

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

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA
(*Ricinus communis L.*) EM DIFERENTES AMBIENTES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

WILTON NUNES DE QUEIROZ

Campina Grande – Paraíba
Março – 2006

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

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA
(*Ricinus communis L.*) EM DIFERENTES AMBIENTES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

WILTON NUNES DE QUEIROZ

ORIENTADORES:

Prof. Dr. RENILSON TARGINO DANTAS

Prof. Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÉDO BELTRÃO

Campina Grande – Paraíba
Março – 2006

WILTON NUNES DE QUEIROZ

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA
(*Ricinus communis L.*) EM DIFERENTES AMBIENTES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Construções Rurais e Ambiência

**Campina Grande – Paraíba
Março – 2006**

SISTEMA DE BIBLIOTECA

ASSEMBLEIA DE REPRESENTANTES E CIDADÃOS

DE CAMPINA GRANDE

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

Q3c Queiroz, Wilton Nunes de
2006 Crescimento e desenvolvimento da mamoeira (*Ricinus communis* L.) em diferentes ambientes / Wilton Nunes de Queiroz. — Campina Grande, 2006. 65f. : il.

Referências.

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

Orientadores: Prof. Dr. Renilson Targino Dantas e Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão.

1— Carrapateira 2— Palma Cristhi 3 — Temperatura Noturna 4— Adubação Nitrogenada I — Título

CDU 633.85:582.757:504



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

WILTON NUNES DE QUEIROZ

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA (*Ricinus
Communis*) EM DIFERENTES AMBIENTES

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Renilson T. Dantas
Dr. Renilson Targino Dantas-Orientador

APROVADO

Napoleão E. de M. Beltrão S.
Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão-Orientador

APROVADO

José Fidelis Filho
Dr. José Fidelis Filho-Examinador

APROVADO

José Dantas Neto
Dr. José Dantas Neto-Examinador

APROVADO

MARÇO - 2006

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Antonio e Alzira

A minha irmã Uilma

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir o dom da vida;

Aos meus pais, Antonio Cardoso de Queiroz e Alzira Nunes de Queiroz, a minha irmã, Uilma Cardoso de Queiroz;

A Maria Isabel de Lima e Silva pela contribuição em coletar os dados;

A Gedson (Gordurinha) pela sua colaboração pratica no experimento;

Ao Centro Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos, durante este período;

Ao pesquisador e orientador do CNPA-EMBRAPA, Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão, pela valiosa e inestimável orientação para o meu conhecimento técnico e intelectual e sua amizade;

Ao professor Renilson Targino Dantas pela valiosa e inestimável orientação para o meu conhecimento técnico e intelectual e sua amizade;

A todos os funcionários do CNPA-EMBRAPA, pelo auxílio prestado nas análises de solos e demais atividades;

Aos professores e funcionários da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo ensino e amizade;

Finalmente, a todos aqueles que contribuem para conclusão deste trabalho.

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) EM DIFERENTES AMBIENTES

RESUMO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta de elevada tolerância à seca, é bastante sensível a diversos fatores entre eles o climático, geralmente este agente estressor leva a planta a sair da condição de normalidade do metabolismo. Sendo bastante escassas informações sobre o efeito do clima na fisiologia das plantas. Com isso objetivou-se verificar e quantificar os efeitos isolados e conjuntos dos fatores adubação nitrogenada, e temperatura noturna, com elevada umidade relativa do ar, simuladas em câmara de crescimento com controle amplo do ambiente, frente ao ambiente natural de Campina Grande, PB, município zoneado para o cultivo desta oleaginosa em regime de sequeiro no semi-árido brasileiro. O experimento foi conduzido em condições de ambiente natural e câmara de crescimento pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – CNPA EMBRAPA, em Campina Grande – PB, nos meses de Julho e Agosto de 2005. O delineamento experimental utilizado foi o de inteiramente ao acaso com quatro repetições e oito tratamentos, em distribuição fatorial, sendo os fatores quatro doses de Nitrogênio (0;60;120 e 180 kg/ha) e duas temperaturas noturnas alta (30°C) e baixa (21°C). Foram realizadas as análises de variância dos dados das variáveis de altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar e fitomassa total, matéria seca do caule, folha com pecíolo, fruto e raiz. Com base nos dados da altura para os dois ambientes, a temperatura noturna elevada reduziu o crescimento da plantas a partir dos 35 dias após emergência (DAE). O diâmetro caulinar para os dois fatores estudados, houve significância para as duas épocas (35 e 41 DAE) e não houve significância para as duas outras (19 e 26 DAE), indicando a independência entre os fatores estudados. Para o número de folhas só aos 19 DAE que não houve independência, enquanto que para as demais houve a dependência dos fatores. Na área foliar observou-se que não houve independência nos 26,35 e 41 DAE e que aos 19 DAE houve dependência. Na fitomassa total da folha com pecíolo e a raiz reagiram de maneira diferente a simulação do ambiente de alta temperatura. Na parte do caule o aumento foi maior tanto na primeira dose quanto na última e em relação aos frutos, só houve frutificação no ambiente natural. A adubação nitrogenada aumenta o crescimento das plantas, quase que independente dos ambientes.

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) EM DIFERENTES AMBIENTES

ABSTRACT

The castor bean tree (*Ricinus communis* L.) is a plant of raised tolerance to dries, it is sensitive enough to the diverse factors, among them the climatic one, generally that stressor agent takes the plant to leave the normality condition of the metabolism. Being sufficiently scarce information about the effect of the climate in the physiology of the plants. This way was it was objectified to verify and to quantify the isolated and joint effect of the factors nitrogen fertilization, and nocturnal temperature, with raised relative humidity of air, simulated in chamber of growth with ample control of the environment, front to the natural environment of Campina Grande – PB, the city zone ado for the culture of that oily plant in regimen of dry land on the half – barren Brazilian. The experiment was lead in conditions of natural environment and chamber of growth which belongs to the National Center of Research of Cotton – CNPA EMBRAPA, in Campina Grande – PB, among the months of July and August, in 2005. The used experiment delineation was of the sort with four repetitions and eight treatments, in factorial distribution, being the factors four nocturnal, dose of Nitrogen (0;60;120 e 180 kg of N/ha) and two temperatures (31°C) and low (21°C). It was realized the analyzes of variance of the data of the o variable of height of the plant, the caulinar diameter, total foliar area and fitomass, dry substance of stalk, leaf with petiole, fruit and root. Based on the data of the height for two environments, the raised nocturnal temperature reduced the growth of the plants from the 35 day emergency (DAE). The caulinar diameter, of two studied factors had significance for the two times (35 and 41 DAE) and there was not significance for the two others (19 and 26 DAE), indicating independence among the factors which were studied. For the number of leaves only to the 19 DAE there was not independence of the factors. On the foliar area it was observed that it did not get independence in the 26, 35 and 41 DAE and to the 19 DAE it got dependence. On the total fitomass of the leaf with petiole and the root they had reacted in different way to the simulation of high temperature. On the parts of stalk the increase was bigger in such a way in the first shot as on the last one, and in relation to the fruit, the fructification only happens in the natural environment. The nitrogen fertilization increases the growth of the plants, almost independent of environments.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS.....	12
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 A CULTURA DA MAMONEIRA	16
2.2 IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DA MAMONEIRA PARA O NORDESTE	17
2.3 ECOFISIOLOGIA DA MAMONEIRA	18
2.4 EFEITOS DO CLIMA NO CRESCIMENTO.....	19
2.6 PRECIPITACAO PLUVIAL.....	21
2.7 UMIDADE RELATIVA	21
2.8 ZONEAMENTO.....	22
2.9 NITROGÊNIO (N).....	23
3.0 FÓSFORO (P).....	24
3.1 POTÁSSIO (K).....	24
3.2 NUTRIÇÃO MINERAL DA MAMONEIRA.....	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 LOCAL.....	27
3.2 CULTIVAR.....	28
3.3 CARACTERISTICAS EXPERIMENTAIS.....	29
3.3.1 MATERIAL DO SOLO.....	29

3.3.2 ADUBAÇÃO.....	29
3.3.3 ÁGUA UTILIZADA.....	29
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	30
3.5 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1 ALTURA.....	35
4.2 DIAMETRO CAULINAR.....	42
4.3 NUMERO DE FOLHAS.....	46
4.4 AREA FOLIAR.....	52
4.5 FITOMASSA TOTAL.....	57
5. CONCLUSÕES.....	61
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

