercial de 45,0% (Vieira et al. 1997). Cerca de 90% do óleo são compostos por triglicerídios, principalmente

da ricinoleína, componente do ácido ricinoléico; este ácido tem ligações insaturadas, pertence ao grupo dos hidroxiácidos e se caracteriza por seu alto peso molecular (298g) e baixo ponto de fusão (5°C). O grupo hidroxila presente na ricinoleína, confere ao óleo de mamona a propriedade exclusiva da solubilidade em álcool, possibilitando ampla gama de utilização industrial (Azevedo & Lima, 2001). Segundo Ribeiro Filho (1966) esta solubilidade permite o uso do álcool como combustível sem causar ressecamento nos motores a explosão.

A principal razão para a grande demanda mundial pelo óleo de mamona são suas formas de utilização, como hidrogenado, desidratado e oxidado, base dos mais diversos produtos industriais. As aplicações do óleo são inúmeras, podendo ser empregado em vários processos industriais, na fabricação de tintas, protetores e isolantes, lubrificantes, cosméticos, drogas farmacêuticas e na fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes, além de ser base para fungicidas e inseticidas, tintas de impressão e vernizes. Transformado em plástico, sob a ação de reatores nucleares, adquire a resistência do aço, mantendo a leveza da matéria plástica na fabricação de espumas plásticas; esta característica do óleo concede ao material texturas variáveis, desde macia e esponjosa, até a dura e rígida (Chierice & Neto, 2001).

O uso do óleo como lubrificante tem sido amplamente difundido, sobretudo em algumas situações específicas em que os óleos minerais se tornam menos eficientes, tal é o caso de certos equipamentos, como mancais ou engrenagens sujeitos a esfriamento a água determinando, portanto, a necessidade de lubrificação com óleo, cujo grupo hidroxílico no derivado ricinoléico lhe outorga alta capacidade de aderência às superfícies umedecidas. Além de seu baixo ponto de solidificação, em torno de 30°C negativos, outras qualidades do óleo, como resistência ao escoamento e viscosidade elevada, o recomenda também como lubrificante de turbinas de aeronaves ou de veículos automotores que operam em regiões geladas; suas características físico-químicas favorecem, por outro lado, sua utilização como fluido para freios hidráulicos de veículos, não atacando a borracha, metais ou plásticos, sendo esta aplicação do óleo a mais importante no Brasil (EMBRAPA, 1997).

Ressalta-se que as fibras de cuja composição faz parte o óleo de mamona, são atóxicas e antialérgicas e apresentam grande resistência a corrosão; destaca-se, também, o uso deste óleo como lubrificante pelas características exclusivas de queimar sem deixar resíduos e de suportar altas temperaturas sem perder a viscosidade (no que supera os óleos derivados de petróleo); é o óleo ideal para motores de alta rotação: usam-no, apenas a título de exemplo, os foguetes espaciais (Coelho, 1979).

A torta de mamona é o mais tradicional subproduto da sua cadeia produtiva, produzida a partir da extração do óleo das sementes desta oleaginosa. Em todo o mundo, o uso predominantemente tem sido como adubo orgânico, pois é um composto ricamente nitrogenado, eficiente na recuperação de terras esgotadas, embora possa obter valor significativamente maior se utilizada como alimento animal (após ser moída e obtido o farelo), aproveitando o alto teor de proteínas, porém este uso não tem sido possível devido à presença de elementos tóxicos e alergênicos em sua composição e à inexistência de tecnologia viável em nível industrial, para seu processamento (Chierice & Claro Neto, 2001).

Não é apenas o óleo e a torta que têm aplicações; da mamona tudo se aproveita, já que as folhas servem de alimento para uma espécie do bicho da seda e suas hastes, além de se prestar para celulose, própria para a fabricação de papel, fornecem também matéria-prima para a produção de tecidos grosseiros (Santos et al. 2001).

2.1.2. Necessidades hídricas da cultura

Em regiões que apresentam totais de precipitação inferiores a 500 mm no período chuvoso, necessários para atender à demanda da cultura, a mamoneira perde grande parte da sua produção econômica, acentuando-se os riscos de perda total de safras e/ou a obtenção de rendimentos muito baixos. A faixa ideal de precipitação para a produção da mamona, varia entre 750 e 1500 mm (7.500 a 15.000 m³ de água por hectare), com um mínimo de 600 a 750 mm durante todo o ciclo da cultura. O plantio deve ser programado de forma que a planta receba de 400 a 500 mm até o início da floração (Távora, 1982).

O excesso de água no solo prejudica o desenvolvimento da mamona, causando danos consideráveis à fisiologia e à produtividade da cultura. Beltrão et al. (2004 b), trabalhando com a cultivar BRS 149, verificaram reduções de 26,0% na área foliar de plantas desta cultivar na fase inicial de crescimento, quando submetidas a excesso de água no solo, com conseqüente redução linear da fotossíntese líquida quando comparada com plantas mantidas no solo a capacidade de campo. Morais et al. (2004), submetendo plantas com 30 dias após o semeio da mamona à saturação do solo durante 2 dias, constataram redução no crescimento em altura e diâmetro do caule, no peso das raízes e no desenvolvimento das estruturas produtivas, com as plantas voltando a crescer de forma lenta, após a drenagem do excesso de água.

Severino et al. (2004 a), submetem plantas da cultivar Nordestina a diferentes períodos de encharcamento do solo (3, 4, 6, 8 e 10 dias), constatando a morte das plantas quando o solo se mantém encharcado mais de 4 dias; as plantas apresentaram morte da raiz pivotante com posterior surgimento de raízes espessas e superficiais, hipertrofia do colo com conseqüente necrose e destruição do floema e encurvamento de pecíolos e caule.

De acordo com Azevedo & Lima (2001) a mamona é uma planta resistente à falta d'água, uma vez que a cultura se apresenta produtiva, praticamente o ano inteiro no Nordeste brasileiro, caracterizado por apresentar um déficit hídrico acentuado. Nesta região e em função da elevada demanda evapotranspirométrica, as necessidades de água das culturas superam substancialmente o total de chuvas precipitadas, fazendo com que a água disponível para as plantas permaneça a maior parte do ano abaixo da capacidade de armazenamento dos solos originando, assim, um déficit hídrico.

Em vários experimentos na Rússia, Baranov (1986) citado por Beltrão (2004 a) confirmou que a mamoneira responde bem a irrigação, com incrementos bastante consideráveis de até oito vezes a mais que o cultivo em regime de sequeiro. Para Ribeiro Filho (1966) a mamoneira é bastante exigente no tocante à umidade do solo, em especial no período de enchimento dos frutos; o autor diz ainda que, dependendo do solo, a quantidade de água a ser utilizada é em torno de 40 mm/15 dias com no máximo 70% de sua água disponível consumida. Mazzani (1983) indica que é melhor ministrar pouca água em intervalos curtos que mais água a intervalos maiores e, ainda, que a irrigação deve ser suspensa um mês antes da colheita.

A mamona cultivada em áreas de clima semi-árido ou árido, segundo Doorenbos & Pruitt (1997), apresenta ciclo vegetativo de aproximadamente 180 dias, dividido em quatro fases fenológicas, assim definidas: inicial (25 dias), de desenvolvimento (40 dias), intermediária (65 dias) e final (50 dias). Ainda segundo esses autores, o coeficiente de cultivo K_c para a fase intermediária pode variar de 1,05 a 1,20 em função da umidade relativa do ar e da velocidade do vento, tornando-se constante (0,5) na fase final do cultivo.

Curi & Campelo Júnior (2004), em trabalhos realizados na região do Estado do Mato Grosso com a cultivar de mamona Íris, quantificaram a água exigida por uma mamoneira, durante um ciclo vegetativo de 110 dias eles detectaram sete estádios fenológicos do plantio à colheita desta cultivar, com coeficiente de cultura (k_c) obtido pela razão ET_m/ET_o variando de 0,15 a 1,37 e um k_c médio de 0,72, ou seja, k_c s para as fases de maior demanda hídrica (início da fase reprodutiva e floração).

Em muitas situações, a irrigação é a única maneira de garantir a produção agrícola segura, principalmente em regiões de clima quente e seco, semi-árido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido a taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação, durante a maior parte do ano.

A identificação de regiões com condições edafoclimáticas que permitam às culturas externar o seu potencial genético, em termos de produtividade e qualidade dos produtos, é prática imprescindível para o sucesso da agricultura. Através de estudos em que se relaciona a interação solo – planta - clima, é possível definir áreas que apresentam aptidão para a exploração agrícola das plantas viabilizando, agrônômica e economicamente, esta atividade (Amorim Neto et al. 1997).

Barros Junior et al. (2004 b) indicam que o stress hídrico não afeta a germinação da mamoneira, cultivar BRS 188; no entanto, afeta sensivelmente a altura da planta e o diâmetro do caule; desta forma, plantas submetidas a conteúdos de água do solo de 40 e 60% da água disponível, praticamente paralisaram o desenvolvimento da mamona.

Junior et al. (2004 b) trabalhando com a mesma cultivar utilizada no presente estudo, com uma faixa de água disponível maior (40, 60, 80 e 100 %) encontraram que os baixos níveis de água interferiram na altura de emissão da primeira inflorescência, apresentando uma diferença média de 15 cm para os tratamentos mantidos sem stress hídrico; ao mesmo tempo, notaram que a cultivar Paraguaçu diminuiu o número de inflorescências com a diminuição do conteúdo de água do solo.

Estudando a eficiência do uso da água, Barros Junior et al. (2006 c) constataram que a capacidade de reverter a água consumida em produção de aminoácidos aumenta com o conteúdo de água do solo e indicam que, quando não submetida a estresse hídrico, a mamoneira é extremadamente eficiente no consumo de água oferecendo, conseqüentemente, uma grande produção de frutos por unidade produtiva.

2.2. Matéria orgânica no solo.

A matéria orgânica, quer provenha de plantas, microrganismos ou de excreções animais, como esterco de gado, de galinha e húmus de minhoca, é indispensável à manutenção da micro e mesobiotidade do solo. Bezerra et al. (1984) afirmam que os esterco, indiferentes à sua origem, quando aplicados em doses adequadas apresentam efeitos positivos sobre os rendimentos das culturas devido à sua ação favorável sobre as propriedades físico-químicas do solo. Segundo Kiehl (1985), os adubos orgânicos aplicados ao solo sempre proporcionam resposta positiva sobre a produção das culturas, chegando a igualar ou até mesmo a superar, os efeitos dos fertilizantes químicos; entretanto, dependendo de sua composição química, taxa de mineralização e teor de nitrogênio que, por sua vez, sofrem influências das condições climáticas, quando adicionados em doses elevadas, podem tornar-se prejudiciais às culturas. Primavesi (1980), indica que a matéria orgânica contribui para a sanidade vegetal em virtude de diversificar a vida do solo, no qual produz substâncias fungísticas.

A matéria orgânica contribui de várias maneiras para a fertilidade do solo, possibilitando-lhe uma estrutura favorável e uma disponibilidade maior de elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas os quais, através da oxidação de nutrientes, como o fósforo, o nitrogênio e o enxofre, são liberados para as plantas (Pons, 1980). De acordo com Janick (1966), a matéria orgânica afeta tanto a fertilidade quanto as condições físicas do solo e funciona como fonte de nitrogênio e de outros nutrientes, influencia fortemente a capacidade de troca iônica no solo, devido ao aumento da sua capacidade de retenção de água, tão importante nos solos arenosos e, ainda, pela melhoria do arejamento, especialmente necessário nos solos argilosos.

O húmus é o resultado da transformação biológica de detritos vegetais e animais em uma substância escura e inodora utilizada no processo de adubação de solos inférteis; ele tem a capacidade de promover alterações e principalmente correções nas propriedades físico-químicas e minerais do solo, porém os diferentes tipos de húmus contribuem de maneiras diferentes mas, em geral, quanto mais avançado o nível de humificação (relação C/N mais baixa), maiores serão seus efeitos benéficos (Kiehl, 1985). A formação do húmus ocorre quando microrganismos, como bactérias, fungos, vermes e insetos, entre outros, utilizam a matéria orgânica do solo para formação de seus tecidos, deixando no solo elementos

volatilizados e outros que são biologicamente transformados em uma substância escura, uniforme, de aspecto de massa amorfa, rica em partículas coloidais proporcionando, a esse novo material formado, propriedades físicas, químicas e físico-químicas inteiramente diferentes da matéria-prima que lhe deu origem (Kiehl, 1985).

Para Kiehl, (1985) as vantagens da utilização do húmus, são:

- Reestrutura solos desgastados
- Potencializa o aproveitamento dos adubos minerais pela planta
- Permite aos solos nutrir melhor os vegetais
- Reduz os efeitos da erosão
- Aumenta a retenção de água do solo
- Redução dos custos com adubos minerais
- Redução dos custos com o uso de agrotóxicos
- Aumento da produtividade
- Aumenta a margem de lucro
- Preserva a fertilidade e aumenta a longevidade da terra (em termos de produção)

Os compostos orgânicos atuam entre as partículas individuais do solo, como agentes cimentantes das unidades estruturais (agregados). A formação e a estabilização dos agregados afetam a aeração, permeabilidade e capacidade de retenção de água pelo solo. A maior estabilidade que a matéria orgânica promove aos agregados, também dificulta a dispersão das partículas pelas águas de chuva, aumentando a resistência à erosão (Meurer, 2006).

O nível de matéria orgânica do solo é um dos principais fatores condicionantes da sua produtividade e equilíbrio do sistema e, segundo Bouma & Hole (1971) a taxa de sua decomposição é dependente, de certa forma, das práticas de cultivo empregadas, principalmente das relacionadas ao seu sistema e à incorporação de restos culturais. De acordo com Sampaio & Salcedo (1997) a diminuição da matéria orgânica no semi-árido nordestino se dá devido a retirada de nutrientes pelas culturas, à erosão, por lixiviação e pela queima dos restos culturais, quando da sua implantação.

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados, a aplicação de matéria orgânica é imprescindível no fornecimento de nutrientes às culturas, aumento da retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, aumento da estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e atividade microbiana, constituindo-se em componente fundamental da sua capacidade produtiva (Bayer & Mielniczuk, 1999).

Severino et al. (2006 b) encontraram que o fornecimento de diferentes quantidades de adubação orgânica (esterco bovino) aumentou significativamente a produtividade e as características de crescimento da mamoneira.

Diversos são os trabalhos que mostram as alterações no solo, provocadas pela aplicação de materiais orgânicos. Do ponto de vista químico, segundo Glória (1992), esta aplicação pode provocar alterações no pH (que dependem do tipo de material orgânico) e aumento das cargas negativas do solo e, conseqüentemente, da CTC.

Barreto (1995), trabalhando com amostras com estrutura indeformada, coletadas em vasos nos quais foi conduzido um experimento de degradação da matéria orgânica, determinou a capacidade de retenção de água nas tensões de 1, 2, 5, 10 e 15 kPa. Para o solo de textura média, o autor observou aumento na retenção de água, nas tensões de 10 e 15 kPa.

Kumar et al. (1985) aplicaram, a um solo arenoso, diferentes resíduos orgânicos (lodo de esgoto, lodo industrial prensado, adubo verde e esterco de curral), respectivamente nas quantidades de 827, 1043, 1370 e 1542 Mg/ha, e estudaram seus efeitos utilizando-se de amostras coletadas a 0,20 m de profundidade em pequenos cilindros metálicos. A incorporação de todos os resíduos orgânicos causou apreciável aumento da água retida a dado potencial.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do Estudo

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação (área total de 60 m², pé direito de 3,5 m, altura no vão central de 4 m e coberta com telha acrílica) localizada nas dependências da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande(UFCG), Campus I, Campina Grande, PB, durante o período compreendido entre abril e agosto de 2006.

3.2 Implantação do experimento

Utilizou-se como extrato para a implantação da mamona, uma camada superficial (0-55 cm) de um solo franco-argilo-arenoso de baixo teor de matéria orgânica, proveniente do município de Campina Grande, PB. Considerando que a mamona prefere solos com pH entre 6,0 e 6,8 (EMBRAPA, 2005) e o solo escolhido para substrato era ácido (pH=4,99), o mesmo foi corrigido com hidróxido de cálcio (0,60 g/kg de solo) ficando incubado durante 20 dias; após a neutralização, o solo foi adubado com 0,90 g/kg de solo de superfosfato simples e de 0,05 g/kg de solo de cloreto de potássio, adubos esses aplicados e homogeneizados nos 75 kg de solo contidos em cada recipiente, conforme as recomendações de Novais et al. (1991) para adubações de vasos em ambiente protegidos. Apresentam-se, na Tabela 2, as características físicas e químicas do solo utilizado.