LISTA DE TABELAS

3.1 -	Valores médios descendiais de temperatura e Umidade Relativa do ar do Ambiente de Campina Grande, Embrapa-Algodão	28
3.2 -	Características físicas e químicas do solo.....	29
3.3 -	Características físicas e químicas da água usada na irrigação do experimento.....	30
4.1 -	Resumos das análises de variância da altura de planta (cm) nas várias épocas de avaliação (dias após emergência), em função dos fatores temperatura ambiente (T) de doses de Nitrogênio (D).....	36
4.2 -	Valores médios de altura de planta (cm) das épocas de avaliação, em função dos fatores ambiente natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio.....	37
4.3 -	Resumos das análises de variância do diâmetro caulinar (mm) nas várias épocas de avaliação (dias após emergência), em função dos fatores temperatura ambiente (T) de doses de Nitrogênio (D).....	42
4.4 -	Valores médios do diâmetro caulinar (mm) das épocas de avaliação, em função dos fatores ambiente natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio	43
4.5 -	Desdobramento da interação Ambientes (A) x Doses de Nitrogênio (D), da variável diâmetro caulinar (mm) por planta nos 35 e 41 dias da emergência das plântulas mamona, cultivar BRS Paraguaçu	44
4.6 -	Resumos das análises de variância do número de folhas nas várias épocas de avaliação (dias após emergência), em função dos fatores temperatura ambiente (T) de doses de Nitrogênio (D)	47
4.7 -	Valores médios do número de folhas das épocas de avaliação, em função dos fatores ambiente natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio	48

4.8 -	Desdobramento da interação Ambientes (A) x Doses de Nitrogênio (D), da variável número de folhas por planta nos 26,35 e 41 dias da emergência das plântulas mamona, cultivar BRS Paraguaçu	49
4.9 -	Resumos das análises de variância área foliar (cm ²) nas várias épocas de avaliação (dias após emergência), em função dos fatores temperatura ambiente (T) de doses de Nitrogênio (D).....	52
4.10 -	Valores médios de área foliar (cm ²) das épocas de avaliação, em função dos fatores ambiente natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio	53
4.11 -	Desdobramento da interação Ambientes (A) x Doses de Nitrogênio (D), da variável área foliar (cm ²) por planta nos 19 dias da emergência das plântulas mamona, cultivar BRS Paraguaçu	53
4.12 -	Resumos das análises de variância fitomassa do caule, folhas com pecíolo, fruto e raiz aos 60 dias após emergência	57
4.13 -	Valores médios da fitomassa total da folha com pecíolo e raiz aos 60 dias após emergência, em função dos fatores ambiente natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio	58
4.14 -	Desdobramento da interação Ambientes (A) x Doses de Nitrogênio (D), da variável fitomassa total do caule e do fruto nos 60 dias da emergência das plântulas mamona, BRS Paraguaçu	58

LISTA DE FIGURAS

3.1 -	Plantas condicionadas a temperatura na câmara de crescimento (a) e plantas condicionadas a temperatura em ambiente natural (b),PB 2005.....	32
3.2 -	Equipamentos usados na câmara de crescimento: (a) Sistema de Automação, (b) Psicômetro e (c) Termohigrográfo.....	33
4.1 -	Altura de planta (cm) após 44 dias da emergência, em função da temperatura,nos ambientes natural e câmara de crescimento	38
4.2 -	Análise da altura da planta (cm) após 44 dias da emergência, em função das doses de Nitrogênio	39
4.3 -	Plantas da mamona que receberam dosagens de nitrogênio (0;60;120 e 180 kg/ha) e permaneceram em condições do ambiente natural.....	39
4.4 -	Plantas da mamona que receberam dosagens de nitrogênio (0;60;120 e 180 kg/ha) e permaneceram em condições da Câmara de Crescimento.....	40
4.5 -	Detalhe da queima das folhas novas (a) e da região meristemática (b), mamona em condições de elevada temperatura noturna.....	41
4.6 -	Detalhe das folhas novas, mamona em condições naturais.....	41
4.7 -	Diâmetro caulinar da planta (mm) após 44 dias da emergência em função da temperatura,nos ambientes natural e câmara de crescimento	45
4.8 -	Análise do diâmetro caulinar da planta (cm) após 44ias de emergência, em função das doses de Nitrogênio	46
4.9 -	Plantas da mamona nas duas condições de ambiente testadas Campina Grande,PB, ambiente natural (ESQ) e ambiente simulado. Com temperatura noturna elevada, 30°C, tratamento (DIR), ambas 60 Kg/ ha.....	48

4.10 -	Número de folhas da planta (cm) após 44 dias da emergência, em função da temperatura, nos ambientes natural e câmara de crescimento	50
4.11 -	Análise o número de folhas da planta (cm) após 44 dias de emergência, em função das doses de Nitrogênio	51
4.12 -	Área foliar da planta (cm ²) após 44 dias da emergência, em função dos fatores temperatura, nos ambientes natural e câmara de crescimento	54
4.13 -	Análise da área foliar da planta (cm ²) após 44 dias da emergência, em função das doses de Nitrogênio	55
4.14 -	Vista detalhada das plantas de mamona, cultivar BRS Paraguaçu, cultivadas nas condições naturais de Campina Grande (a) e nas condições da câmara de crescimento (b).....	56
4.15 -	Observa-se na figura (a) as plantas da mamona que ficaram a noite na câmara de crescimento e na figura (b), observa-se detalhadamente que as plantas quase não frutificaram que estavam com temperatura média do ar elevada, a 30 °C e com umidade relativa do ar também elevada, a 70% sem orvalho e distintas	60
4.16 -	Observa-se na figura (a) as plantas da mamona que ficaram a noite no ambiente natural de Campina Grande e na figura (b), observa-se detalhadamente que todas as plantas entraram em processo de floração e frutificação.....	60

1. INTRODUÇÃO

Originária possivelmente da Etiópia e do Afeganistão, a mamoneira (*Ricinus communis* L.) é arbusto pertencente à família das Euforbiáceas, tendo sido introduzida aqui no Brasil pelos Portugueses, cujo fruto se extrai um óleo de excelentes propriedades, de largo uso como insumo industrial. Desde a antiguidade conhecida por suas propriedades medicinais, e como azeite para iluminação, deixou no século XX, ter na farmacopéia sua grande utilidade (COELHO, 1979).

Considerada como uma planta de elevada tolerância à seca, a mamoneira é muito comum no semi-árido brasileiro. Apesar de apresentar o seu fitossistema de elevado nível de organização morfológico, é bastante sensível a diversos fatores, entre eles o climático. De acordo com Larcher (2000) e Levitt (1972), geralmente o agente estressor leva a planta a sair da condição de normalidade do metabolismo e estabelecer um novo ponto de equilíbrio, sendo que a resposta da planta ao estresse, denomina-se "strain", ou seja, as mudanças morfofisiológicas que a planta estabelece para poder lutar contra o estresse e pelo menos sobreviver por algum tempo à condição estabelecida pelo agente estressor. Apresenta um forte sistema radicular que consegue atingir uma profundidade superior a três metros (POPOVA e MOSHKIN, 1986).

As baixas temperaturas não parecem causar prejuízos no fruto já maduro. Mas, temperatura de 10 °C é suficiente para comprometer muito a viabilidade do pólen, reduzindo a sua produção. A mamona exige uma estação quente e úmida para favorecer a fase vegetativa e uma estação pouco chuvosa ou seca para permitir condições favoráveis de maturação e colheita.

A falta de umidade no solo, mesmo na fase da maturação dos frutos, favorece a produção de sementes pouco pesadas e com baixo teor de óleo. Quando cultivada em solos mais profundos, cultivares que apresentam maior desenvolvimento da raiz principal tende a ter melhor desempenho no período de seca.

A altitude é um fator ambiental secundário que interfere com grande complexidade em vários outros fatores tais como temperatura, umidade relativa do ar, nebulosidade, orvalho (entrada de energia no sistema, ao contrário da evaporação e da transpiração), entre outros e algumas espécies são bem mais sensíveis do que as outras variações de altitude.

Apesar do zoneamento da mamona para a região Nordeste do Brasil, contemplar a altitude, que deve ser de pelo menos 400 metros, além da precipitação pluvial, mínima de 500 mm/ano, com pelo menos quatro meses de chuvas, e temperatura média do ar entre 20 e 30 °C, há escassez de informações sobre os efeitos da temperatura noturna e da umidade relativa do ar a noite no metabolismo e crescimento desta espécie, principalmente das novas cultivares, como é o caso da BRS Paraguaçu, recomendada pela Embrapa para o plantio em todo semi-árido, nos municípios zoneados.

Com este trabalho, objetivou-se verificar e quantificar os efeitos isolados e conjuntos dos fatores adubação nitrogenada, e temperatura noturna, com elevada umidade relativa do ar, simulação em câmara de crescimento com controle amplo do ambiente, frente ao ambiente natural de Campina Grande, PB, município zoneado para o cultivo desta oleaginosa em regime de sequeiro no semi-árido brasileiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA MAMONEIRA

A mamoneira (*Ricinus Communis* L.) é uma planta de origem tropical, oleaginosa bastante resistente à seca, heliófila, pertencente à família das Euforbiáceas. No Brasil, a mamona é conhecida como mamoneira, rícino, carrapateira e palma-criste; na Inglaterra e Estados Unidos, pelo nome de "castor beans" e "castor seed". Requer pelo menos 500 mm de chuvas para o seu crescimento e desenvolvimento. A temperatura do ar deve estar entre 20 e 30° C, de preferência com altitude superior a 400m, para o seu ótimo ecológico (BELTRÃO, 2001). Mesmo sendo uma cultura tropical equatorial, seu cultivo tem sido intensificado fora até mesmo dos trópicos e subtropicais. Nas regiões tropicais, equatoriais, geralmente cultivam-se variedades arbóreas e nas regiões subtropicais e temperadas, variedades anãs e precoces.

O Brasil já foi há cerca de 30 anos, o maior produtor mundial de mamona, que produz em suas sementes um óleo de qualidade singular, sendo base para produção de centenas de produtos manufaturados (BELTRÃO e QUEIROZ, 2005). Nos países à oferta ambiental (zoneamento agroecológico) é fundamental para esta cultura, com 406 municípios considerados aptos, sem restrições para o seu cultivo (EMBRAPA, 1999).

A cultura da mamona possui boa capacidade de adaptação, e é encontrada, em nosso país vegetando desde o Rio Grande do Sul até a Amazônia. Por se tratar de uma planta tolerante à seca e exigente ao calor e luminosidade, está disseminada por quase todo o Nordeste, cujas condições climáticas são adequadas ao seu desenvolvimento.

2.2 IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DA MAMONEIRA PARA O NORDESTE

A mamoneira reveste-se de elevada importância para o Nordeste brasileiro, em especial, para o semi-árido, por ser de fácil cultivo, além de proporcionar ocupação e renda, sendo bastante usada por pequenos produtores (BELTRÃO et al, 2003). A Bahia, apresenta-se atualmente com a maior produtividade a nível de Nordeste, sendo mil Kg/ha, e em seguida está o Ceará com oitocentos e quarenta Kg/ha (CONAB, 2005).

A cultura da mamoneira tem como principal componente a ricino, cujo fruto apresenta óleo de excelentes propriedades, e de grande importância para a comercialização. Da sua industrialização, produz, como principal produto, a extração do óleo das sementes desta oleaginosa, e como subproduto, a torta da mamona, que pode ser utilizada, como alimento de animal, aproveitando o alto teor de proteínas, apesar, de não estar sendo possível, até o momento, devido à presença de elementos tóxicos e alergênicos tornando inviável essa alternativa (SEVERINO, 2005). A mamona, também, ser utilizada como fertilizante orgânico, por ter uma excelente fonte de nitrogênio, além de apresentar propriedades inseticidas e nematicida (DIRECTORATE OF OILSEEDS RESEARCH, 2001).

Esta cultura reveste-se de importância pelas várias aplicações que o seu óleo encontra no mundo moderno. O óleo é empregado, depois de desidratado, como fisicativo na fabricação de tintas e protetores ou isolantes. Também serve como lubrificante, na aeronáutica, sendo o melhor óleo para lubrificação de motores a jato, e como fluido nas instalações hidráulicas. Além de usado como base para a manufatura da maioria dos cosméticos e de muitos tipos de drogas farmacêuticas. Uma das aplicações de grande valor econômico do óleo de mamona é na fabricação do nylon e da matéria plástica onde o seu emprego é importantíssimo. Em vista das inúmeras e importantes aplicações do óleo de mamona, o seu consumo interno aumentou consideravelmente nestes últimos anos, daí a necessidade do aumento da área de plantio, e consolidar a posição de maior produtor mundial de mamona. A distribuição geográfica da mamoneira é extensa, sendo encontrada em estado espontâneo ou cultivada, em quase todas

as zonas tropicais e subtropicais do mundo. Os principais produtores de mamona são o Brasil e a Índia, sendo esta, produtora milenar da oleaginosa, absorvendo o seu consumo interno 50% da sua produção (CRIAR E PLANTAR, 2005).

É composta de sensores hormonais, que controlam as reações da planta às variações do ambiente, dependente para seu crescimento e desenvolvimento, e assim para a sua capacidade de produção, podendo chegar a mais de 8,5 t de bagas/há (CANECCHIO FILHO, 1954), dos fatores do meio, em especial do clima, elementos primários (radiação solar, luz, temperatura, umidade relativa do ar e outros), secundários (altitude, orvalho, etc) e do ambiente edáfico, envolvendo fatores físicos, químicos, bioquímicos e biológicos. O clima determina em última instância, a distribuição das espécies na Terra e condiciona o ordenamento territorial de cada planta cultivada, que envolve o zoneamento agroecológico (AMORIM NETO et al, 2001).

2.3 ECOFISIOLOGIA DA MAMONEIRA

A mamoneira tem crescimento do tipo indeterminado no sentido da emissão de inflorescência de várias ordens e idades fisiológicas, o que inclusive traz problemas na produção mecanizada, em especial em cultivares que tem frutos deiscentes, que abrem na maturidade (BELTRAO, 2003). A haste principal cresce verticalmente sem ramificações até o surgimento da primeira inflorescência, que tem a denominação depois da fecundação das flores em cacho ou racemo, com um numero variável de frutos, dependendo da cultivar e do ambiente (fertilidade do solo, precipitação pluvial, temperatura, pragas, doenças, etc). O nó, no qual o primeiro racemo aparece é uma importante característica agrônômica, associada a maturidade da planta. O ramo lateral surge, cresce e se desenvolve da axila da última folha, logo abaixo de cada inflorescência.

A estrutura da planta da mamoneira é complexa pois mesmo dentro de cada ano, a maturidade é desuniforme e a cultura pode recrescer, dependendo das condições do ambiente (MOSHKIN, 1986). Desta forma mesmo terminando a maturidade, a planta (algumas de suas partes) continua crescendo e assim não há

determinação do período vegetativo, nem reprodutivo, e a maturação depende da ordem de cada cacho das plantas.

2.4 EFEITOS DO CLIMA NO CRESCIMENTO

A mamoneira originária de região tropical, exige clima tropical ou subtropical com chuvas abundantes e bem distribuídas durante o período de desenvolvimento. Na fase de maturação e colheita, porém, deve haver escassez ou mesmo falta de chuva. O excesso de umidade é prejudicial a qualquer período da cultura (BELTRÃO, 2003).

Uma quantidade de calor suficiente, mas não excessiva, é um pré-requisito básico para a vida. Cada processo vital é ajustado dentro de uma faixa de temperatura, mas o ótimo crescimento só pode ser alcançado se os diversos processos envolvidos no metabolismo e no desenvolvimento estiverem em harmonia uns com os outros (LARCHER, 2000). Ainda segundo o autor, a temperatura do ar tem uma influência indireta sobre o crescimento e sobre o curso do desenvolvimento e um efeito direto via processos regulatórios.

2.5 TEMPERATURA

A temperatura do ar tem grande importância no desenvolvimento e crescimento de espécies vegetais cultivadas, devido ao seu efeito na velocidade das reações bioquímicas e dos processos internos de transporte. Esses processos ocorrem de forma adequada somente entre certos limites térmicos. Sendo a tolerância aos níveis de temperatura variável entre as espécies e variedades (SOUZA et al, 2003). A temperatura do ar exerce influência decisiva no crescimento das plantas, à medida que a temperatura se afasta da faixa específica ótima, alongação é inibida, chegando a cessar completamente quando certo limite (máximo ou mínimo) é atingido (VAREJÃO, 2001).

A variação diária da temperatura influi na fotossíntese e na respiração dos vegetais (MAGALHÃES, 1983). A taxa fotossintética freqüentemente apresenta

desempenho segundo diferentes faixas de temperatura do ar, podendo ter uma redução significativa para temperaturas acima de 35°C. A respiração vegetal tem sua taxa dobrada com um aumento de 10°C na temperatura do ar. Acima de 45°C ocorre um declínio acentuado na respiração devido ao dano no mecanismo da planta. Portanto o ganho líquido na produção de matéria seca (fotossíntese – respiração) varia com a temperatura, pois esta influencia na divisão e alongamento celulares e formação de flores (MOTA, 1989).