Tabela 2. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento, após correção da acidez

Característica	Valor	
Areia (%)	70,22	
Silte (%)	9,57	
Argila (%)	20,21	
Classificação textural	Franco Argilo-Arenoso	
Densidade, g cm ⁻³	1,50	
Densidade das partículas, g cm ⁻³	2,70	
Porosidade Total (%)	44,40	
Capacidade de campo (% vol)	0,218	
Ponto de Murcha Permanente (% vol)	0,055	
Água disponível (% vol)	0,163	
Características químicas	Valor	
Complexo sorvido cmol _c dm ⁻³	Cálcio	4,43
	Magnésio	1,83
	Sódio	0,32
	Potássio	0,23
	Hidrogênio	0,00
	Alumínio	0,00
	Capacidade de troca de cátions (CTC)	6,91
Matéria orgânica, g kg ⁻¹	5,00	
Fósforo, mg dm ⁻³	53,3	
pH em água (1: 2,5)	7,13	
Condutividade elétrica na suspensão solo/água (1: 2,5) dSm ⁻¹	0,69	

3.2.1 Cultivar testada

A cultivar de mamona utilizada foi a BRS 188 (Paraguaçu) que apresenta altura média de 1,60m, caule de coloração roxa com serosidade, racemo oval, frutos semi-deiscentes e sementes de coloração preta. O período correspondente entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo, é de 54 dias em média, com produtividade média, sem adubação, de 1500 kg ha⁻¹, nas condições semi-áridas do Nordeste, em anos normais, quanto à precipitação pluvial (EMBRAPA - CNPA 2001).

3.2.2 Tratamentos

a) Níveis de matéria orgânica do solo

A mamona foi submetida a dois níveis de matéria orgânica:

(MO₁): 5,0 g.kg⁻¹ de matéria orgânica no solo

(MO₂): 25,0 g.kg⁻¹ de matéria orgânica no solo

O tratamento de 5,0 g.kg⁻¹ corresponde ao teor de matéria orgânica que o solo apresentava originalmente, classificado como baixo; já o tratamento de 25,0 g.kg⁻¹ foi obtido adicionando-se a cada vaso 7,0 kg de húmus desidratado, o qual apresentava teor de 23,23% de matéria orgânica e 51,0% de umidade, expressos em relação à percentagem de matéria seca a 65°C, e teve como base a elevação deste componente no solo para uma faixa de disponibilidade caracterizada como média, estando a maioria dos solos da região semi-árida brasileira inseridos nestas duas situações.

O fertilizante composto (húmus) utilizado foi produzido e embalado no minhocário comercial da Empresa "Mundo das Plantas", localizado na Rua João Moura 554, no Bairro São José, Campina Grande, PB, a partir de esterco de curral.

b) Água Disponível

A mamona foi submetida a quatro conteúdos de água do solo:

Lâmina 1 (L₁): 70% de água disponível no solo para as plantas

Lâmina 2 (L₂): 80% de água disponível no solo para as plantas

Lâmina 3 (L₃): 90% de água disponível no solo para as plantas

Lâmina 4 (L₄): 100% de água disponível no solo para as plantas

O cálculo das lâminas de água para os respectivos tratamentos, baseou-se na equação a seguir, conforme Gomes (1999).

$$AD = 0,01 (CC-PMP). Y .Z$$

donde:

AD – água disponível em cm

CC – capacidade de campo em cm

PMP – ponto de murcha permanente em cm

Y – coeficiente de depleção (0 – 1)

Z – Profundidade do solo (cm)

3.2.3. Delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2 x 4, constituído pelos dois níveis de matéria orgânica e pelos quatro de água disponível, com 3 repetições. Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA), e do teste de Tukey; para comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão, utilizou-se a equação de regressão significativa que apresentou o melhor ajuste (maior Coeficiente de Determinação R^2) de acordo com Ferreira (2000).

A combinação entre os fatores matéria orgânica (MO) e água disponível (AD) no solo, se constituiu de 8 tratamentos em cada um dos três blocos; desta forma, o experimento totalizou vinte e quatro parcelas, cada uma formada de um vaso de plástico com capacidade para 75 kg de solo, espaçados 2,0 x 1,75 m, no qual se cultivou uma planta até os 120 DAS. A Figura 1 apresenta o croqui da área experimental, com a disposição e medidas das parcelas-tratamentos.

3.2.4 Condução do experimento

Os vasos plásticos utilizados mediam 41 cm de diâmetro e 55 cm de altura, com capacidade para 75 kg de solo. Após a homogeneização dos fertilizantes e a matéria orgânica, o solo foi conduzido à capacidade de campo, de forma a garantir o processo de germinação das sementes; em seguida, conduziu-se a semeadura com 7 sementes por vaso a uma profundidade de 2,0 cm. Todos os tratamentos foram mantidos à capacidade de campo pelo tempo de 15 dias para que ocorresse completa germinação das sementes,

Realizaram-se as irrigações subseqüentes quando o conteúdo de água do solo atingiu os níveis preestabelecidos pelos respectivos tratamentos (70, 80, 90 e 100 % da água disponível), monitorado através de medições diárias em % volumétrica, utilizando-se uma sonda de TDR HH2 segmentada de marca DELTA-T DEVICES¹, através de um tubo de acesso instalado em cada vaso, repondo-se a lâmina diariamente, sempre às 08 e às 16 horas, com água de abastecimento, medida em uma proveta graduada.

Os valores obtidos diariamente através do TDR para os intervalos de profundidades (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm), foram processados em uma planilha do Microsoft Excel, que contabilizou o conteúdo de água das camadas, realizando-se um balanço do conteúdo de água do solo, definindo, assim o volume repostado diariamente, para que se restabelecessem os valores correspondentes aos tratamentos.

Aos vinte dias após a semeadura (20 DAS) realizou-se um desbaste deixando-se apenas as duas plantas mais vigorosas por vaso, além de um segundo, aos 30 DAS permanecendo, desta forma, uma planta por cada vaso, até os 120 dias após a semeadura.

A adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada na proporção de 0,8 g de sulfato de amônio/kg de solo, dividido em dez aplicações e realizada em intervalos de 10 dias, com a primeira aplicação, 20 dias após o semeio, aplicando-se o adubo diluído via água de irrigação. A adubação potássica foi dividida em três aplicações, sendo um terço na fundação e as outras duas partes aos 30 e 60 dias após semeadura, nas quantidades de 0,05 g de cloreto de potássio/kg de solo em cada aplicação (Novais et al, 1991).

O manejo fitossanitário foi todo realizado sempre no aparecimento de sintomas que evidenciassem a presença de pragas ou doenças, provocando danos efetivos e consideráveis, que pudessem colocar em risco a continuidade dos trabalhos de pesquisa.

¹ CAMPBELL SCIENTIFIC DO BRASIL. Rua Luisa Crapsi Orsi, 15. 05543-000. São Paulo – SP.

3.2.5 Variáveis analisadas

Todas as variáveis estudadas foram medidas durante e até os 120 dias em que se conduziu o estudo.

3.2.5.1 Altura de planta (AP) e taxa de crescimento absoluto (TCAP)

A altura da planta foi mensurada do colo a base da folha mais nova, cujas leituras foram realizadas aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias após a semeadura (DAS).

A taxa de crescimento absoluto da altura da planta foi calculada a partir dos valores obtidos da altura das plantas, de acordo com a seguinte equação.

$$TCAP = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1} \text{ (cm/dia)}$$

em que:

A_1 – altura da planta no tempo t_1 (cm)

A_2 – altura da planta no tempo t_2 (cm)

3.2.5.2 Diâmetro do caule (DC)

Realizaram-se as medições do diâmetro do caule através de paquímetro, com as leituras efetuadas na região do colo de cada planta, nos mesmos períodos estabelecidos para mensuração da altura de plantas (AP).

3.2.5.3 Área foliar (AF) e taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAF)

Consideram-se, na determinação da área foliar, as que apresentavam comprimento mínimo de 3,0 cm. O cálculo da área foliar (AF) foi realizado de acordo com a metodologia de Wendt (1967), cuja fórmula é descrita a seguir:

$$\text{LOG (Y)} = - 0,346 + [2,152 * \text{LOG (X)}]$$

onde:

(Y) = área foliar (cm²)

X = comprimento da nervura central da folha (cm).

Calculou-se a taxa de crescimento absoluto da área foliar a partir dos valores obtidos da área foliar, conforme com a equação seguinte.

$$TCAF = \frac{AF_2 - AF_1}{t_2 - t_1} \text{ (cm}^2\text{/dia)}$$

donde:

AF_1 – área foliar da planta no tempo t_1 (cm²)

AF_2 – área foliar da planta no tempo t_2 (cm²)

3.2.5.4 Fitomassa

A quantificação da fitomassa da parte aérea (FPA) foi feita no material colhido durante e no final do experimento, aos 120 DAS. Este material seguiu para a estufa de circulação de ar, a temperatura de 60 °C e, posteriormente, foi pesado em balança de precisão, com dois decimais.

3.2.5.5 Razão de área foliar (RAF)

A partir dos dados de área foliar e fitomassa, obtidos durante o ciclo da cultura, determinou-se a RAF, através da relação entre a área foliar e a fitomassa da parte aérea, de acordo com a equação descrita por Ferri (1985).

$$RAF = \frac{AF}{FPA} \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)}$$

em que:

AF – área foliar no tempo t (cm²)

FPA – fitomassa da parte aérea no tempo t (g)

3.2.5.6. Aparecimento da primeira inflorescência (API), altura média da primeira Inflorescência (API) e número de inflorescência (NF)

Foram consideradas abertas e computadas, as inflorescências que se exteriorizaram totalmente, medindo-se a altura da inflorescência e se levando em consideração a distância do colo da planta até a base da inflorescência.

3.2.5.7 Consumo e eficiência do uso de água

Computaram-se as quantidades de água em volume consumido pelas plantas, o qual foi obtido diariamente, em função das leituras realizadas através do TDR e processadas a partir de uma planilha eletrônica, em que se obtinha o volume necessário para manter os níveis preestabelecidos pelos respectivos tratamentos, e os valores de água repostos até os 120 dias; desta forma se calculou a eficiência do consumo, determinada pela relação entre o peso da matéria seca total e o volume efetivamente consumido de água em cada tratamento, de acordo com a metodologia descrita por Gardner et al., (1985) e Barker et al., (1989).

3.2.5.8 - Produtividade média (PM)

Computaram-se todos os frutos produzidos; após cada coleta ao longo do ciclo produtivo da cultura, os frutos foram colocados em estufa de circulação de ar forçado, a 60° C, até apresentarem peso constante; posteriormente, procedeu-se à pesagem em uma balança de precisão.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura da planta e taxa de crescimento absoluto

Apresentam-se, na Tabela 3, os resultados da análise de variância (ANOVA) dos dados referentes à altura da planta, obtidos nos períodos analisados, quando se verifica que não ocorreu diferença significativa entre tratamentos referentes aos níveis de matéria orgânica do solo, até os 60 (DAS); já a partir dos 80 DAS, a cultivar mostrou diferença significativa ($p < 0,01$), com os tratamentos de $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ de M.O além de superioridade aos de $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$ de M.O em 11,5%, 16,8% e 16,3% para 80, 100 e 120 DAS, respectivamente. Para os tratamentos de água disponível no solo notaram-se diferenças significativas da altura da planta a partir dos 40 DAS ($p < 0,01$). Os tratamentos mantidos a 90 e 100 % da água disponível não apresentaram diferença entre si ao longo do ciclo da cultura; aos 100 DAS, os tratamentos mantidos a 100% AD foram 38,2% superiores aos mantidos a 70% AD e 17,32% sobre os mantidos a 80% AD. Os tratamentos a 100% AD aos 120 DAS indicaram superioridade aos mantidos a 70 e 80% AD em 28,0 e 14,6%, respectivamente.

Os resultados da análise de regressão para o fator quantitativo água disponível referente à altura das plantas, são também mostrados na Tabela 3. Verifica-se que o comportamento para altura das plantas da cultivar de mamona BRS-188 Paraguaçu apresentou tendência linear de crescimento entre os diferentes tratamentos, resultados que podem ser visualizados de forma gráfica, através da Figura 2; Vê-se, também que a altura das plantas nos tratamentos de 90% AD e $25,0 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria orgânica foi superior a obtidas quando a mamona foi submetida a 100% AD para a condição de $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$ de M.O, no períodos de 80, 100 e 120 DAS.

Tabela 3. Resumo de análise de variância referente à variável altura da planta, até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu

Fonte de variação		Altura da planta							
GL		Quadrado médio							
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS		
MO	1	0,16 ^{ns}	16,66 ^{ns}	35,04 ^{ns}	468,16 ^{**}	1837,50 ^{**}	2380,04 ^{**}		
AD	3	9,11 ^{ns}	601,44 ^{**}	515,71 ^{**}	1030,27 ^{**}	1139,44 ^{**}	1621,37 ^{**}		
Interação	3	2,83 ^{ns}	4,47 ^{ns}	11,26 ^{ns}	12,72 ^{ns}	42,94 ^{ns}	34,26 ^{ns}		
Blocos	2	1,29 ^{ns}	18,04 ^{ns}	15,54 ^{ns}	52,54 ^{ns}	122,79 ^{ns}	361,50 [*]		
Resíduo	14	5,76	19,13	38,49	41,54	33,22	66,55		
CV %		10,15	9,87	9,97	8,05	5,70	7,26		
Tratamentos		Altura da planta (cm)							
0,5 % M.O		23,58 a	43,50 a	61,00 a	75,66 b	91,41 b	102,42 b		
2,5 % M.O		23,75 a	45,16 a	63,41 a	84,50 a	109,92 a	122,42 a		
DMS		2,10	3,83	5,43	5,64	7,54	7,14		
70% AD		22,83 a	31,83 c	49,66 b	63,33 c	83,33 c	91,00 c		
80% AD		23,16 a	40,66 b	59,96 a	76,00 b	98,16 b	108,00 b		
90% AD		23,16 a	52,00 a	69,66 a	89,83 a	108,00 a	124,00 a		
100% AD		25,50 a	52,83 a	69,33 a	91,16 a	115,16 a	126,50 a		
DMS		4,03	7,34	10,41	10,82	9,67	13,70		
		Quadrado médio							
Causa de variação	20DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS		100 DAS		120 DAS	
(AD)				5,0 g kg ⁻¹ MO	25,0 g kg ⁻¹ MO	5,0 g kg ⁻¹ MO	25,0 g kg ⁻¹ MO	5,0 g kg ⁻¹ MO	25,0 g kg ⁻¹ MO
Reg. Pol. Linear	19,20 [*]	1657,33 ^{**}	1366,87 ^{**}	1411,35 ^{**}	1460,26 ^{**}	1983,75 ^{**}	1372,81 ^{**}	2294,02 ^{**}	2208,26 ^{**}
Reg. Pol. Quadrática	6,00 ^{ns}	96,00 ^{ns}	145,04 ^{ns}	133,33 ^{ns}	65,33 ^{ns}	102,08 ^{ns}	10,08 ^{ns}	126,75 ^{ns}	192,00 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica	2,13 ^{ns}	50,70 ^{ns}	35,20 ^{ns}	1,06 ^{ns}	88,81 ^{ns}	50,41 ^{ns}	28,01 ^{ns}	4,82 ^{ns}	141,07 ^{ns}
Desvio	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Resíduo	5,76	19,13	38,49	50,75	25,45	35,91	33,30	63,36	62,36