Durante o dia as plantas fotossintetizam e respiram, produzindo e consumindo biomassa. Durante a noite não existe ganho pela fotossíntese, verificando apenas consumo de biomassa pela respiração. Portanto, quanto maior for a temperatura noturna, maior serão as perdas em função da maior respiração. Os lugares de clima frio não são, pois, indicados para essa oleaginosa, pois a quantidade de calor influi na produção e rendimento em óleo. Nos lugares de clima frio, a produção pode se tornar anti-econômica (BELTRÃO, 2003). Quanto maior for a temperatura noturna, maior serão as perdas em função da maior respiração. Portanto localidades com temperaturas mais baixas no período noturno tendem a ter uma maior taxa de fotossíntese líquida (SOUZA et al, 2003). Já, temperaturas muito elevadas, superiores a 40 °C provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução substancial do teor de óleo nas sementes (BELTRÃO & SILVA, 1999). As baixas temperaturas retardam a germinação, prolongando a permanência das sementes no solo, o que favorece o ataque de microorganismos e insetos (TÁVORA, 1982).

O efeito da temperatura sobre a germinação tem especial importância para a ecologia de populações. Para os esporos e as sementes serem capazes de germinar, suas “temperaturas cardinais” devem corresponder às condições externas que asseguram um desenvolvimento suficientemente rápido para as plantas jovens (LARCHER, 2000). Logo, a temperatura é considerada a mais conveniente ao desenvolvimento da planta e maturação dos frutos, a que está entre 20 e 30 °C. Uma vez iniciada a germinação, a temperatura precisa manter-se acima de 12°C, embora a planta seja resistente, só morrendo a temperaturas de 3 a 5°C abaixo de zero (BELTRÃO, 2003).

2.6 PRECIPITACAO PLUVIAL

A mamoneira exige um mínimo de 500 mm de chuvas anuais, desde que bem distribuída por todo o período vegetativo, abaixo desse limite, geralmente necessita de irrigação.

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior variabilidade tanto em quantidade quanto em distribuição mensal e anual de uma região para outra (ALMEIDA, 2001). No que refere aos recursos hídricos, por exemplo, é essencial saber-se com relativa antecedência como a precipitação se comportará, pois o sucesso nas atividades agrícolas está diretamente ligado aos seus níveis (SMITH, 2000).

2.7 UMIDADE RELATIVA

O ar atmosférico sempre contém quantidade variável de vapor de água conforme a temperatura, região, estação, etc. Esse vapor, resultante da evaporação das águas dos mares, rios e lagos, sobretudo pela ação do calor solar, sobe na atmosfera e passa a fazer parte de sua composição. Devem-se ao vapor de água diversos fenômenos relevantes na vida de animais e plantas, como a chuva, neve, etc.

A quantidade de vapor d'água necessária para saturar um volume aumenta com a temperatura. A temperatura em que o vapor d'água fica saturado chama-se ponto de orvalho. No inverno rigoroso, ao ar livre, o ar que você expira é tão úmido que, esfriando-se bastante, pode ficar abaixo do ponto de orvalho. Então ele se condensa formando uma névoa. No frio do inverno o ar pode conter pouca umidade; seu ponto de orvalho é baixo. No verão o ar pode conter mais vapor d'água; portanto seu ponto de orvalho é mais alto. Algumas vezes, no inverno, e mesmo no verão (em dias úmidos e chuvosos), o vapor d'água do ar se condensa nos vidros dos automóveis, por dentro, impedindo a boa visibilidade.

Os valores da umidade relativa normalmente encontrados próximo à superfície da terra estão em torno de 60%; já em um deserto, onde a temperatura sobe, por vezes, a valores maiores que 45° C, a umidade relativa é de apenas 15%. O seu conforto depende da temperatura do ar como de sua umidade relativa (SILVA, 2006).

O excesso de umidade é inteiramente desfavorável à cultura e durante a frutificação, quando, quase sempre, provoca o aparecimento de moléstias, onde, no início da cultura, provocam a morte de muitas plantinhas, durante a frutificação, a má formação dos frutos, em ambos os casos reduzindo seriamente a produção. Durante a fase de maturação dos frutos deve faltar umidade, para que ela se processe normalmente, e a colheita se faça em tempo seco (BELTRÃO, 2003).

2.8 ZONEAMENTO

A indicação dos municípios recomendados para o plantio da mamoneira (Zoneamento Agrícola) é feita com base em três critérios: altitude entre 300 e 1.500m sobre o nível do mar, precipitação pluviométrica de pelo menos 500 mm, temperatura média do ar entre 20 e 30°C. O município de Campina Grande a melhor época de plantio é de abril a maio.

A inclusão de um município no Zoneamento Agrícola não é garantia da obtenção de boas produtividades e também não significa que os municípios não incluídos estejam proibidos de plantar mamona. O Zoneamento Agrícola apenas aponta os locais onde esta espécie tem potencial para expressar seu potencial produtivo. O Zoneamento Agrícola é continuamente aperfeiçoado de forma a incluir as inovações tecnológicas, avanços científicos, novas cultivares etc.

Em zoneamentos de aptidão climática das culturas, por exemplo, as informações das condições térmicas regionais são elementos imprescindíveis e sua escassez sobre os dados meteorológicos em grandes áreas limita, muitas vezes, estudos suficientemente detalhados sobre os tipos climáticos de grande parte do território nacional (SEDYAMA & MELO JÚNIOR, 1998). O Nordeste

brasileiro se depara com esta situação, em que a falta e a má distribuição de estações meteorológicas, inclusive naquelas onde a agricultura e a pecuária se configuram como principais atividades econômicas, tomando inviável o planejamento agropecuário.

A Paraíba apresenta boas condições para o cultivo da mamona, sendo também base para a produção do biodiesel, devido à temperatura climática da região. Já foram identificados, no Estado, mais de 100 municípios aptos a exploração agrícola da mamoeira. A área do território paraibano apropriada para o cultivo da mamona mede em torno de 200 mil hectares estimados, nos 100 municípios, em várias regiões do Estado, a que se limita a probabilidade de sucesso econômico. O plantio não é feito de forma aleatória e, portanto, segue um calendário e um zoneamento agrícola em que estão especificados área e período adequados para a plantação (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2006).

2.9 NITROGÊNIO (N)

O nitrogênio (N) é um dos elementos mais limitantes no desenvolvimento das plantas. Favorece a brotação, faz com que sua planta fique repleta de folhas, com um verde saudável e vivaz (GALLO, 2006). Sendo um nutriente móvel. Segundo Morgan, 2006, o nitrogênio é o quarto elemento mais abundante nas plantas, sendo superado apenas pelo carbono, pelo oxigênio e pelo hidrogênio. Constituinte essencial de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, hormônios e clorofila, entre outras moléculas. A maioria das plantas obtém o nitrogênio do solo sob a forma de íon nitrato (NO_3^-), havendo algumas que o absorvem sob a forma de íon amônio (NH_4^+). O nitrogênio pode ser um nutriente crítico para as plantas porque seu suprimento no solo é limitado e, além disso, ele também é utilizado pelos microrganismos que habitam esse solo. Os átomos encontram-se unidos de uma maneira muito estável na molécula de nitrogênio e por esse motivo para que o nitrogênio possa ser convertido a uma

forma assimilável é necessário o fornecimento de temperatura e pressão muito elevadas (fixação industrial) ou a presença de um sistema enzimático apropriado (fixação biológica). O ar atmosférico também possui nitrogênio. A carência deste nutriente, reduz o crescimento foliar, provoca a clorose foliar. Os ramos caulinares ficam púrpuras ou vermelhos, localizando-se inicialmente os sintomas em partes velhas da planta.

3.0 FÓSFORO (P)

O Fósforo é importante para o enraizamento das plantas, formação e fecundação das flores, fixação dos frutos e formação das sementes. Quando há deficiência de Fósforo ocorre um atraso no desenvolvimento das plantas, há queda prematura das folhas, diminuição do número e tamanho dos botões florais, atraso no florescimento e diminuição da frutificação. Quando se aplica Fósforo via folha se obtém grandes respostas da planta. A carência de fósforo reduz o crescimento caulinar e radicular e provoca o aparecimento de áreas necróticas nas folhas e pecíolos, células que deixaram de conseguir fazer o seu metabolismo e morreram. As folhas jovens têm tendência para escurecer ou ficar verde-azuladas, enquanto que as mais velhas ficam vermelhas. Numa fase inicial, os sintomas acentuam-se nas partes mais velhas da planta. O fósforo também auxilia as raízes e plântulas a se desenvolverem mais rapidamente, aumenta a resistência ao frio, stress hídrico e doenças (LOPES,1998).

3.1 POTÁSSIO (K)

Ativa as enzimas que atuam na fotossíntese e respiração, auxilia a formação de amidos e açúcares, dá vigor às plantas, aumentando-lhes a resistência, melhora a qualidade dos frutos, promove maiores colheitas e melhor desenvolvimento dos grãos e sementes. O potássio é absorvido na forma iônica

(K⁺) e conduzido à parte aérea pelo xilema e também pelo floema na mesma forma; a redistribuição interna pelo segundo sistema de vasos é bastante fácil. O potássio se transloca das folhas mais velhas para as mais novas, para as regiões de crescimento, como para o fruto em desenvolvimento. Uma vez dentro da célula da planta o potássio exerce numerosas funções, sem as quais a planta não vive. O papel principal do potássio nas plantas é ativar enzimas, sendo que mais de 50 enzimas são dependentes do potássio para sua atividade normal (FAQUIN, 1994). Em plantas deficientes em potássio, algumas mudanças químicas são observadas, como o acúmulo de carboidratos solúveis, decréscimo no nível de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis (aminoácidos, amidas e nitrato), com menor síntese de proteínas. A nutrição potássica também está ligada à regulação do potencial osmótico das células das plantas e a expansão celular. A abertura e fechamento dos estômatos dependem de um ótimo turgor celular, e para tal o potássio é indispensável (FAQUIN, 1994). Tem-se atribuído também ao potássio a função de aumentar a tolerância das plantas à seca e geada; verifica-se também que o potássio aumenta a resistência das plantas a algumas doenças e ao acamamento.

3.2 NUTRIÇÃO MINERAL DA MAMONEIRA

A mamoneira é uma planta exigente em nutrientes, tendo as sementes elevadas concentrações de óleo e proteínas, o que conduz a uma demanda razoável por elementos essenciais, especialmente nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio. Para uma produtividade de 2000 kg/ha de sementes ela retira do solo as seguintes quantidades de nutrientes: 80 kg de nitrogênio (N), 18 kg de pentóxido de fósforo (P₂O₅), 32 kg de óxido de potássio (K₂O), 12 kg de óxido de Cálcio (CaO) e 10 kg de óxido de magnésio (MgO). Por isso seu cultivo deve ser feito em solos com boa fertilidade natural ou com suprimento de fertilizantes orgânicos ou minerais para produzir bem. O ideal é que se proceda à análise do solo antes do plantio, para que a adubação e a calagem sejam a melhor possível.

A adubação da mamoneira é pouco estudada no Brasil, principalmente nos estados do Nordeste, principal região produtora, e nos cerrados do Centro-Oeste, região onde a cultura é emergente. Em geral necessita-se aplicar cerca de 2,0 t/ha de calcário dois a três meses antes do plantio e manter o solo com o pH próximo da neutralidade. Para um melhor aproveitamento da adubação, em função do espaçamento recomendado, deve-se dividir a quantidade total dos fertilizantes pelo número de covas/ha e assim colocar a quantidade por cova, no caso do pequeno produtor com o plantio manual e uso de cultivares de porte mais alto, como é o caso da BRS 149 Nordestina, para a qual se usa o espaçamento de 3m x 1m, com 3.333 plantas por hectare. Essa recomendação, contudo, não se aplica quando se planta cultivares de porte anão ou baixo, em espaçamentos mais adensados, ou quando se faz a adubação com máquinas (BELTRÃO, 2006).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL

O experimento foi conduzido em condições de ambiente natural e câmara de crescimento pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – CNPA EMBRAPA, em Campina Grande – PB, nos meses de Julho e Agosto de 2005.

A cidade de Campina Grande está localizada no Estado da Paraíba – mesorregião do Agreste Paraibano, zona oriental e trecho mais escarpado do Planalto da Serra da Borborema. Suavemente ondulada, a topografia do Município apresenta um relevo com curvas de nível variando entre 500 m e 600 m acima do nível médio de mar. As coordenadas geográficas são de 7°13'50" S de latitude, 35°52'52' W de longitude e 551 m de altitude (DAMASCENO, 2006).

De acordo com a classificação climática de Koeppen, o clima da região é AWi, caracterizado como clima tropical chuvoso (megatérmico) com total anual médio de chuva (P) em torno de 750 mm, e temperatura do ar média mensal em todos os meses superior a 18 °C, em que a estação seca se translada do outono para o inverno.

Já em relação à câmara de crescimento, trata-se de uma estrutura coberta de alvenaria, revestida de isopor com duas bancadas também de alvenaria, contendo dois aparelhos de ar condicionado. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior da câmara de crescimento, foram obtidos por um termohigrográfo. As informações das condições ambientais correspondem a valores descendiais e está representado na Tabela 3.1, referente às épocas da realização de todo o experimento.

TABELA 3.1 – Valores Médios Descendiais de Temperatura e Umidade Relativa do ar do Ambiente de Campina Grande, Embrapa Algodão.

DATAS	Temp. 09 hs	Temp. 15 hs	Temp. 21 hs	Temp. Mx	Temp. mm	Temp. Média
01-10/07/05	21,8	24,5	21,0	25,2	18,4	21,5
11-20/07/05	22,1	24,5	20,2	25,5	17,9	21,2
21-31/07/05	21,5	24,8	20,5	25,9	17,6	21,2
01-10/08/05	21,5	24,2	19,8	25,2	17,4	20,8
11-20/08/05	21,6	24,5	20,1	25,9	18,2	21,2

DATAS	U.R. 09 hs	U.R. 15 hs	U.R. 21 hs	U.R. Média
01-10/07/05	86	85	93	87
11-20/07/05	80	67	88	81
21-31/07/05	80	66	84	79
01-10/08/05	83	70	92	84
11-20/08/05	85	69	90	83

Na câmara de crescimento a Temperatura média durante todo o experimento foi constante a 30°C e a Umidade Relativa também foi constante a 70%, no período de 17 horas da tarde a 5 horas da manhã.

3.2 CULTIVAR

A cultura utilizada foi a BRS Paraguaçu, antes denominada, BRS 188 PARAGUAÇU, da mamoneira, tem uma altura média de 1,60m, caule de coloração roxa, com cera, racemo oval, frutos semideiscentes e sementes de coloração preta, essa variável tem a floração do primeiro racemo aos 40 dias, o peso médio de 100 sementes é de 71g, o teor médio de óleo na semente é de 47,72% e a produtividade média, sem adubação e em condições de sequeiro, é de 1500 kg/ha, nas condições semi –áridas do Nordeste (EMBRAPA,1999)

3.3 CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTAIS

3.3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo utilizado apresenta textura arenosa, identificado como NEO-SOLO REGOLÍTICO, foi proveniente do município de Lagoa Seca - PB, coletado nas instalações da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), e caracterizado química e fisicamente na EMBRAPA/Algodão via laboratório de solos.

TABELA 3.2: Características químicas do solo.

PH H ₂ O	Complexo Sortivo (mmol _c /dm ³)							%	mmol _c /dm ³	mg/dm ³	g/kg
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H + Al	Total				
1:2,5								V	Al ⁺³	P	M.O
5,4	3,5	3,1	0,6	3,9	11,1	11,6	22,7	49	2,5	2,1	3,4

Fonte: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, EMBRAPA

3.3.2 ADUBAÇÃO

Ao material do solo foi incorporada uma adubação orgânica, com esterco bovino na proporção de um para quatro do material do solo.

Todas as plantas receberam adubação mineral, composta de Nitrogênio nos níveis (0;60;120;180 kg/ha), de acordo com os tratamentos; e Fósforo (P) e Potássio (K) (60;60 kg/ha), aplicadas na fundação. Utilizou-se as seguintes fontes minerais: Sulfato de Amônio, Super Fosfato Triplo e Cloreto de Potássio.

3.3.3 ÁGUA UTILIZADA

A água usada como irrigação para as plantas da mamoneira, foi de abastecimento local e submetida á caracterização física e química no Laboratório Saneamento Ambiental (AESAs) do Departamento de Engenharia Civil (UFCG), de

acordo com os métodos analíticos (APHA, 1998), cujas variáveis e valores estão apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Características físicas e químicas da água usada na irrigação do experimento.

CARACTERIZAÇÕES	DETERMINAÇÕES	UNIDADES	VALORES
<i>Física</i>	<i>Condutividade Elétrica</i>	$\mu\text{ohm}\&\text{cm}$	460
	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>		8,45
	<i>Sódio (Na⁺)</i>		527,3
	<i>Potássio (K⁺)</i>		3,86
	<i>Cálcio (Ca⁺²)</i>		19,91
<i>Químicas</i>	<i>Magnésio (Mg⁺²)</i>	<i>mg/l</i>	7,2
	<i>Bicarbonato (HCO₃⁻)</i>		79,3
	<i>Carbonato (CO₃⁻)</i>		Ausente
	<i>Cloro (Cl⁻)</i>		20,8
	<i>Amônia (NH₄⁺)</i>		0,57
	<i>Nitrato (NO₃⁻)</i>		0,94

Fonte: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, EMBRAPA

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e oito tratamentos, em distribuição fatorial, sendo os fatores quatro doses de Nitrogênio (0;60;120;180 kg/ha) e duas temperaturas noturnas alta (30°C) e baixa (21°C).