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

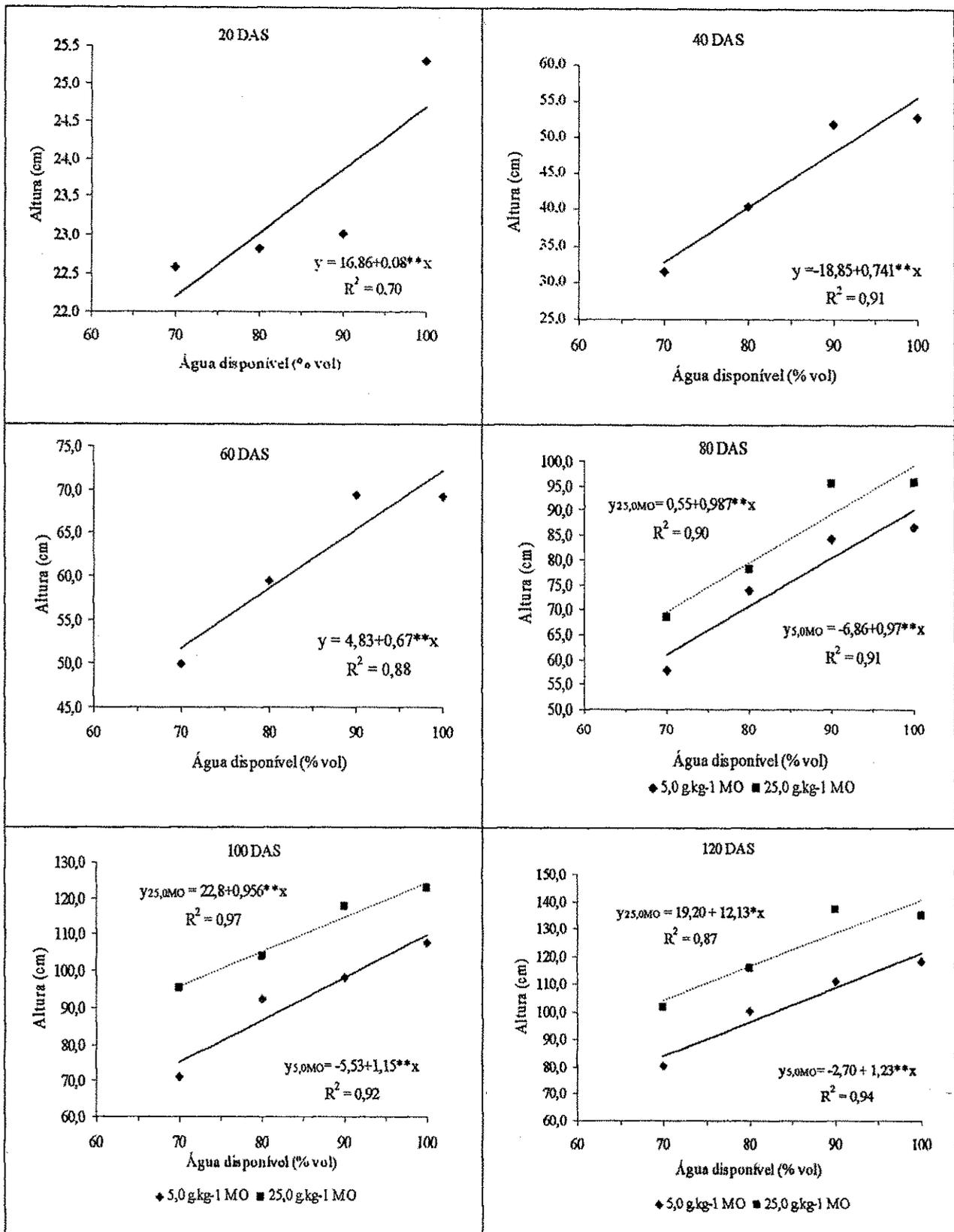


Figura 2. Altura da planta (cm) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

Referidos resultados evidenciam a sensibilidade da cultivar à situação de estresse hídrico a que foi submetida, concordando com os resultados obtidos por Barros Junior et al., (2004 a) trabalhando com duas cultivares de mamona, em que observaram que plantas mantidas a níveis de 40 e 60% AD indicaram crescimento insignificante, praticamente paralisado ao longo do ciclo da cultura; já as plantas cujo solo em que foram cultivadas permaneceu com 80 e 100% AD, apresentaram um crescimento acentuado, enquanto as plantas mantidas na capacidade de campo mostraram uma altura média superior às de 80 % AD, com a cultivar Nordeste dobrando, praticamente, sua altura, e a Paraguaçu com 71,0 % maior.

Hsiao (1973) indica que muitos processos fisiológicos das plantas são afetados pelo déficit hídrico e, como o crescimento das plantas é controlado pela divisão celular, seguido de sua expansão, uma quantidade de água insuficiente mantendo células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduz o coeficiente de divisão celular e, mais ainda, a expansão de todas as células, impedindo assim o crescimento vegetativo das plantas. Segundo Larcher (2000) as espécies que são submetidas a déficit hídrico crescem vagarosamente e frequentemente apresentam pequeno porte.

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA) para a taxa de crescimento absoluto da altura da planta; verifica-se que o incremento de crescimento da altura das plantas foi influenciado pela matéria orgânica ($p < 0,01$), apenas nos períodos compreendidos entre 60 e 100 DAS, quando então os tratamentos conduzidos no solo com $25,0 \text{ g. kg}^{-1}$ de MO apresentaram 44,5 e 43,3 % maiores que os mantidos a $5,0 \text{ g. kg}^{-1}$ de MO, para os períodos de 60-80 e 80-100 DAS, respectivamente.

A água disponível do solo influenciou o crescimento absoluto da planta ($p < 0,01$), mas apenas no período de 20 – 40 DAS, enquanto os tratamentos correspondentes a 100 e 90% AD não se diferenciaram neste período com os tratamentos submetidos a 70 e 80% da AD; quando cultivadas a níveis de 100% AD, as plantas se apresentaram 211,0 e 55,7% superiores às mantidas nos tratamentos de 70 e 80% AD, respectivamente.

A taxa de crescimento da altura da planta apresentou comportamento quadrático para o período de 20-40 DAS e linear para os demais períodos analisados; ressalta-se que no período de 40-60 ocorreu decréscimo na taxa de crescimento, em que os tratamentos a 90 e 100% AD se mantiveram inferiores aos submetidos a 70 e 80% AD, resultados esses visualizados através da Figura 3, na qual também são apresentadas as equações de regressão para os respectivos períodos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto da altura da planta até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu

Fonte de variação		Taxa de crescimento absoluto da altura da planta						
GL		Quadrado médio						
		20-40 DAS	40-60 DAS	60-80 DAS	80-100 DAS	120 DAS		
MO	1	0,018 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,666 ^{**}	0,960 ^{**}	0,042 ^{ns}		
AD	3	1,300 ^{**}	0,017 ^{ns}	0,224 ^{ns}	0,044 ^{ns}	0,486 ^{ns}		
Interação	3	0,036 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,046 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,152 ^{ns}		
Blocos	2	0,072 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,141 ^{ns}	0,462 ^{ns}	0,791 ^{ns}		
Resíduo	14	0,037	0,071	0,074	0,048	0,315		
CV %		18,74	29,85	30,19	19,96	103,69		
Tratamentos		TCAP (cm/dia)						
0,5 % M.O		1,01 a	0,87 a	0,74 b	0,90 b	0,50 a		
2,5 % M.O		1,06 a	0,92 a	1,07 a	1,29 a	0,58 a		
DMS		0,17	0,23	0,24	0,19	0,49		
70% AD		0,44 b	0,92 a	0,67 a	0,99 a	0,16 a		
80% AD		0,88 b	0,95 a	0,83 a	1,11 a	0,50 a		
90% AD		1,44 a	0,88 a	1,02 a	1,08a	0,66 a		
100% AD		1,37 a	0,83 a	1,09 a	1,20 a	0,83 a		
DMS		0,32	0,44	0,45	0,36	0,943		
Causa de variação		Quadrado Médio						
		20-40DAS	40-60DAS	60-80 DAS	80-100 DAS	100-120 DAS		
Água disponível (AD)		5,0 g. kg ⁻¹		25,0 g. kg ⁻¹				
Reg. Pol. Linear		3,350 ^{**}	0,036 ^{**}	0,173 [*]	0,534 [*]	0,125 [*]	0,010 [*]	1,008 [*]
Reg. Pol. Quadratic		0,370 ^{**}	0,010 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,375 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		0,170 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,075 ^{ns}
Desvio		0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Resíduo		0,530	0,070	0,056	0,103	0,081	0,011	0,315

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

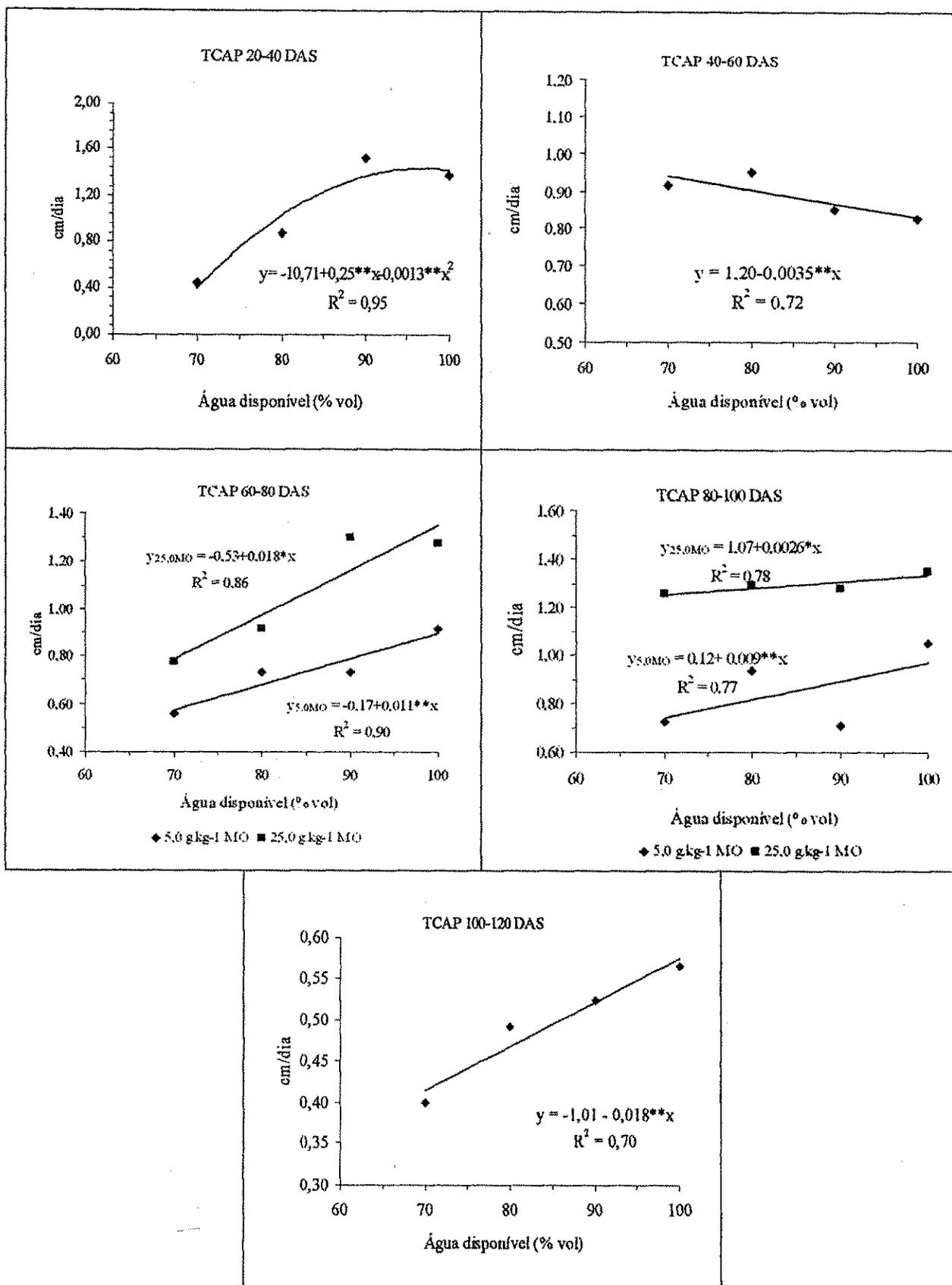


Figura 3. Taxa de crescimento absoluto da altura da planta (cm.dia^{-1}) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

A energia e os materiais de construção necessários para a floração e formação dos frutos em geral, são proporcionados pela atividade fotossintética, pela incorporação de substâncias minerais, e pela mobilização de materiais de reserva através da reciclagem de produtos degradados de folhas senescentes. A formação de flores e frutos em abundância compete, portanto, com o crescimento vegetativo, ao se remover as reservas que poderiam ser usadas para a renovação de gemas responsáveis pelo crescimento (Larcher, 2000).

Observou-se, no presente estudo, observou-se que as plantas de mamona submetidas aos maiores tratamentos de água disponível, ou seja, 90 e 100% AD, apresentaram a abertura das primeiras emissões de inflorescências aos 70 e 63 DAS, respectivamente, indicando, neste caso, uma estabilização do crescimento das plantas. Em referência aos tratamentos de 70 e 80% AD, as plantas mantiveram seu crescimento neste período, haja vista que só apresentaram suas primeiras emissões de inflorescências por volta dos 80 DAS.

4.2 Diâmetro do caule

Tem-se na Tabela 5, os resultados da análise de variância (ANOVA) para o diâmetro do caule, observando-se que não houve influência da matéria orgânica do solo sobre o diâmetro do caule em nenhum período analisado. Com relação ao fator água disponível este exerceu alta significância ($p < 0,01$) a partir dos 40 DAS e os tratamentos submetidos a 100% e 90% AD não apresentaram diferença significativa ao longo do desenvolvimento da cultura, podendo-se verificar que, ao mesmo tempo em que as plantas mantidas a 80% AD, se diferenciaram das de 90% AD apenas aos 60 DAS; quanto aos tratamentos submetidos a 70% AD eles se mantiveram diferentes e inferiores aos demais; aos 100 DAS, os tratamentos submetidos a 100% AD apresentaram diâmetro 52,4% superior aos tratamentos submetidos a 70% AD e 21,9% aos tratamentos impostos a 80% AD.

Ainda na Tabela 5 se apresentam os resultados da análise de regressão para o fator quantitativo água disponível, enquanto se mostra, pela Figura 4, tendência de crescimento linear para o diâmetro do caule da cultivar de mamona, quando submetida a diferentes níveis de água do solo.

Em condições similares, Barros Junior et al. (2004 a), observaram que o diâmetro do caule sofreu efeito significativo quando a mamona foi submetida a 100 e 80% AD, constatando que os tratamentos a 80 % AD foram 50% menores que os submetidos a 100% AD (capacidade de campo).

Tabela 5. Resumo da análise de variância referente à variável diâmetro do caule, até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.

Fonte de variação		Diâmetro do caule					
GL		Quadrado médio					
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS
MO	1	0,67 ^{ns}	2,04 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,50 ^{ns}	16,66 ^{ns}	15,04 ^{ns}
AD	3	0,17 ^{ns}	39,48 ^{**}	83,70 ^{**}	165,77 ^{**}	141,44 ^{**}	106,82 ^{**}
Interação	3	0,22 ^{ns}	4,04 ^{ns}	4,70 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,48 ^{ns}
Blocos	2	0,13 ^{ns}	2,15 ^{ns}	11,29 ^{ns}	22,54 ^{ns}	4,29 ^{ns}	6,54 ^{ns}
Resíduo	14	0,17	2,35	3,14	7,73	4,76	5,35
CV %		6,16	12,24	9,84	11,92	7,89	7,83
Tratamentos		Diâmetro do caule em (cm)					
0,5 % M.O		6,91 a	12,25 a	18,25 a	23,08 a	26,83 a	28,75 a
2,5 % M.O		6,58 a	12,83 a	17,83 a	23,58 a	28,50 a	30,33 a
DMS		0,36	1,34	1,55	2,43	1,91	2,03
70% AD		6,66 a	9,66 c	13,50 c	17,00 c	21,33 c	24,16 c
80% AD		6,66 a	11,33 b c	16,50 b	21,67 b	26,66 b	28,33 b
90% AD		6,66 a	13,66 a b	20,66 a	25,33 a b	30,16 a b	32,00 a b
100% AD		7,00 a	15,50 a	21,50 a	29,33 a	32,50 a	33,67 a
DMS		0,697	2,57	2,97	4,66	3,66	3,88
Causas da variação		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS
Água disponível (AD)		Quadrado médio					
Reg. Pol. Linear		0,30 [*]	118,01 ^{**}	238,01 ^{**}	496,13 ^{**}	410,70 ^{**}	310,41 ^{**}
Reg. Pol quadrática		0,16 ^{ns}	0,04 ^{ns}	7,04 ^{ns}	0,66 ^{ns}	13,50 ^{ns}	9,37 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		0,03 ^{ns}	0,41 ^{ns}	6,07 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,67 ^{ns}
Desvio		0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Resíduo		0,20	2,58	4,09	7,90	4,75	5,35