Foram realizadas as análises de variância dos dados das variáveis de altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar e fitomassa total (frutos, raiz folha com pecíolo) e as comparações de médias pelo teste de Tukey com nível de 1% e 5% de probabilidade, com o programa ESTAT para o fator qualitativo, tipos de ambiente e regressão para o fator quantitativo, doses de nitrogênio. O desdobramento da interação foi utilizado em todas as variáveis que foram significativas.

3.5 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Cada unidade experimental foi constituída de um vaso de plástico com capacidade de 15 litros e furados na parte inferior. No interior da cada vaso foi colocado uma camada de cascalho para facilitar a drenagem e lixiviação.

Após o enchimento dos vasos com solo e adubo orgânico, aplicou-se uma irrigação em todas as unidades, na tentativa de deixar as unidades com a umidade do solo próxima da capacidade de campo.

A sementeira foi realizada numa profundidade de 2,0 cm, utilizando-se cinco sementes em cada vaso, onde, desbastou-se uma planta por vaso aos doze dias após a emergência.

Foram utilizadas quatro dosagens de Nitrogênio, 0;60;120 e 180 Kg/ha, aplicadas em três etapas: na fundação, aos vinte dias e aos trinta dias, para cada dosagem;o fósforo e o potássio foram aplicados apenas uma vez na fundação.

Foram testadas duas temperaturas noturnas, sendo uma delas Campina Grande à 551m em relação a nível médio do mar e a outra simulada em câmara de crescimento. As plantas ficavam o dia inteiro em condições de ambiente natural, a partir das dezessete horas, eram transferidas para a câmara de crescimento e acondicionadas a uma temperatura e umidade mais elevada (30°C e 70%), como pode ser observadas na Figura 3.1 (a), sendo removidas ao ambiente normal às cinco horas do dia seguinte. Enquanto as plantas ficavam em ambiente natural numa temperatura mais baixa (21°C), mostradas na Figura 3.1 (b).



(a)



(b)

Figura 3.1: Plantas condicionadas a temperatura na câmara de crescimento (a) e plantas condicionadas a temperatura em ambiente natural (b), PB,2005.

A temperatura na câmara de crescimento era regulada por um sistema de automação, localizado na parte externa da câmara de crescimento, mostrado na Figura 3.2. Onde internamente, ficava um psicômetro e um termohigrográfo, mostrada na figura 3.2.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2: Equipamentos usados na câmara de crescimento: (a) Sistema de Automação, (b) Psicômetro e (c) Termohigrográfo.

Semanalmente, foram avaliadas as seguintes variáveis de crescimento: número de folhas, diâmetro do caule, altura de planta e área foliar. O diâmetro foi determinado com paquímetro e a altura com régua milimetrada. A área foliar foi obtida através do modelo teórico e equação ajustadas para estimativa da mesma (SEVERINO et al, 2004):

$$S = \alpha(L + P)^\beta \dots(1)$$

Em que:

S = área foliar,

L = largura da folha,

P = comprimento da nervura principal,

$\alpha = 0,2398$,

$\beta = 1,9259$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ALTURA

Na Tabela 4.1, encontra-se o resumo de análise de variância obtidos para a variável altura de plantas em varias épocas a partir da emergência das plântulas de mamona, submetidas às duas condições de ambiente de Campina Grande, com temperaturas noturnas amenas, em torno de 21°C, condição denominada de ambiente natural e simulação da temperatura do litoral, média do ar, com 30°C, plantas colocada em Câmara de Crescimento com controle de temperatura, luz e umidade relativa do ar e quatro doses de nitrogênio. Verificou-se efeitos significativos para o fator temperatura isoladamente, pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade e não significância em todas as épocas para o fator dose de nitrogênio pelo mesmo teste e nível de probabilidade para a interação entre os fatores, denotando a independência entre eles para a cultivar utilizada, BRS Paraguaçu e condições experimentais, informadas no material e métodos deste trabalho. Os baixos coeficientes de variação obtidos refletem a boa precisão experimental verificada no ensaio, todos abaixo de 10%, o que salienta que a variação dentro dos tratamentos foi mínima.

TABELA 4.1 – Resumos das análises de variância da altura de planta (cm) nas várias épocas de avaliação (dias após emergência), em função dos fatores temperatura ambiente (T) e doses de Nitrogênio (D).

Fatores	GL	Quadrado médio			
		Épocas de avaliação(dias após emergência)			
		19	26	35	41
Temperatura (T)	1	0,1418 ^{ns}	5,9254 ^{ns}	178,4633 **	623,0450 **
Doses (D)	3	86,9625 **	117,7297 **	198,5285 **	238,9742 **
T x D	3	10,4033 ^{ns}	13,4250 ^{ns}	28,0350 ^{ns}	23,5125 ^{ns}
Tratamentos	7	41,7485	57,0557	122,5934	201,5007
Blocos	3	3,3884 ^{ns}	0,8444 ^{ns}	6,1334 ^{ns}	13,5325 ^{ns}
Resíduos	21	5,9751	9,311	17,1271	21,3473
CV (%)		7,94	8,09	9,02	8,98

ns : Não significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade

** : Significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade.

* : Significativo pelo teste F a nível de 5 % de probabilidade.

Considerando as médias dos tratamentos por fator estudado, na Tabela 4.2 pode ser verificados os resultados obtidos para a variável altura de plantas que é um instrumento de avaliação do crescimento das plantas superiores, conforme é evidenciado por Street e OpiK (1974). Já o fator ambiente, é muito complexo, pois é uma função de variáveis múltiplas, com diversos fatores isolados combinados atuando em conjunto, obedecendo aos princípios mesológicos, em especial a lei do mínimo e o holocenotismo ambiental. Verifica-se na Tabela 4.2 que a temperatura noturna elevada reduziu o crescimento das plantas a partir da terceira época de avaliação, quando o crescimento das mesmas começou a ter taxas maiores. A temperatura média do ar requerida para a mamoneira crescer e se desenvolver bem é em torno de 23°C, conforme informações de Moshkin (1986). E com baixa umidade relativa do ar, em torno de 50 a 60 % (WEISS, 1983). Considerando o fator doses de nitrogênio, verifica-se na Tabela 4.2 que mesmo na menor dose, 60 Kg/ha, em todas as avaliações ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos adubados e a testemunha, sem adubação, independente da condição do ambiente onde as plantas estavam submetidas.

TABELA 4.2 – Valores médios de altura de planta (cm) das épocas de avaliação, em função dos fatores ambientes natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio.

Fatores	Épocas de Avaliação (dias após emergência)			
	19	26	35	41
Temperatura (°C)				
<i>Ambiente 1: Campina Grande</i>	30,71 a	38,11 a	48,23 a	55,85 a
<i>Ambiente 2: Câmara de Crescimento</i>	30,84 a	37,25 a	43,51 b	47,02 b
Doses de Nitrogênio (kg/ha)				
0	26,74 c	32,62 c	38,99 b	43,50 b
60	31,77 ab	38,56 ab	46,44 a	52,62 a
120	30,00 bc	37,64 b	47,17 a	53,71 a
180	34,61 a	41,90 a	50,87 a	55,91 a
Média Geral	30,78	37,68	45,87	51,44

Para cada fator e coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a nível de 1% de probabilidade.

Na Figura 4.1 observa-se que foi crescente linear o aumento na altura de planta, no intervalo considerado, o que era esperado para a cultivar em uso e nos períodos de avaliação. As diferenças obtidas foram aumentando após aos 23 dias após a emergência, onde as plantas em condições de ambiente tiveram um aumento considerado satisfatório enquanto que na condição simulada a seu aumento foi menor.

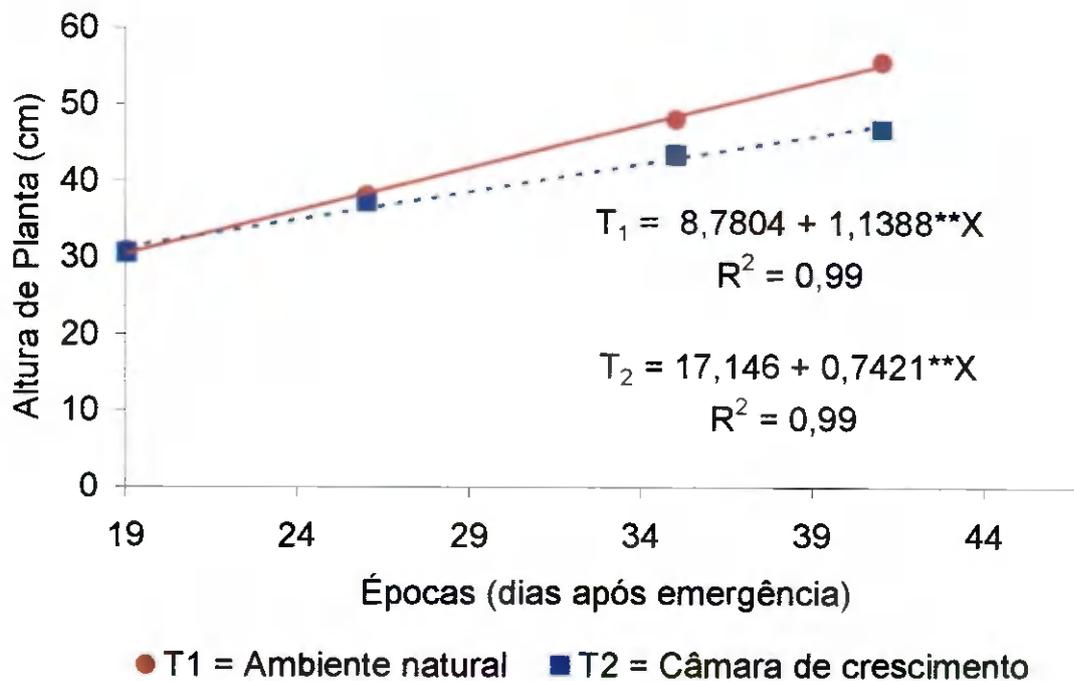


Figura 4.1 – Altura de planta (cm) até 44 dias da emergência em função da temperatura, nos ambientes natural e câmara de crescimento.

No tocante aos efeitos quantitativos das doses de adubação da variável altura de plantas, verifica-se na Figura 4.2 que esta foi crescente a medida com o tempo e o crescimento linear (Figura 4.3 e Figura 4.4), no intervalo considerado, o que era esperado para a cultivar em uso e nos períodos de avaliação. As diferenças obtidas foram devidas ao fator adubação, sendo bem menor em todas as épocas de avaliação na testemunha sem fertilização no solo, o que era também esperado, apesar do ambiente edáfico ter sido muito pobre em nutrientes, conforme pode ser observado na Tabela 3.2 (análise do solo), em especial no tocante ao nitrogênio, elemento de vital importância para o crescimento e o desenvolvimento das plantas superiores, caso da mamoneira.

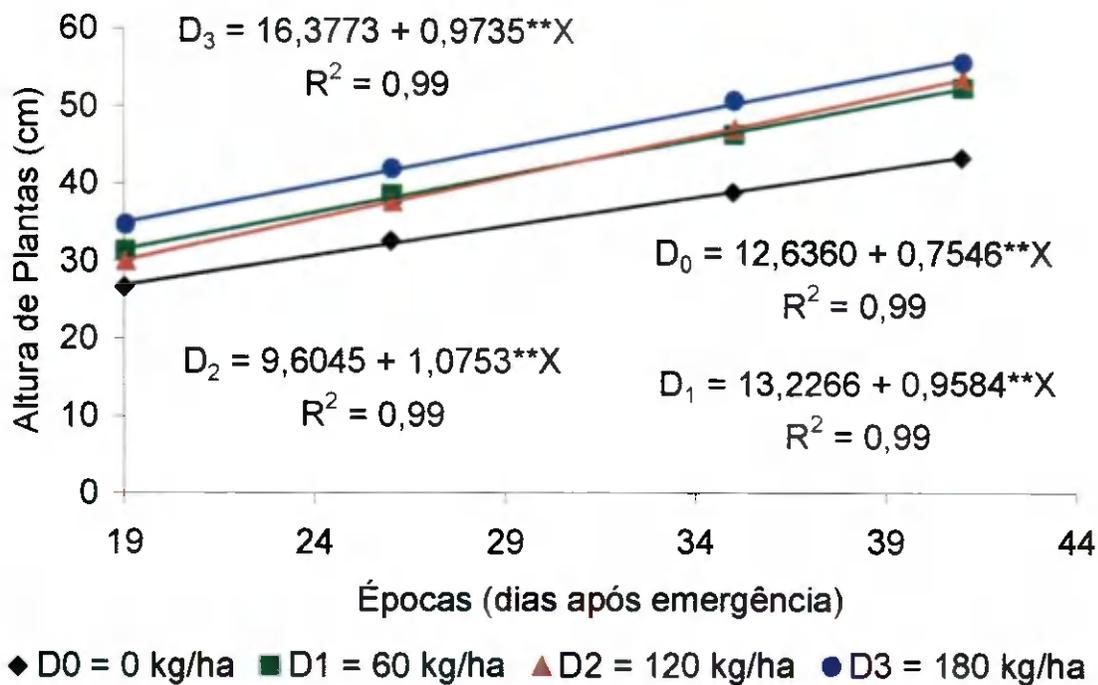


FIGURA 4.2: Altura da planta (cm) até 44 dias da emergência, em função das doses de Nitrogênio.

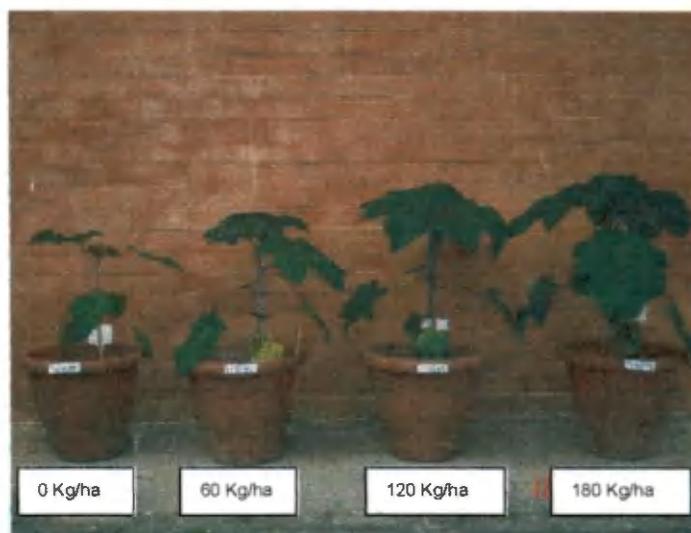


FIGURA 4.3 - Plantas da mamona que receberam dosagens de nitrogênio (0;60;120 e 180 kg/ha) e permaneceram em condições do ambiente natural.

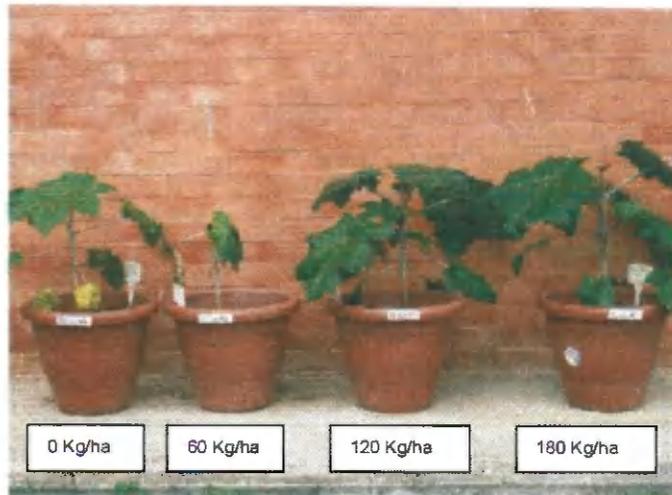


FIGURA 4.4 - Plantas da mamona que receberam dosagens de nitrogênio (0;60;120 e 180 kg/ha) e permaneceram em condições da Câmara de Crescimento.

Considerando os demais efeitos do ambiente e da dosagem de Nitrogênio estudado, a fertilização inorgânica nitrogenada, pode-se observar na Figura 4.5, que no ambiente da câmara de crescimento, com temperatura noturna elevada, a 30 °C, e bem diferente do ambiente natural de Campina Grande, que esta zoneada para o cultivo desta oleaginosa em regime de sequeiro, com altitude media de 551 metros, e baixas temperaturas noturnas e com o orvalho, que as plantas ficaram com queima na região meristemática, e o que logicamente reduziu o crescimento da planta como um todo, possivelmente devido, além de outros possíveis fatores endógenos e exógenos, o incremento acima do normal do processo da respiração celular, o que reduz substancialmente o saldo do carbono, a fotossíntese líquida.

Diferentemente, das plantas que ficaram no ambiente natural de Campina Grande, onde esta não apresentaram queima na região meristemática, que podem ser observadas na Figura 4.6., na Figura 4.9 pode ser vista uma foto comparativa, entre as duas condições testadas no experimento, para uma mesma dose de nitrogênio, elemento fundamental para o crescimento e desenvolvimento vegetal.