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

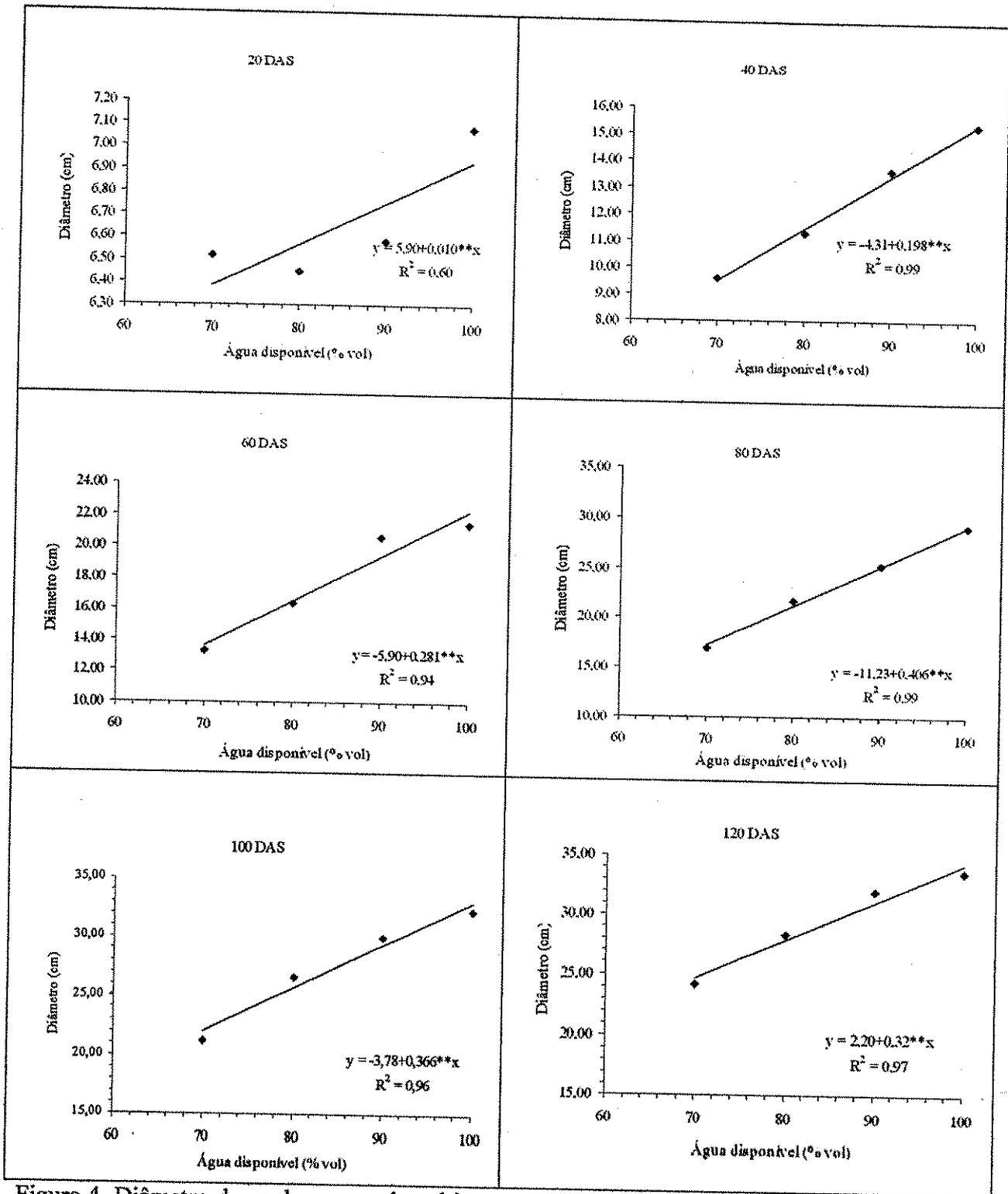


Figura 4. Diâmetro do caule em cm da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

4.3 Área foliar (AF) e taxa de crescimento absoluto (TCAF)

A área foliar é um dos mais importantes índices de crescimento da planta diretamente relacionado com os processos fisiológicos das plantas (Alvin, 1962).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da análise de variância (ANOVA) para a área foliar; nota-se que a mamona não apresentou diferença em sua área foliar quando submetida a níveis de matéria orgânica do solo até os 100 DAS, fator este significativo ($p < 0,01$) apenas aos 120 DAS, quando a área foliar das plantas cultivadas no solo com 25,0 g.kg⁻¹ de matéria orgânica se sobrepôs ao daquelas cultivadas no solo com 5,0 g.kg⁻¹ de matéria orgânica, em 17,6%. Severino et al (2006 b) constataram todos os parâmetros da mamoneira aumentaram significativamente quando a submeteram a diferentes doses de esterco de curral. Com relação ao fator água disponível o efeito sobre ela foi altamente significativo, e os tratamentos mantidos a 100 e 90% AD não apresentaram diferenças entre si mas foram significativamente diferentes dos outros regimes hídricos.

Aos 60, 80, 100 e 120 DAS, os tratamentos mantidos a 100% AD se mantiveram superiores aos de 70% AD em 83,2, 81,2, 69,4 e 37,6% respectivamente; esta diferença diminuiu, porém é ainda elevada com relação ao tratamento de 80% AD, com valores de 45,3, 30,7, 30,6 e 8,08% superiores para os mesmos períodos já citados evidenciando que a mamoneira responde de forma direta aos altos conteúdos de água no solo, já que aos 100 DAS apresentou 69,4% de área foliar superior ao tratamento mantido a 70% AD e 30,6% sobre as de 80% AD.

Constata-se, aos 120 DAS, redução da diferença de área foliar entre os tratamentos de 100 e 90% AD com os tratamentos mantidos a 70 e 80% AD; neste caso, as plantas submetidas a 100 e 90% AD, se encontravam na fase de formação de produção o que ocorreu em menor proporção para os tratamentos mantidos a níveis mais baixos de água disponível; desta forma, as plantas cujos tratamentos submetidos foram os mais elevados, se utilizam de suas reservas acumuladas ocorrendo, conseqüentemente, redução substancial de sua área foliar.

Nessa mesma Tabela são apresentados os resultados da análise de regressão para o fator quantitativo água disponível, verificando-se que a mamona teve comportamento linear com relação à sua área foliar, com exceção para 80 DAS, que indicou tendência quadrática; este comportamento é melhor visualizado através da Figura 5, na qual se acha o comportamento de forma gráfica, juntamente com as respectivas equações de regressão para cada período analisado e seus respectivos coeficientes de determinação R².

Tabela 6. Resumo da análise de variância (dados transformados em \sqrt{X}) da área foliar até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu

Fonte de variação		Área foliar					
GL		Quadrado médio					
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS	100 DAS	120 DAS
MO	1	2,98 ^{ns}	4,74 ^{ns}	112,18 ^{ns}	113,73 ^{ns}	344,46 ^{ns}	2078,42 ^{**}
AD	3	7,03 ^{**}	677,22 ^{**}	2550,40 ^{**}	3561,46 ^{**}	3896,09 ^{**}	1447,90 ^{**}
Interação	3	1,02 ^{ns}	11,41 ^{ns}	11,58 ^{ns}	19,99 ^{ns}	80,91 ^{ns}	47,52 ^{ns}
Blocos	2	2,13 ^{ns}	41,47 ^{ns}	66,81 ^{ns}	62,44 ^{ns}	59,56 ^{ns}	457,27 ^{ns}
Resíduo	14	0,83	31,48	32,38	32,68	84,69	125,09
CV %		5,20	14,52	9,84	5,79	7,89	9,72
Tratamentos		Área foliar (cm²)					
0,5 % M.O		17,26 a	38,20 a	68,55 a	96,61 a	112,49 a	105,73 b
2,5 % M.O		17,97 a	39,09 a	72,87 a	100,96 a	120,07 a	124,34 a
DMS		0,80	4,91	4,98	5,00	8,05	9,79
70% AD		16,74 b	24,97 c	46,06 c	67,03 c	84,11 c	92,47 b
80% AD		16,71 b	35,50 b	61,41 b	92,92 b	109,07 b	117,73 a
90% AD		18,10 a b	46,90 a	86,18 a	113,73 a	129,41 a	122,68 a
100% AD		18,92 a	47,22 a	89,21 a	121,47 a	142,53 a	127,25 a
DMS		1,53	9,41	9,55	9,59	15,45	18,74
		Quadrado médio					
Causa de variação		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80DAS	100 DAS	120 DAS
Água disponível (AD)						5,0 g.kg⁻¹	25,0 g.kg⁻¹
Reg. Pol. Linear		18,81 ^{**}	1802,86 ^{**}	7132,88 ^{**}	10170,89 ^{**}	11475,58 ^{**}	1752,98 [*]
Reg. Pol. Quadrática		1,12 ^{ns}	176,38 ^{ns}	227,20 ^{ns}	494,43 ^{**}	210,64 ^{ns}	101,34 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		1,17 ^{ns}	52,39 ^{ns}	291,12 ^{ns}	19,07 ^{ns}	2,06 ⁿ	21,37 ^{ns}
Desvio		0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Resíduo		0,84	34,48	32,34	32,67	84,69	97,31

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

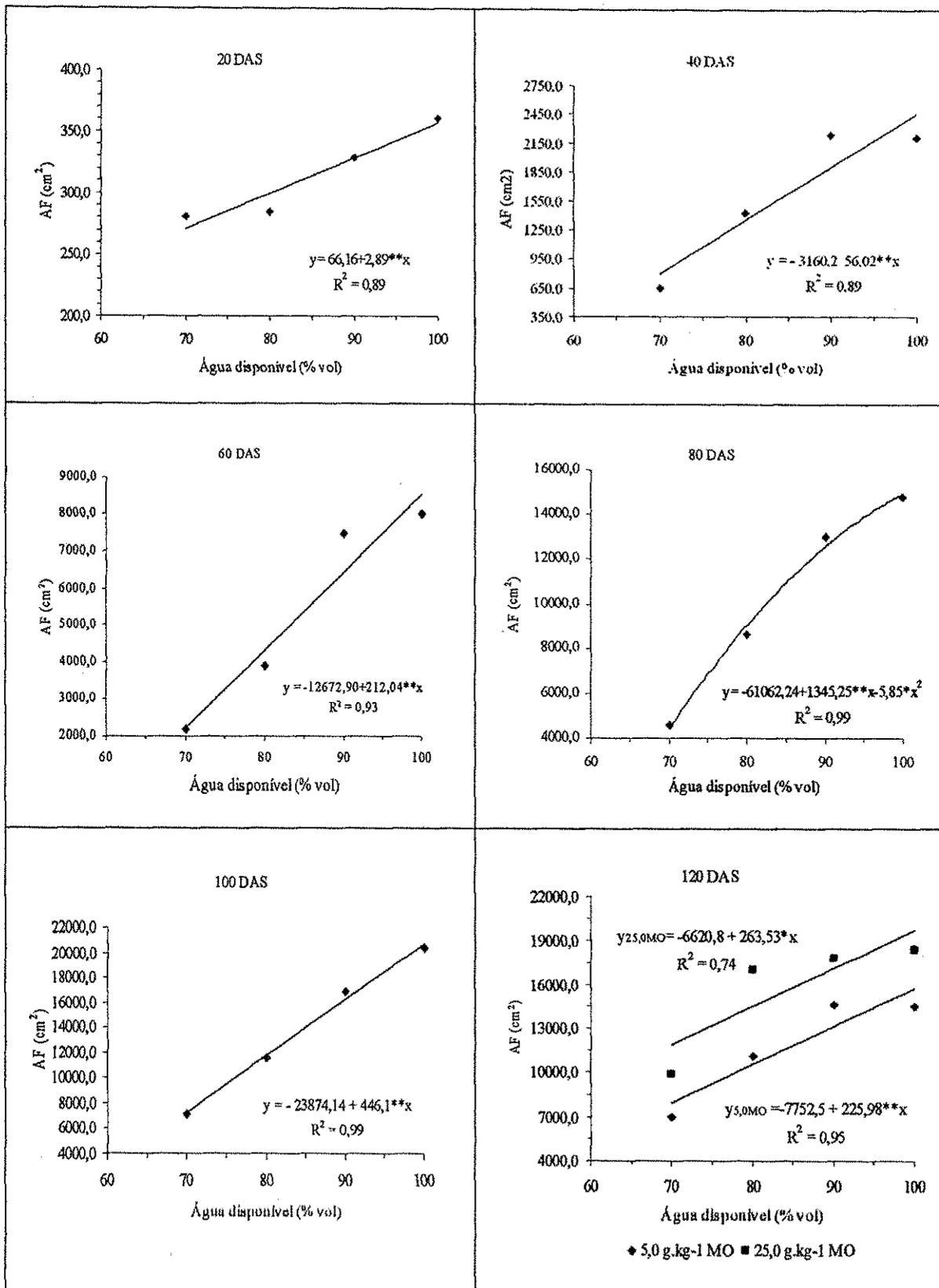


Figura 5. Área foliar em cm² da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

Rodrigues et al. (2006 b) observaram decréscimo da área foliar da mamoneira a partir dos 130 dias, quando submetida a diferentes lâminas de reposição. Estudando o efeito de baixos níveis de umidade no solo em duas cultivares de algodoeiro herbáceo, Pereira (1995), verificou que a área foliar média de cada cultivar foi influenciada de forma positiva e direta, com o conteúdo de água disponível do solo.

Segundo Wright & Nageswara Rao (1994), o déficit de água no solo reduz o crescimento das folhas e ramos em virtude dos efeitos sobre o status de água na planta, fotossíntese e expansão foliar.

Uma deficiência hídrica pode afetar negativamente o conjunto das funções fisiológicas e metabólicas da planta, tais como a fotossíntese e a respiração, além de outras reações, repercutindo nas variações anatômicas, no crescimento, na reprodução, no desenvolvimento dos frutos e sementes e, conseqüentemente, na produtividade (Silva, 1997).

Para Taiz & Zeiger (1998) os efeitos do déficit hídrico não só limitam o tamanho das folhas individuais (expansão celular) mas, também, o número de folhas, visto que diminuem a taxa de crescimento dos ramos.

Apresenta-se, na Tabela 7 os resultados da análise de variância (ANOVA) para a taxa de crescimento absoluto da área foliar; nota-se que no incremento de crescimento, ou seja, o aumento da área foliar das plantas durante o período de 100-120 DAS, os tratamentos submetidos ao solo com 25,0 g. kg⁻¹ de matéria orgânica apresentaram um incremento médio de crescimento de 37,83 cm²dia⁻¹ de área foliar, enquanto nos mantidos no solo com 5,0 g. kg⁻¹ de matéria orgânica ocorreu decréscimo da taxa de crescimento da ordem de 84,88 cm²dia⁻¹. A matéria orgânica exerce efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Kiehl, 1985)

A água disponível do solo influenciou significativamente ($p < 0,01$) a taxa de crescimento absoluto da área foliar, sendo apenas o período dos 80-100 DAS significativo a 5% de probabilidade. As taxas obtidas nos tratamentos de 100 e 90% AD não se diferenciaram estatisticamente entre si em nenhum período analisado. As plantas, quando cultivadas a níveis de 100% AD apresentaram taxa de crescimento de área foliar superior às de 70% AD em 429,9, 281,0, 184,6 e 118,0% para os períodos de 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100, respectivamente; apenas no período compreendido entre 100 e 120 DAS este tratamento manteve sua taxa de incremento inferior à de 70% AD. As diferenças entre as taxas de incremento de área foliar encontradas, são consideradas muito altas, demonstrando que a

cultivar de mamona é extremamente sensível quando cultivada em condições de baixo conteúdo de água do solo.

Tabela 7. Resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto foliar até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.

Fonte de variação		Taxa de crescimento da área foliar (TCAF)				
GL		Quadrado médio				
		20-40 DAS	40-60 DAS	60-80 DAS	80-100 DAS	100-120 DAS
MO	1	0,10 ^{ns}	5096,00 ^{ns}	314,79 ^{ns}	18782,97 ^{ns}	-
AD	3	8045,42 ^{**}	65038,56 ^{**}	50990,31 ^{**}	25033,41 [*]	-
Interação	3	191,34 ^{ns}	1271,81 ^{ns}	4689,54 ^{ns}	11090,85 ^{ns}	-
Blocos	2	490,24 ^{ns}	2621,49 ^{ns}	7798,61 ^{ns}	3218,11 ^{ns}	-
Resíduo	14	407,36	1962,75	4536,30	5577,22	-
CV %		31,30	23,64	27,57	18,75	-
Tratamentos		Taxa de crescimento da área foliar (cm ² / dia)				
0,5 % M.O		64,54 a	172,85 a	240,65 a	164,62 a	-84,88
2,5 % M.O		64,41 a	201,99 a	247,89 a	220,62 a	37,83
DMS		17,67	38,79	58,97	65,39	-
70% AD		17,96 c	76,13 b	118,68 b	128,53 b	77,70
80% AD		52,49 b	122,61 b	245,17 a	165,77 a b	106,98
90% AD		92,28 a	260,89 a	275,42 a	195,82 a b	-83,58
100% AD		95,17 a	290,06 a	337,83 a	280,25 a	-195,20
DMS		33,88	74,36	113,06	125,36,24	-
Quadrado médio						
Causa de variação		20-40 DAS	40-60 DAS	60-80 DAS	80-100DAS	100-120 DAS
Água disponível (AD)					5,0 g. kg ⁻¹	25,0 g. kg ⁻¹
Reg. Pol. Linear		21170,97 ^{**}	182552,76 ^{**}	141867,00 ^{**}	70623,28 ^{**}	146550,07 ^{**}
Reg. Pol. Quadrática		2099,63 [*]	449,45 ^{ns}	6158,72 ^{ns}	3340,11 ^{ns}	19788,44 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		865,54 ^{ns}	12113,46 ^{ns}	4945,19 ^{ns}	1135,82 ^{ns}	76,84 ^{ns}
Desvio		0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Resíduo		407,36	1962,75	4536,29	5577,22	1802,20

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

O crescimento máximo da área foliar da mamona ocorreu entre 60 e 80 DAS, com ligeiro decréscimo de incremento de área foliar no período de 80 a 100 DAS, no qual os tratamentos mantidos a 80, 90 e 100% AD sofreram uma redução na expansão de sua área foliar; apenas o tratamento mantido a 70% AD obteve um incremento superior ao do período anterior; no período de 100-120 DAS ocorreu decréscimo na taxa de crescimento, e os tratamentos a 90 e 100% AD se apresentaram inferiores aos submetidos a 70 e 80% AD; por outro lado, esses tratamentos submetidos a 90 e 100% as plantas se encontrarem em fase de formação da produção, o que ocorreu em menor escala nos tratamentos submetidos a 70% AD, a 80 % AD.

De acordo com Larcher (2000), os gastos com assimilados para a reprodução podem ser bastante significativos; assim, em plantas arbustivas que se mantêm sempre verdes, 30 a 40% dos assimilados são desviados para satisfazer as necessidades da frutificação ocasionando, desta forma, uma substancial redução em sua área foliar.

A taxa de crescimento absoluto da área foliar apresentou comportamento quadrático para o período de 20-40 DAS; os demais períodos tiveram comportamento linear. A Figura 6 mostra esses resultados em forma gráfica com suas respectivas equações de regressão, podendo ser melhor visualizados o seu comportamento.

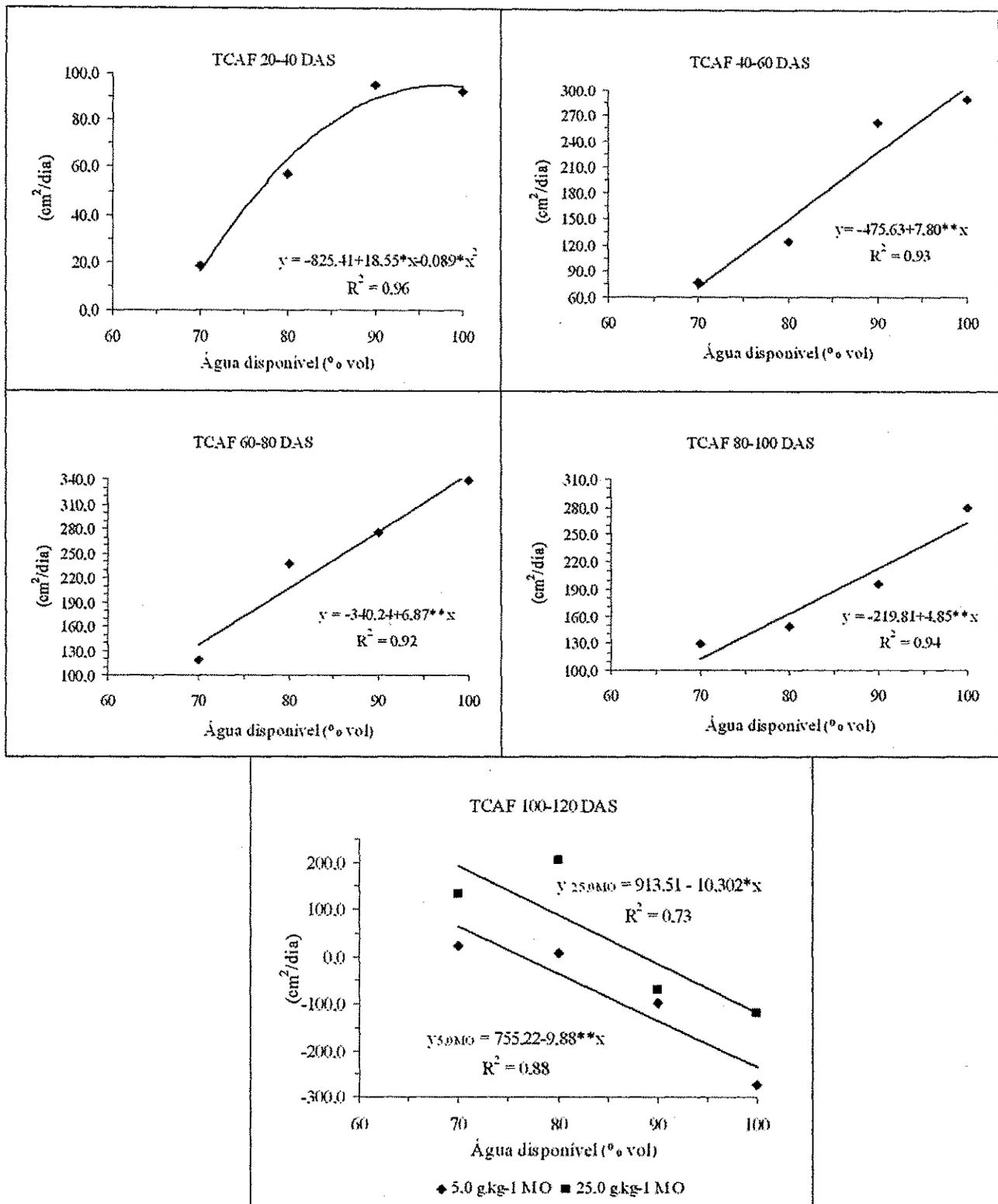


Figura 6. Taxa de crescimento absoluto da área foliar ($\text{cm}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$) da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

4.4 Fitomassa da parte aérea (FPA)

Na Tabela 8 são apresentados os resultados da análise de variância (ANOVA) para a fitomassa da parte aérea (FPA) da cultivar de mamona BRS-188 Paraguaçu e se constatam que a matéria orgânica do solo influenciou, de forma significativa ($p < 0,01$) a produção de fitomassa da parte aérea das plantas de mamona, enquanto no solo cujo conteúdo de matéria orgânica foi de $25,0 \text{ g. kg}^{-1}$ se obtiveram os melhores rendimentos que nos do solo cujo percentual foi de $5,0 \text{ g. kg}^{-1}$. Deu-se um acréscimo de 39,61% na produção de fitomassa da parte aérea cuja, diferença bastante alta, indica que a cultivar de mamona responde, direta e positivamente, à matéria orgânica do solo. (Isherwood, 2000) afirma que a incorporação de material orgânico ao solo tem influência positiva sobre o rendimento dos cultivos.

O fator água disponível do solo também influenciou significativamente ($p < 0,01$) o rendimento de fitomassa da mamona. Os tratamentos mantidos a 100 e 90% de AD foram os maiores e não apresentaram diferença significativa entre si. A fitomassa das plantas no solo mantido a capacidade de campo (100% AD), foi 246,5 e 99,89% superior às fitomassas produzidas pelas plantas no solo com 70 e 80% AD, respectivamente.

Nesta tabela, também se apresentam os resultados da análise de regressão para o fator água disponível em função dos dois níveis de matéria orgânica do solo, cujo comportamento foi o mesmo para os dois níveis de matéria orgânica com tendência de acúmulo de matéria seca de forma linear, quando se aumentaram os níveis de água disponível do solo; por sua vez, este comportamento pode ser visualizado através da Figura 7, juntamente com suas equações de regressão; constata-se, a partir desta figura que a fitomassa da parte aérea nos tratamentos submetidos a 90% AD no solo com 2,5% MO foi superior a fitomassa obtida no tratamento com 100% AD para no solo com 0,5% MO, em 7,17%.

Barros Junior et al. (2006 c) trabalhando com a cultivar de mamona BRS-188 Paraguaçu até os 180 dias, obtiveram em condições similares, um diferencial de 348,0% a mais de fitomassa total, quando mantiveram o solo a capacidade de campo comparado com a fitomassa da mesma cultivar submetida a 80% AD, confirmando os resultados obtidos no presente ensaio.

Koutroubas et al. (2000) afirmam que a acumulação média de matéria seca em trabalhos conduzidos na Grécia, aumentou com as lâminas de irrigação correspondentes à de 0,0; 0,50; 0,75 e 1,0 ETc, obtendo o máximo de matéria seca para a lâmina correspondente à Evapotranspiração (1,0 ETc), embora ocorra diferença significativa com as lâminas de 0,5, 0,75 ETc

Tabela 8. Resumo da análise de variância da fitomassa da parte aérea até os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu

Fonte de variação	Fitomassa da parte aérea (FPA)	
	GL	Quadrado médio
MO	1	110297,04 **
AD	3	238112,59 **
Interação	3	9431,82 ^{ns}
Blocos	2	10189,54 ^{ns}
Resíduo	14	9898,39
CV %		24,26
Tratamentos		(gramas)
0,5 % M.O		342,25 b
2,5 % M.O		477,83 a
DMS		87,11
70% AD		184,50 b
80% AD		319,83 b
90% AD		496,50 a
100% AD		639,33 a
DMS		167,01
Causas da variação		Quadrado médio
Água disponível (AD)	5,0 g. kg⁻¹	25,0 g. kg⁻¹
Reg. Pol. Linear	237258,82 *	499411,26 *
Reg. Pol quadrática	126,75 ^{ns}	588,00 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica	170,02 ^{ns}	5078,40 ^{ns}
Desvio	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Resíduo	28352,75	69136,33

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa;

AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade;

(ns) - não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

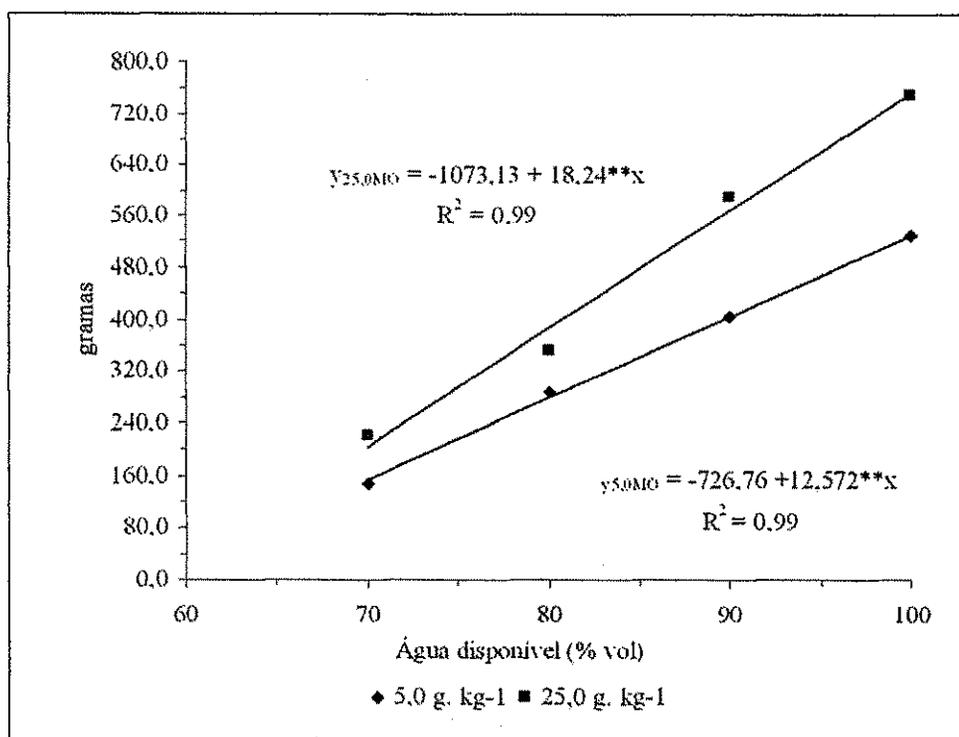


Figura 7. Fitomassa da parte aérea (FPA) em gramas, da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

Rodrigues et al. (2006 c) notaram diferença significativa para a fitomassa da parte aérea quando a mamoneira foi submetida até os 90 dias, a cinco níveis de reposição da evapotranspiração da cultura (0,60; 0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 x ETc). As regressões mostraram comportamento linear em função das lâminas aplicadas, com rendimento de fitomassa máxima de 350,87g para o maior nível de reposição (1,20 ETc).

4.5 Razão de área foliar (RAF)

Os resultados da análise de variância (ANOVA), para a razão de área foliar (RAF), esta na Tabela 9, em que se constata influência da matéria orgânica do solo sobre este parâmetro. Com relação ao fator água disponível, verifica-se diferenças significativas entre os tratamentos a nível ($p < 0,01$). As plantas cujos tratamentos foram submetidos aos maiores conteúdos de água do solo, apresentaram as menores RAF mostrando serem mais eficientes quanto à sua capacidade fotossintética. O tratamento mantido à capacidade de campo (100% AD) se diferenciou apenas do tratamento de 70% AD, porém mais eficiente que este 81,2% e 62,5% mais eficiente que o mantido a 80% AD. Uma RAF menor implica em uma eficiência maior da planta na produção de matéria seca, ou seja, o vegetal utiliza uma área menor da folha, aqui expressa em cm^2 , para produzir um grama de matéria seca.

A razão de área foliar serve para avaliar a dimensão relativa do órgão assimilador utilizado como parâmetro apropriado nas avaliações dos efeitos genotípicos, de manejo e climáticos das comunidades vegetais; estando relacionada com a matéria seca resultante do processo de fotossíntese. Pequenos valores da razão de área foliar são indicativos de que os produtos fotoassimilados estão sendo melhor aproveitados; por outro lado, a taxa de assimilação líquida expressa o aumento do crescimento por unidade de área foliar em função do tempo e estima a fotossíntese líquida e a magnitude do sistema assimilador envolvido no processo produtivo de matéria seca (Ferri, 1985). A RAF é uma medida relativa do aparelho assimilador, ou seja, ela representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, além de bastante apropriada para a avaliação dos efeitos genotípicos, climáticos e de comunidades vegetais, Rodrigues (1982).

Os resultados da análise de regressão para este parâmetro também são mostrados na Tabela 9, verificando-se que a RAF diminui com o aumento da água disponível no solo. Observa-se que a equação de regressão apresenta comportamento linear decrescente; através da Figura 8 é possível visualizar a variação deste parâmetro quando a mamoneira é submetida a diferentes níveis de água disponível do solo.

Tabela 9. Resumo da análise de variância referente à variável razão de área foliar para os 120 dias após a semeadura (DAS) da cultivar BRS 188 - Paraguaçu

Fonte de variação		Razão de área foliar (RAF)
	GL	Quadrado médio
MO	1	18,832 ^{ns}
AD	3	597,900 ^{**}
Interação	3	48,015 ^{ns}
Blocos	2	219,311 ^{ns}
Resíduo	14	92,441
CV %		25,52
Tratamentos		RAF (cm ² g ⁻¹)
0,5 % M.O		36,755 a
2,5 % M.O		38,567 a
DMS		8,418
70% AD		48,330 b
80% AD		43,530 a b
90% AD		39,198 a b
100% AD		26,668 a
DMS		16,139
Causas da variação		
Água disponível (AD)		Quadrado médio
Reg. Pol. Linear		1747,270 ^{**}
Reg. Pol quadrática		0,799 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		45,633 ^{ns}
Desvio		0,000 ^{ns}
Resíduo		92,442

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

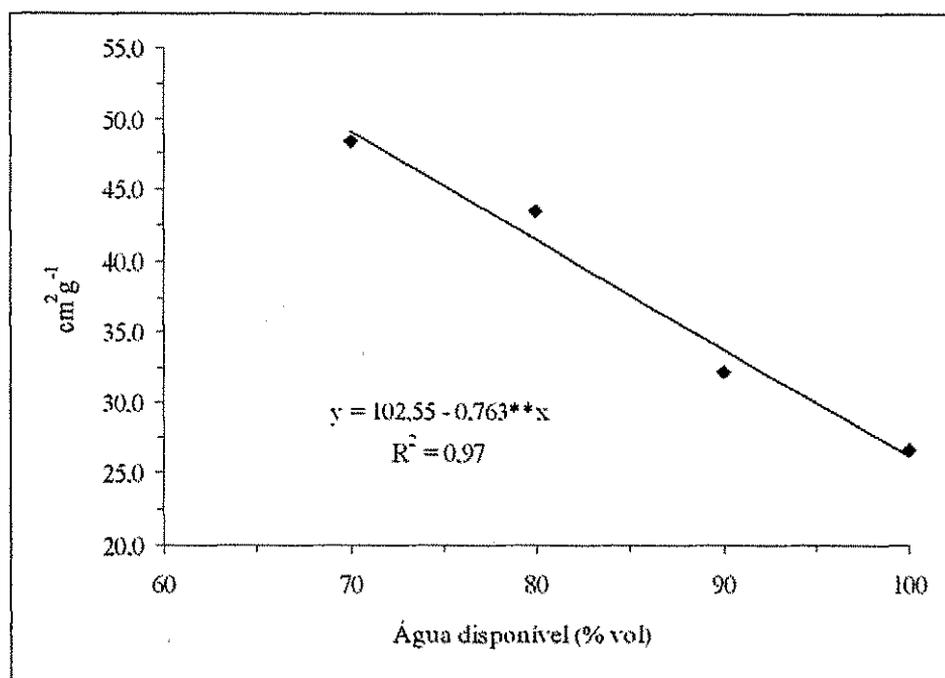


Figura 8. Razão de área foliar (RAF) em $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$, para o período de 120 DAS da cultivar BRS 188 - Paraguaçu submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

4.6 Aparecimento de inflorescências (API), altura média da primeira inflorescência (API) e número de inflorescências (NF).

Apresentam-se, na tabela 10, os resultados da análise de variância (ANOVA) para o tempo de aparecimento das inflorescências, altura média e número de inflorescência. Foi significativo ($p < 0,01$) o efeito da matéria orgânica unicamente para o tempo de aparecimento das inflorescências. No solo com $25,0 \text{ g. kg}^{-1}$ de MO, as inflorescências surgiram aos 76 dias, enquanto no solo com $5,0 \text{ g. kg}^{-1}$ demorou 89 dias.

Com respeito ao efeito da água disponível a significância ($p < 0,01$) foi para o tempo de aparecimento das primeiras inflorescências e para o número de inflorescências. Quando o solo se manteve a 90 e 100% da água disponível o tempo de aparecimento e o número de inflorescências foram menores que nos outros tratamentos. A 90 e 100 AD% as inflorescências demoraram em aparecer 73 e 69 dias, respectivamente, enquanto a 70% AD o tempo foi de 101 dias. Os resultados obtidos no presente estudo são confirmados pelo trabalho de Rodrigues et al. (2006 a) que, trabalhando com diferentes lâminas de irrigação, encontraram diferença significativa para o número de dias para o surgimento da primeira inflorescência obtendo um tempo médio de 74 dias. Os tempos obtidos no presente trabalho ficaram muito acima do valor médio reportado pela EMBRAPA para esta cultivar, que é de 54 dias (EMBRAPA, 1997).

Para Beltrão et al. (2003), a emissão da primeira inflorescência acontece entre 50 e 60 dias após germinação; entretanto, Barros Junior et al. (2004 b), verificaram que a emissão ocorreu aos 39 dias após a semeadura (DAS), em média, para os tratamentos mantidos a capacidade de campo.

Quando a variável estudada foi o número de inflorescências emitidas por tratamento, apenas a lâmina de irrigação foi significativa ($p < 0,01$), com o tratamento 100% de AD apresentando uma média de 4,0 inflorescências, superior aos tratamentos de 70 e 80%, que mostraram em média de 1 e 2 inflorescências, respectivamente, evidenciando a sensibilidade das cultivares à escassez de água do solo. Para Guinn & Mauney (1984), o déficit hídrico severo causa redução na floração das plantas.

A altura da emissão da primeira inflorescência não foi influenciada pela matéria orgânica nem pela água disponível do solo. As alturas da emissão da primeira inflorescência foram de 85,6; 89,8; 83,3 e 83,3 cm para os tratamentos mantidos a 100, 90, 80 e 70% AD, respectivamente, com média de 85,5 cm.

Tabela 10. Resumo da análise de variância referente às variáveis: número de dias para aparecimento da primeira inflorescência, altura e número de inflorescências da cultivar BRS 188 - Paraguaçu.

Fonte de variação		Quadrado médio			
GL					
		Aparecimento	Altura	número	
MO	1	900,37**	2,04 ^{ns}	4,16 ^{ns}	
AD	3	1234,04**	56,36 ^{ns}	9,44**	
Interação	3	265,45 ^{ns}	611,82 ^{ns}	0,94 ^{ns}	
Blocos	2	184,33 ^{ns}	530,79 ^{ns}	1,12 ^{ns}	
Resíduo	14	639,67	165,41	1,02	
CV %		8,19	15,04	40,59	
Tratamentos		(dias)	(cm)	(quantidade)	
0,5 % M.O		89,0 b	85,25 a	2,0 a	
2,5 % M.O		76,0 a	85,83 a	3,0 a	
DMS		5,91	11,26	1,2	
70% AD		101,0 c	83,30 a	1,0 c	
80% AD		88,0 b	83,30 a	2,0 b c	
90% AD		73,0 a	89,83 a	3,0 a b	
100% AD		69,0 a	85,66 a	4,0 a	
DMS		11,34	21,58	1,70	
Quadrado médio					
Causas da variação		Aparecimento		Altura	número
Água disponível (AD)		5,0 g. kg ⁻¹	25,0 g. kg ⁻¹		
Reg. Pol. Linear		2257,06**	1334,82**	42,008 ^{ns}	28,03**
Reg. Pol quadrática		40,33 ^{ns}	90,75 ^{ns}	18,375*	0,167 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		216,60 ^{ns}	28,02 ^{ns}	2,408 ^{ns}	0,133 ^{ns}
Desvio		0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Resíduo		28,42	70,03	80,446	1,030

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$)

Barros Junior et al. (2004 b) encontraram que a mamona mantida na capacidade de campo (100% AD), emitiu a primeira inflorescência a 45 cm, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos de água disponível. Koutroubas et al. (2000), também verificaram diferença significativa na altura da inserção do primeiro racemo com a irrigação, 35 cm, para o melhor regime hídrico; no entanto, a tendência da regressão foi curvilínea. Azevedo et al. (1997), estudando diversas linhagens e cultivares de mamona observaram as mesmas diferenças significativas mas com inserção a 100,0 cm para o primeiro racemo.

A altura da primeira inflorescência é uma característica ligada à precocidade da planta, razão por que é considerada mais precoce a planta que lança a primeira inflorescência em menor altura, porém Severino et al (2006 b), em trabalho realizado com a cultivar Nordestina, encontraram que a altura do primeiro cacho foi maior nas plantas adubadas que nas não adubadas; eles indicam, ainda que isto aconteceu não em virtude de precocidade mas pelo comprimento médio do internódio que aumentou não sendo percebida diferença no número de nós, até o aparecimento do primeiro cacho.

A Tabela 10 mostra também que o tempo de aparecimento (para os dois tratamentos de matéria orgânica) e o número de inflorescências seguem uma tendência linear enquanto que a altura da planta segue uma tendência quadrática.

Os resultados para o número de dias para o aparecimento da primeira inflorescência nos solos com 25,0 g. kg⁻¹ e 5,0 g. kg⁻¹ de MO podem ser visualizados através da Figura 9, na qual se observa que as plantas, quando submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica e água disponível do solo, apresentaram comportamento linear.

Na Figura 10 se encontram os resultados em forma gráfica para a altura da emissão da primeira inflorescência, e verifica que, efetivamente este parâmetro apresentou tendência quadrática quando a mamoneira foi submetida a diferentes conteúdos de água do solo.

Vê-se na Figura 11, de forma gráfica, o número de inflorescências obtidas em cada tratamento, tendo a mamoneira respondido, de forma linear, ao incremento de número de inflorescências quando submetidas a diferentes níveis de água disponível do solo.

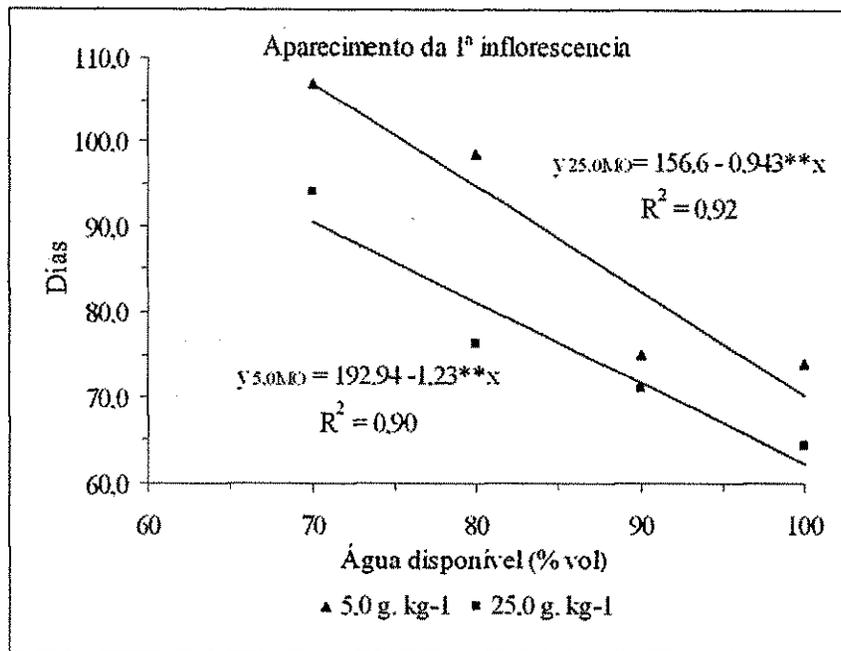


Figura 9. Número de dias para o aparecimento da primeira inflorescência da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

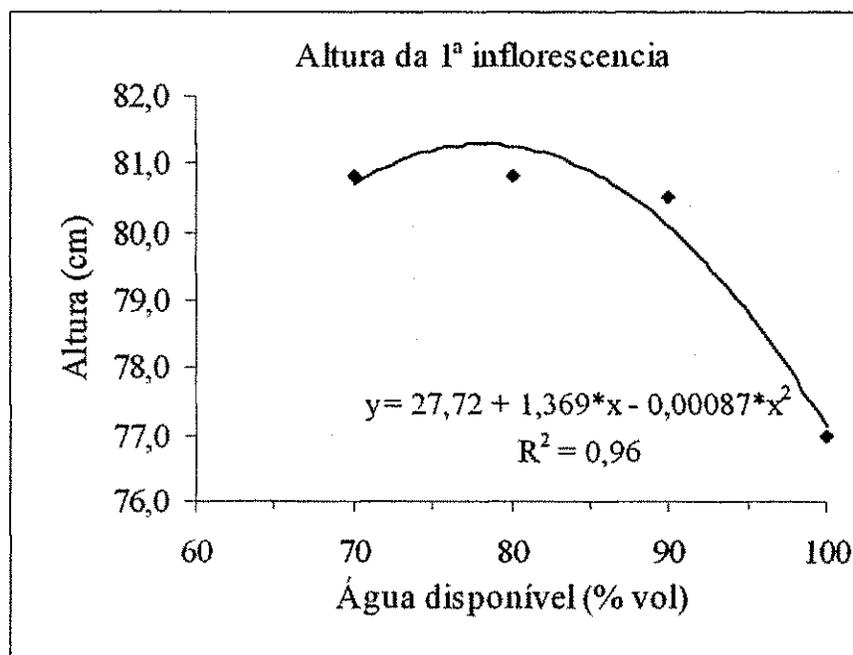


Figura 10. Altura da primeira inflorescência da cultivar de mamona BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

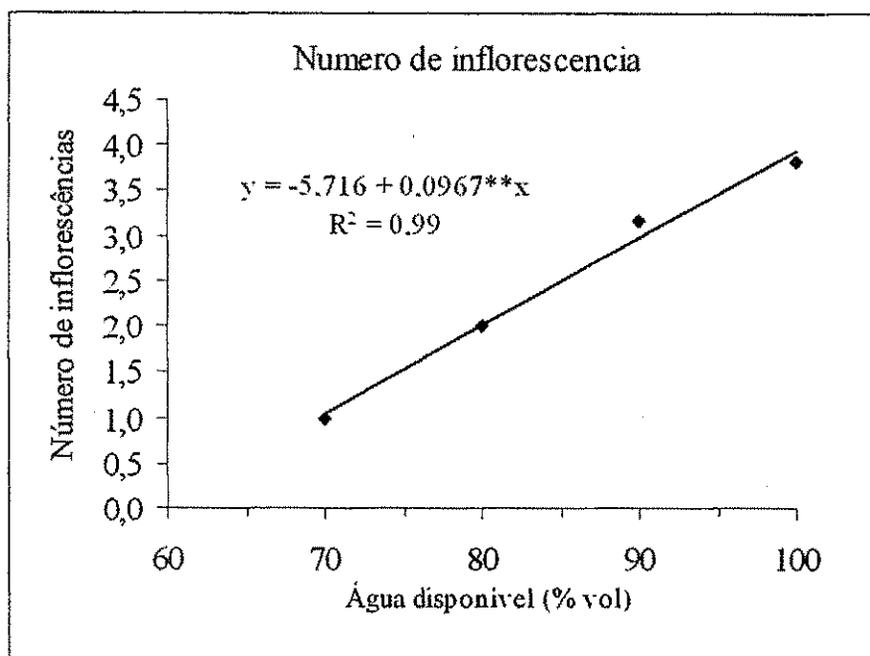


Figura 11. Número de inflorescência da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

4.7 Consumo e eficiência do uso de água

A Tabela 11 apresenta a análise de variância (ANOVA) dos dados do consumo de água e da eficiência do consumo de água da mamona. Verifica-se que o fator matéria orgânica influenciou significativamente apenas o consumo de água da mamona ($p < 0,01$). Quando cultivada no solo com $25,0 \text{ g. kg}^{-1}$ de matéria orgânica, apresentou um consumo de água 15,54% a mais que as cultivadas no solo com $5,0 \text{ g. kg}^{-1}$ de MO. Como visto que a produção de fitomassa foi influenciada pelo teor de matéria orgânica do solo aumentando-a com o aumento do teor de matéria orgânica do solo, conseqüentemente o aumento no rendimento de fitomassa está associado a um consumo maior de água (Doorenbos & Pruitt, 1997); constata-se também diferença significativa ($p < 0,01$) para o consumo de água sendo a eficiência de consumo significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos mantidos a diferentes níveis de água disponível no solo.

Enquanto se tem, em geral, diferenças significativas entre os consumos totais de água entre tratamentos determinados pelo teste de Tukey. Com relação aos níveis de água disponível no solo, constata-se que os tratamentos submetidos a 100 e 90% AD não apresentaram diferença estatística entre si, o que não se verificou com os demais tratamentos de 70 e 80% AD, verificando-se que o tratamento mantido a 100% AD foi superior aos de 70 e 80% AD em 130,0 e 36,54% respectivamente.

Ainda na mesma Tabela 11 se acham mostradas as eficiências do uso de água da cultivar estudada mantida a diferentes níveis de água disponível no solo. Como previsto, e de acordo com os dados de produção de fitomassa e consumo de água da mamona, conclui-se que a eficiência de uso de água aumentou significativamente ($p < 0,05$) com a irrigação, observando-se a maior eficiência do uso de água no tratamento com o nível mais alto de água disponível, ou seja, as plantas apresentaram maior capacidade de reverter o volume de água consumido em produção de matéria seca a medida em que o conteúdo de água no solo foi aumentando.

Os tratamentos submetidos a 100% AD superaram em 1,50 vezes, ou seja, 50,0%, os que foram mantidos a 70 % AD e em 45,5 % a mais os tratamentos submetidos a 80% AD; situação oposta foi observada por Pereira (1995) em uma outra espécie de oleaginosa, em que para duas cultivares de algodão, a maior eficiência de uso de água se deu no nível mais baixo de água disponível no solo.

Tabela 11. Resumo da análise de variância referente às variáveis consumo de água e eficiência da cultivar BRS 188 - Paraguaçu

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Consumo de água	Eficiência	
MO	1	1766,451**	2,727 ^{ns}	
AD	3	8888,720**	2,626*	
Interação	3	20,452 ^{ns}	0,028 ^{ns}	
Blocos	2	869,001*	0,352 ^{ns}	
Resíduo	14	222,331	0,795	
CV %		12,53	26,84	
Tratamentos		(litros)	(g . l⁻¹)	
0,5 % M.O		110,391 b	2,985 a	
2,5 % M.O		127,552 a	3,660 a	
DMS		13,054	0,781	
70% AD		67,323 c	2,723 b	
80% AD		113,354 b	2,818 b	
90% AD		140,383 a	3,663 a	
100% AD		154,831 a	4,086 a	
DMS		25,032	1,260	
		Quadrado médio		
Causas da variação		Consumo de água		Eficiência
Água disponível (AD)		5,0 g . kg ⁻¹	25,0 g . kg ⁻¹	
Reg. Pol. Linear		11539,843*	13662,486*	7,306**
Reg. Pol quadrática		906,542 ^{ns}	604,926 ^{ns}	0,161 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		11,011 ^{ns}	2,733 ^{ns}	0,411 ^{ns}
Desvio		0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Resíduo		1444,984	1829,180	0,795

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05)

A representação gráfica do consumo de água da mamoneira durante todo o período da condução do experimento (120 dias) para os diferentes conteúdos de matéria orgânica pode ser visualizada na da Figura 12.

No que se refere a conversão da água consumida em produção de matéria seca, confirma-se a afirmação de Doorenbos & Pruitt (1997) de que variedades comprovadamente produtivas, quando manejadas em um patamar ótimo de disponibilidade de água e que recebam, no momento oportuno, os insumos necessários à produção agrícola, podem apresentar rendimentos até quatro vezes superiores aquelas que, mesmo com os demais insumos disponibilizados, são submetidas a estresse hídrico; os mesmos autores frisam que determinadas culturas só apresentam rendimentos aceitáveis quando a umidade do solo se mantém em nível elevado, em geral, acima de 50 % de água disponível; no caso da cultivar de mamona em estudo, a exigência é ainda maior com rendimentos consideráveis aparecendo a partir de 90 % AD do solo, comprovando a elevada exigência da cultura, que requer altos níveis de conteúdo de água do solo durante todo o seu ciclo vegetativo para apresentar rendimentos compensatórios de produtividade.

A Figura 13 mostra o comportamento linear da eficiência de consumo de água quando a cultivar de mamoneira foi submetida a diferentes níveis de água disponível. A eficiência alcançada pelos tratamentos mantidos a 100 % AD de $4,086 \text{ kg m}^{-3}$, indica um potencial altamente produtivo para a cultivar que se apresenta sensível em sua resposta à água, quando associado a um manejo adequado; concomitante, a utilização dos demais insumos necessários ao pleno desenvolvimento da cultura, transformando eficientemente os investimentos nesses insumos em produção efetiva de matéria seca redundando, em consequência em um potencial maior de produção de frutos por área cultivada, conforme descrevem Doorenbos & Kassam (1994) para o efeito da água sobre o rendimento das culturas. Para esses autores, a busca de rendimentos elevados, principalmente em áreas irrigadas, exige o cultivo de espécies altamente produtivas, como a mamona, as quais propiciam significativas respostas à aplicação da água alcançando-se níveis ótimos de eficiência de utilização deste insumo em função do rendimento colhido.

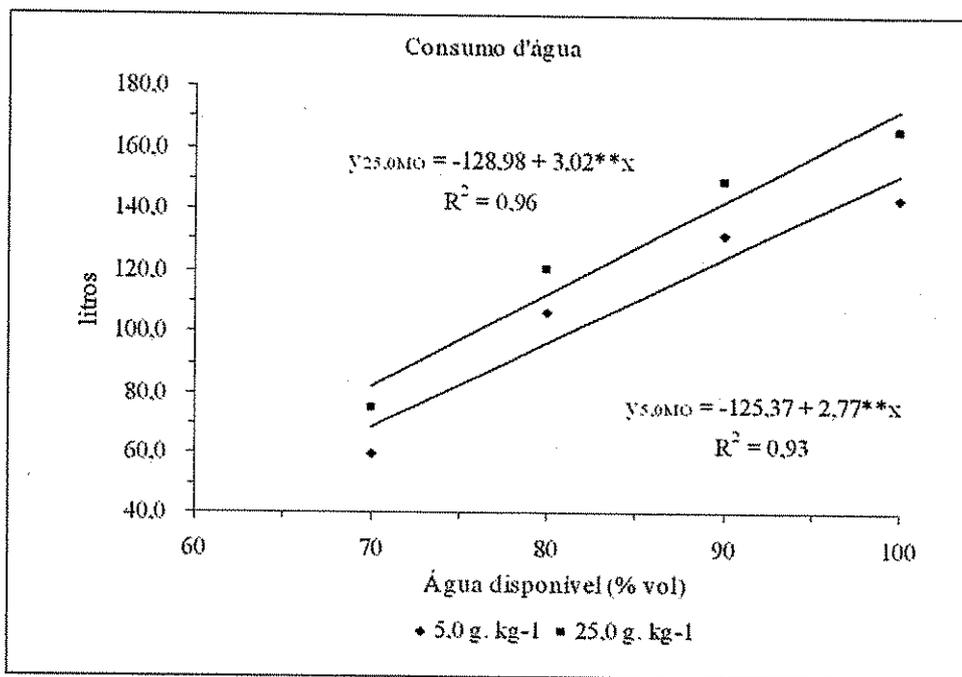


Figura 12. Consumo de água da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

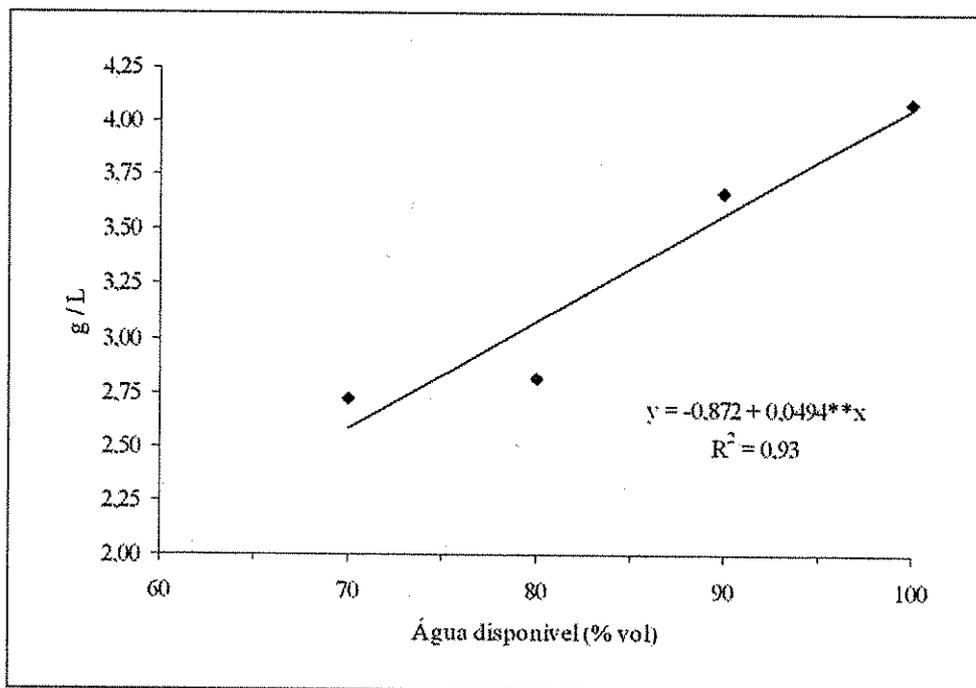


Figura 13. Eficiência do uso da água da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

4.8 Produção média (PM)

A Tabela 12 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA) para o consumo e eficiência de consumo de água da mamona, constatando-se que a produção da mamoneira foi influenciada pelos tratamentos. Tanto o fator matéria orgânica como a água disponível do solo, foram diferentes estatisticamente ($p < 0,01$).

Para a produção de frutos nos tratamentos que submetidos ao solo com 2,5% de MO, o rendimento foi 57,06% a mais que os rendimentos obtidos pelos tratamentos sujeitos a 0,5% MO. Isherwood (2000) afirma que a adição de matéria orgânica ao solo propicia maiores rendimentos para as culturas, resultado este também constatado por Souza et al (2006), ao afirmarem que a adição de matéria orgânica afetou significativamente o desenvolvimento das plantas e promovendo, conseqüentemente, uma produção maior. Severino et al (2006 b) observaram que a adição de esterco de curral associada a adubação mineral aumentou, de forma substancial, a produção da mamona.

A água disponível do solo influenciou significativamente a produção de frutos; os tratamentos de 100 e 90% AD não foram diferentes estatisticamente entre si, mas se diferenciaram dos tratamentos de 70 e 80% AD, enquanto o tratamento submetido a 100% AD foi 425,1 e 136,48% mais produtivo que os submetidos a 70 e 80% AD, respectivamente.

Como a produção de sementes está relacionada à produção de frutos, esta também foi influenciada pela matéria orgânica e água disponível do solo, conforme Tabela 13. Os fatores testados foram estatisticamente diferentes ($p < 0,01$), cujos tratamentos submetidos a 25,0 g. kg^{-1} de MO foram superiores aos de 5,0 g. kg^{-1} MO em 54,45%. Para a água disponível do solo verifica-se que os tratamentos de 100 e 90% AD não são diferentes estatisticamente entre si, o que não ocorreu para os de 70 e 80% AD, já que esses foram diferentes entre si e dos demais tratamentos. Com relação ao maior nível de água disponível 100% AD, este foi 424,5 e 136,16% mais produtivo com relação à produção de sementes quando comparado a níveis de 70 e 80% de AD, respectivamente, resultados que apontam que na mamoneira, quando suprida de forma adequada, a disponibilidade hídrica do solo apresenta respostas muito elevadas com altos incrementos na sua produção final. As condições de máximo conteúdo de água do solo (100% AD) proporcionaram rendimentos de 5,24 vezes a mais que o rendimento obtido pelo menor tratamento (70% AD).

Resultados semelhantes foram encontrados por Laurete & Marras (1995), que obtiveram um aumento linear no rendimento da mamoneira com incrementos de água até 100% da evapotranspiração. Arnaud (1990) reporta que este aumento era associado com o

aumento de inflorescências produzidas pela irrigação. Estragnat & Garric (1991) obtiveram, em estudos realizados na França, rendimentos máximos para a mamona com apenas 50% da evapotranspiração.

Tabela 12. Resumo da análise de variância referente à variável produção de frutos e sementes da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, até os 120 DAS

Fonte de variação		Produção			
		Quadrado médio			
	GL	Frutos		Sementes	
MO	3	18755,009**		7408,566**	
AD	1	35452,938**		14985,735**	
Interação	3	343,447 ^{ns}		190,365 ^{ns}	
Blocos	2	7668,398*		3200,943*	
Resíduo	14	875,995		3756,765	
CV %		23,50		23,65	
Tratamentos		(gramas)			
0,5 % M.O		97,977 b		64,397 b	
2,5 % M.O		153,886 a		99,536 a	
DMS		25,915		19,901	
70% AD		38,576 b		25,146 b	
80% AD		85,657 b		55,857 b	
90% AD		176,930 a		114,953 a	
100% AD		202,565 a		131,912 a	
DMS		49,683		32,593	
		Quadrado médio			
Causas da variação		Frutos		Sementes	
Água disponível (AD)		5,0 g. kg ⁻¹	25,0 g. kg ⁻¹	5,0 g. kg ⁻¹	25,0 g. kg ⁻¹
Reg. Pol. Linear		56429,733 *	45892,366 *	24181,542 *	19146,635 *
Reg. Pol quadrática		1386,105 ^{ns}	0,008 ^{ns}	700,588 ^{ns}	7,023 ^{ns}
Reg. Pol. Cúbica		1366,605 ^{ns}	2314,342 ^{ns}	722,384 ^{ns}	770,130 ^{ns}
Desvio		0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Resíduo		7066,699	6157,050	3038,852	2574,891

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; AD - água disponível; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$), () valores absolutos.

Koutroubas et al., (2000), obtiveram efeitos diferentemente significativos na produção da mamona em clima mediterrâneo, quando aplicaram lâminas de irrigação de 0,0; 0,50; 0,75 e 1,0 da evapotranspiração da cultura, além de uma produção de 4000 kg/ha.

As análises de regressão para a produção média de frutos e sementes para os diferentes tratamentos da matéria orgânica e água disponível, também são mostradas na Tabela 12, cujos rendimentos médios de frutos e de sementes indicaram comportamentos lineares no quais podem ser visualizados nas Figuras 14 e 15, além das tendências e suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação.

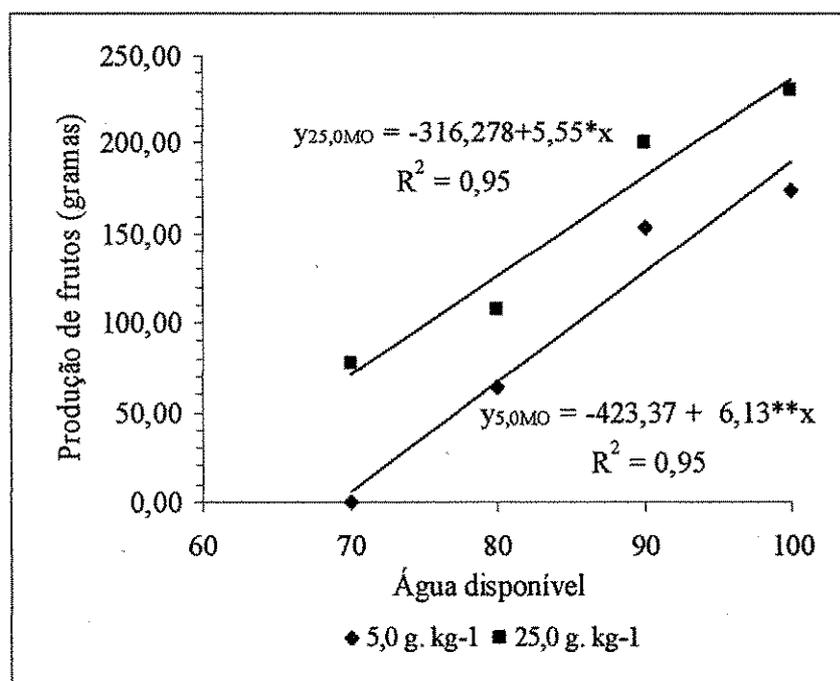


Figura 14. Produção média de frutos em gramas da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

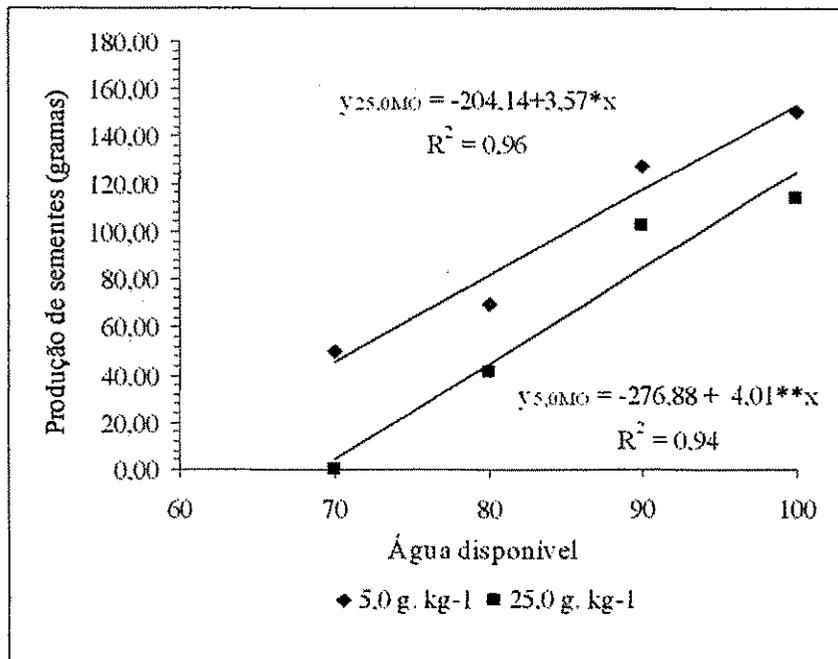


Figura 15. Produção média de sementes da cultivar BRS 188 – Paraguaçu, submetida a diferentes níveis de água disponível do solo

5. CONCLUSÕES

Após as condições em que o experimento foi conduzido e até os 120 dias de crescimento da mamona, pode-se extrair as seguintes conclusões:

1. A aplicação de matéria orgânica com húmus de minhoca, promoveu melhor efeito benéfico no desenvolvimento e produção da mamoneira, cultivar BRS 188 – Paraguaçu.
2. Com exceção da altura de inserção da primeira inflorescência, a irrigação com níveis ascendentes de água disponível do solo aumentou significativamente todas as variáveis de crescimento e desenvolvimento estudadas, inclusive a produção da mamoneira.
3. Consequentemente, a eficiência da mamona para transformar a água consumida em matéria seca em maior produção de frutos, aumentada pela adição da matéria orgânica, evidencia uma resposta melhor da cultivar a esses insumos, tornando-se conveniente a sua utilização para a sustentabilidade econômica do cultivo.
4. Tomando-se em consideração os resultados obtidos, conclui-se que a implantação da mamoneira deverá ser antecedida pela aplicação de matéria orgânica ao solo e por um manejo racional da irrigação. Embora sem estudar custos, deve-se irrigar a mamona cada vez que o solo atingir 90% da água disponível para as plantas.
5. Considerando-se que no presente estudo a mamona foi implantada sob condições controladas de casa de vegetação, recomenda-se a repetição do ensaio, agora sob condições de campo.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIN, P. R. de T. **Los factores de la productividad agricola.** Lima, ILCA. 1962. 20p.

AMORIM NETO, M. da S.; MEDEIROS, J. da C.; BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, E.C.; NOVAES FILHO, M. de B. **Zoneamento para a cultura do algodão no Nordeste. II. Algodão herbáceo.** Campina Grande, PB: EMBRAPA - CNPA, 1997. 31p. (EMBRAPA - CNPA. Boletim de Pesquisa, 35).

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O Agronegócio da mamona no Brasil.** Campina Grande: EMBRAPA – Algodão, 2001, 350p.

AZEVEDO, D. M. P. de. LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Brasil.** Campina Grande, PB: EMBRAPA - CNPA, 1997. 52p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 25).

BARKER, R. E., FRANK, A. B. & BERDAHL, J. D. **Cultivar and clonal differences for water use efficiency and yield in four forage grasses.** Crop Sci., v.29, p. 58-61, 1989.

BARRETO, M.C. de V. **Degradação da fração orgânica de diferentes resíduos e efeitos em algumas propriedades químicas e físicas de dois solos.** Piracicaba, 1995. 106p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo.

BARROS JUNIOR, G.; Guerra, H. O. C.; Lacerda, R. D.; Cavalcanti, M. L. F.; Barros, A. D.; **Análise de crescimento da mamoneira submetida ao estresse hídrico.** Campina Grande, PB. In: I Congresso brasileiro de mamona. 2004.

BARROS JUNIOR, G.; Guerra, H. O. C.; Lacerda, R. D.; Cavalcanti, M. L. F.; Barros, A. D. **Efeito do estresse hídrico sobre a emissão de inflorescências em duas cultivares de mamona.** Campina Grande, PB. In: I Congresso brasileiro de mamona. 2004. a

BARROS JUNIOR, G.; Guerra, H. O. C.; Lacerda, R. D.; Cavalcanti, M. L. F. **Eficiência do uso de água de duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico.** In: VII Congresso Latino Americano y del Carribe de Ingenieria Agrícola. V Congresso Internacional de Ingenieria Agrícola. Chile. 2006. b

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.

BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, L.C. **Os múltiplos uso do óleo da mamoneira (Ricinus communis L.) e a importância do seu cultivo no Brasil.** Fibras e Óleos, Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M. **Mamona: árvore do conhecimento e sistemas de produção para o Semi-Árido brasileiro.** Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2003. 19 p. (Circular Técnica, 70)

BELTRÃO, N. E. de M; MELO, F. de B; CARDOSO, G. D; SEVERINO, L. S. **Sistema de Produção de Mamona em Condições Irrigadas: Considerações Gerais.** Campina Grande, 2004. 14p. (Embrapa Algodão. Documentos, 132). a

BELTRÃO, N. E. de M; SEVERINO, L. S; CARDOSO, G. D; GONDIM, T. M. de S; PEREIRA, J. R. **Mudanças no metabolismo da mamoneira, cultivar BRS149 Nordestina, na sua fase inicial, em função do estresse hídrico.** Campina Grande, PB. In: I Congresso brasileiro de mamona. 2004. b

BEZERRA NETO, P.; HOLANDA, J. S. de.; TORRES FILHO, J.; TORRES, J. F. **Níveis de máxima eficiência econômica de esterco de curral do cultivo do caupi.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 1984, v. 19, nº 5, 567-572p.

BOUMA, J.; HOLE, F.D. **Soil structure and hydraulic conductivity of adjacent virgin and cultivated pedons at two sites: A typic argiudoll (silt loam) and a typic eutrochrept (clay).** Proceedings Soil Science Society of America, Madison, v.35, p.316-319. 1971.

COELHO, I. **Avaliação das exportações tradicionais baianas: caso de sisal e mamona.** Salvador, UFB, 1979, 174p. (Tese de Mestrado).

CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P de; LIMA, E.F. (Org.) **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologias, (org.), 2001, p. 89- 120.

CURI, S; JUNIOR, J. H. C. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.).** PB. In: I Congresso brasileiro de mamona. 2004.

DORENBOS, J e KASSAM, A. H; tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Sousa, F. A. V. Damasceno, J. F. de Medeiros. 1994. **Efeito da água no rendimento das culturas.** UFPB, 306p.:il. Campina Grande.

DOORENBOS, J e PRUITT, W. O; tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Sousa, F. A. V. Damasceno, J. F. de Medeiros. 1997. **Necessidades hídricas das culturas.** UFPB: 204p.:il. Campina Grande.

EMBRAPA – **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil.** Campina Grande: EMBRAPA ALGODÃO. 1997. 52p. (Circular técnica, 25).

EMBRAPA – CNPA, 2001. www.geranegocio.com.br/html/geral/mamona/brs149.html

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB). **Informações gerais sobre a cadeia da mamona no nordeste e o estabelecimento de uma proposta de um projeto de desenvolvimento integrado com ênfase a produção de biodiesel** por Napoleão Esberard de Macedo Beltrão. Campina Grande, 2003. 17p. (Embrapa Algodão. Documentos, 122).

EMBRAPA – **O cultivo sustentável da mamona no semi-árido Brasileiro.** Campina Grande: EMBRAPA ALGODÃO. 2005. 23p. (Circular técnica, 84).

ESTRAGNAT, A. GARRIC, B. **Compte-rendu des essais ricin en Crambade.** Prolea-CETIOM Station d'Experimentation, Ferme d'en Crambade. Mon-tesquieu Lauragais. 1991.

FERREIRA, P. V. **Estatística aplicada a agronomia.** 3 ed. Maceio: EDUFAL, 2000. 422 p.: il.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1.** 2 ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.

GARDNER, F. P. et al. **Physiology of Crop Plants.** Gardner, Pearce and Mitchel (eds), Iowa State University Press, Ames. 1985.

GLÓRIA, N.A. da. **Uso agronômico de resíduos.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., Piracicaba, 1992, **Anais.** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.195-212.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento.** 3 ed. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 412 p.

GRANER, E. A.; GODOY JÚNIOR, C. **Culturas da fazenda brasileira.** 4. ed. São Paulo: Melhoramento, 1967. 461p.

GUINN, G; MAUNEY, J. R. **Fruiting of cotton.** I. Effects of plant moisture status on flowering. **Agonomy Journal.** v. 76, n. 1, p. 90-94. 1984.

HSIAO, T. C. **Plant responses to water stress.** Ann. Rev. Plant Physiology. 24, p. 519-570. 1973.

ISHERWOOD, K. F. **Mineral Fertilizer Industry Association Revised.** Edition. Paris, February, 2000.

JANICK, J. A **Ciência da horticultura.** USAID, Rio de Janeiro, 1966., 485p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos.** São Paulo: Agronômica Ceres. 1985

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

KUMAR, S.; MALIK, R.S.; DAHIYA, I.S. **Influence of different organic wastes upon water retention, transmission and contact characteristics of a sandy soil.** Australian Journal of Soil Reserch, v.23, p.131-136, 1985.

LARCHER, WALTER. **Ecofisiologia vegetal.** Tradução: Prado, C. H B. A. São Carlos. RIMA. 2000. 531p.

LAURETI, D. MARRAS, G. **Irrigation of castor (*Ricinus communis* L) in Italy.** Eur. J. Agron. 4, 229-235. 1995.

MARCIANO, C. R. **Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um latossolo vermelho amarelo.** Piracicaba, 1999. 93p. Tese (Doutorado)- - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo.

MAZZANI, B. **Euforbiaceas oleaginosas.** Tártago. In: MAZZANI, B. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas. Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1983. p.277-360.

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo - 3. a. edição.;** Porto Alegre, Gênese, 2006.

MORAIS, C. R. de A; SEVERINO, L. S. **Influencia do encharcamento do solo sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira, PB.** In: I Congresso brasileiro de mamona. 2004.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. **Ensaio em ambiente controlado.** In: **Métodos de pesquisa em fertilidade de solo.** Brasília: EMBRAPA. 1991. 392 p. (EMBRAPA – SEA. Documentos, 3).

PEREIRA, M. do N. B. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L.) em baixos níveis de água disponível do solo.** Campina Grande: UFPB-CCT, 1995. 108p. (Dissertação de Mestrado).

PONS, A. L. **Importância da Matéria Orgânica no solo**. IPAGRO INFORMA, Rio Grande do Sul, 1980.; 96-109p.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: Agricultura em regiões tropicais**. Nobel, São Paulo, 1980.; 549p.

RIBEIRO FILHO, J. **Cultura da mamoneira**, Viçosa: UFV, 1966, 75p.

RODRIGUES, J.D. **Análise de crescimento de plantas de soja (*Gycine max. L. Merri*) Submetidas à carências nutricionais**. Rio Claro, 165p. 1982. (Dissertação de Mestrado).

RODRIGUES, L. N; NERY, A. R; CARVALHO, A.de P; FERNANDES, P. D; BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento da mamoneira em altura e diâmetro caulinar irrigada com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração**. Aracaju, SE. In: II Congresso brasileiro de mamona. 2006. a

RODRIGUES, L. N; NERY, A. R; CARVALHO, A.de P; FERNANDES, P. D; BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento foliar da mamoneira irrigada com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração**. Aracaju, SE. In: II Congresso brasileiro de mamona. 2006. b

RODRIGUES, L. N; FERNANDES, P. D; NERY, A; CAVALCANTI, M. L. F; JUNIOR, G. B; CARVALHO, A.de P. **Crescimento da mamoneira irrigada com esgoto doméstico sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração**. João Pessoa, PB. In: XXXV Congresso brasileiro de Engenharia Agrícola. 2006. c

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: Região semi-árida. **Simpósio Diretrizes para o Manejo Sustentável dos Solos Brasileiros**, Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 16. Anais...Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD ROM, 1997.

SANTOS, R.F. dos.; BARROS, A.L.; MARQUES, F.M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L.E.G. **Análise Econômica**. In: AZEVEDO, D.M.P. de.; LIMA, E.F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**: EMBRAPA-SPI, 2001. p.17-30.

SEVERINO, L. S; LIMA, C. L. D. de; BELTRAO, N. E. de M; CARDOSO, G. D. **Mamona submetida a encharcamento**, PB. In: I Congresso brasileiro de mamona. 2004. a

SEVERINO, L. S; FERREIRA, G. B; MORAIS, C. R. de A; GONDIM, T. M de S; CARDOSO; G. D. VIRIAT. J. R; BELTRAO, N. E. de M. **Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta a adubação orgânica e mineral**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v41, n.5, p.879-882, 2006. b

SILVA, W. J. da. **Aptidões climáticas para as culturas do girassol, da mamona e do amendoim**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, MG, v.7, n.82. p. 24-28, 1981.

SILVA, L. C. **Respostas ecofisiológicas e desempenho agrônômico do amendoim cv. BR 1 submetido a diferentes lâminas e intervalos de irrigação**. Campina Grande: UFPB-CCT, 1997. 126P. (Tese de Doutorado).

SOUZA, R. F.; FARQUIN, V.; FERNANDES, L. A.; AVILA, F. W. de. **Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influencia da calagem e adubação orgânica**. Ciência Agrotecnica., Lavras, v.30, n.4, p. 656-664, jul./ago., 2006

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. The Benjamin/Cumming Publishing Company. California. 1998. 559 p.

VIEIRA, R.M.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S. **Diagnóstico e perspectivas da mamoneira no Brasil**. In: **Reunião temática matérias-primas oleaginosas no Brasil: diagnóstico, perspectivas e prioridades de pesquisa**, 1997, Campina Grande. Anais. Campina Grande: Embrapa-CNPA/MAA/ABIOVE, p.139-150 (Embrapa-CNPA. Documentos, 63).

WENDT, C. W. **Use of a relationship between leaf length and leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castor (*Ricinus communis* L.), and Sorghum (*Sorghum vulgare* L.)**, Agronomy Journal, v. 59, p.485-487, 1967.

WRIGHT, G. C., NAGESWARA RAO, R. C. Groundnut water relations. In. SMART, J. **The Groundnut Crop: Scientific Basis for Improvement.** London: Chapman & Hall, 1994. p. 281-335.

Anexo fotográfico

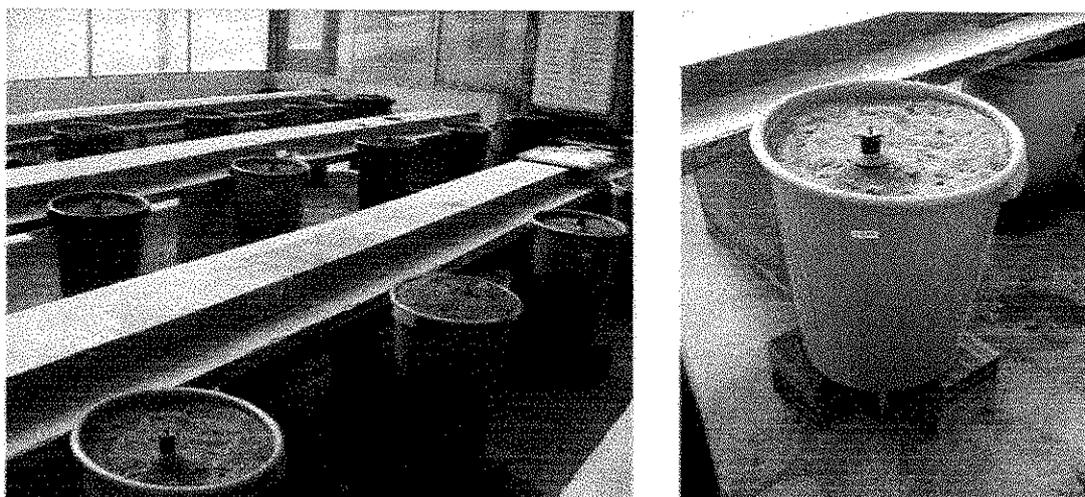


Figura 2. Distribuição dos vasos e detalhe do tubo de acesso para o monitoramento do conteúdo de água com o TDR

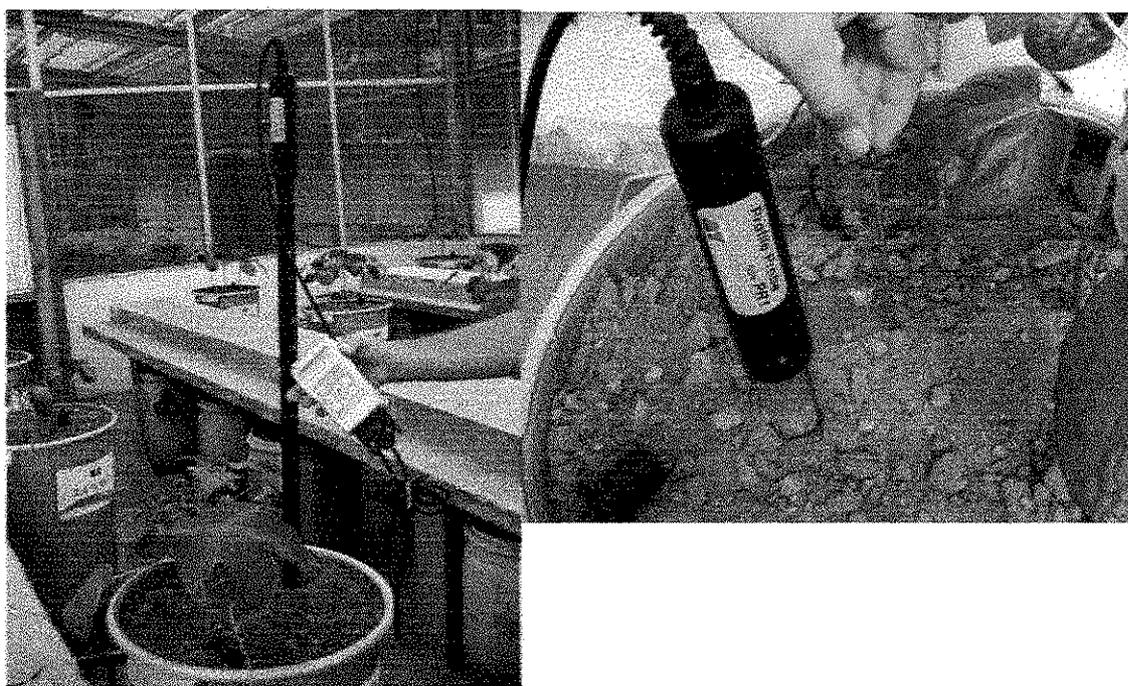


Figura 3. Monitoramento do conteúdo de água disponível no solo, pelo TDR HH2 DELTA DEVICES