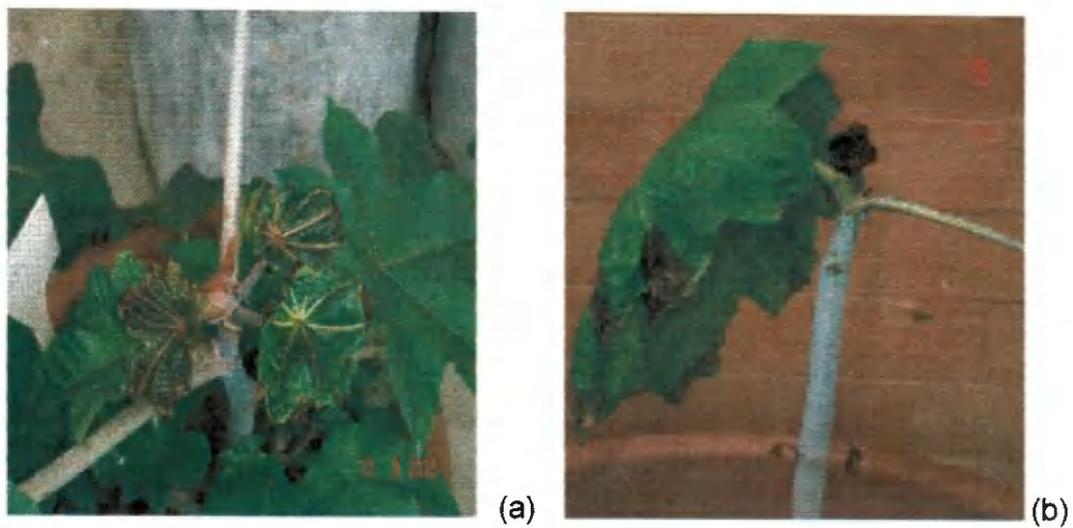


Figura 4.5 - Detalhe da queima das folhas novas (a) e da região meristemática (b), mamona em condições de elevada temperatura noturna.

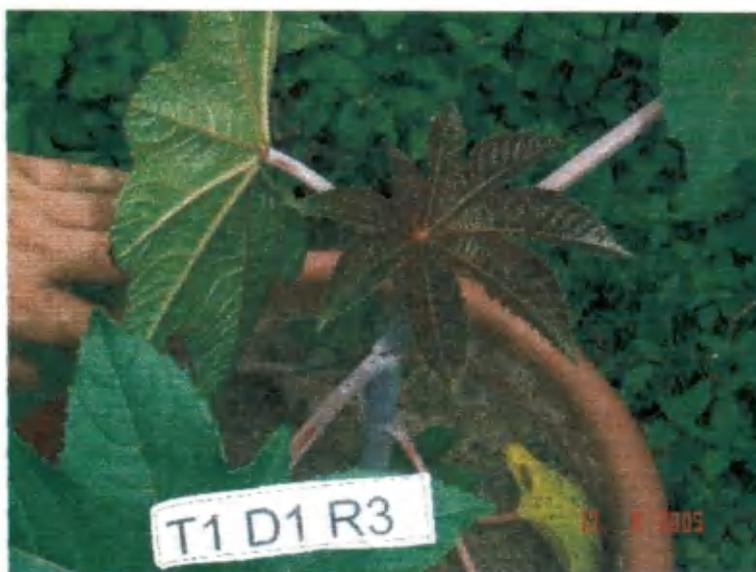


Figura 4.6 - Detalhe das folhas novas , da mamoneira em condições naturais.

4.2 DIÂMETRO CAULINAR

Considerando a variável diâmetro caulinar, verifica-se na Tabela 4.3, que traz os resumos das análises da variância, que para o fator ambiente (temperatura e umidade relativa do ar) nas primeiras e últimas épocas estudadas, 19 e 41 dias da emergência das plântulas, não houve significância estatística, e para as demais houve, indicando que a idade da planta tem influência na sensibilidade da mesma aos fatores do ambiente, em especial a temperatura. Para o fator doses de nitrogênio, foi observado que houve significância estatística para todas as épocas (Tabela 4.3), a nível de 1 % de probabilidade pelo teste F e para a interação entre os dois fatores estudados, houve significância a partir dos 35 dias da emergência das plântulas.

TABELA 4.3 – Resumos das análises de variância do diâmetro caulinar (mm) nas várias épocas de avaliação (dias após emergência), em função dos fatores temperatura ambiente (T) e doses de Nitrogênio (D).

Fatores	GL	Quadrado médio			
		Épocas de avaliação(dias após emergência)			
		19	26	35	41
Temperatura (T)	1	0,0001 ^{ns}	20,2407 ^{**}	4,4626 ^{**}	0,8515 ^{ns}
Doses (D)	3	19,1603 ^{**}	32,8392 ^{**}	48,9822 ^{**}	44,3453 ^{**}
T x D	3	0,3003 ^{ns}	1,5435 ^{ns}	1,9359 ^{**}	2,9382 ^{**}
Tratamentos	7	8,3403	17,627	22,4595	20,386
Blocos	3	0,2390 ^{ns}	1,7129 ^{ns}	1,5572 [*]	0,6492 ^{ns}
Resíduos	21	0,5273	0,7262	0,346	0,4643
CV (%)		6,05	5,64	3,57	3,89

ns : Não significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade

** : Significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade.

* : Significativo pelo teste F a nível de 5 % de probabilidade.

Para as épocas em que não houve interação significativa entre os fatores, ou seja, tiveram comportamento independente, na Tabela 4.4, podem ser vistas as médias obtidas sendo que para o fator ambiente (temperatura) com significância somente aos 26 dias da emergência das plântulas, com maior crescimento no

ambiente de Campina Grande, onde a planta da mamona tem maiores condições de crescimento, independente da adubação. Em ambas as épocas, a adubação nitrogenada ampliou o crescimento das plantas, independente do ambiente de cultivo, o que era esperado devido a deficiência no solo deste elemento essencial para as plantas superiores, que é requerido em quantidades elevadas conforme informações de Mazzani (1983) e de Weiss (1983), entre outros. O diâmetro do caule não pareceu ser para a mamona um bom indicador do crescimento, pelo menos no tocante ao crescimento inicial das plantas em condições semi-controladas, como foi o caso deste experimento.

TABELA 4.4 – Valores médios do diâmetro caulinar (mm) das épocas de avaliação, em função dos ambientes natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio.

Fatores	Época de Avaliação (dias após emergência)	
	19	26
Temperatura (°C)		
<i>Ambiente 1: Campina Grande</i>	12,0 a	15,9 a
<i>Ambiente 2: Câmara de Crescimento</i>	12,0 a	14,3 b
Doses de N (kg/ha)		
0	9,9 c	12,3 c
60	11,7 b	15,1 b
120	13,2 a	16,1 ab
180	13,2 a	16,9 a
Média Geral	12	15,1

Para cada fator e coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a nível de 1% de probabilidade.

Aos 35 dias da emergência das plântulas, considerando a interação significativa entre os dois fatores estudados, verifica-se na Tabela 4.5, variável diâmetro caulinar, que no ambiente natural de Campina Grande, município zoneado para o cultivo desta oleaginosa em sistema de sequeiro, com ou sem

consorciação, a adubação nitrogenada aumentou significativamente esta variável com relação ao controle, sem adubação, com efeitos quase que linear. Já no ambiente alterado, com o incremento da temperatura noturna, simulando o ambiente do litoral, sem altitude, sem orvalho e outras diferenças, os incrementos foram menores, no que tange as doses crescentes de nitrogênio, o que era esperado devido a respiração, gasto de energia, perda de fitomassa, do ponto de vista ecofisiológico, aumentar e muito com o incremento da temperatura, sendo duplicado a cada 10 °C de aumento entre 0 e 30 °C (AMORIM, 1979; TAIZ & ZEIGER, 2004). Foi observado que o diâmetro caulinar no ambiente simulado teve uma pequena redução, enquanto que no ambiente natural houve aumento considerado satisfatório para a plântula.

TABELA 4.5 – Desdobramento da interação Ambientes (A) x Doses de Nitrogênio (D), da variável diâmetro caulinar (mm) por planta nos 35 e 41 dias da emergência das plântulas mamona, cultivar BRS Paraguaçu.

	Ambientes	Doses de Nitrogenio (Kg/ha)			
		0	60	120	180
35	Ambiente de Campina Grande	12,9 Ca	16,7 Ba	18,8 Aa	19,0 Aa
	Ambiente da Câmara de Crescimento (T° e UR% noturna)	13,3 Ca	15,8 Ba	16,8 Bb	18,4 Aa
41	Ambiente de Campina Grande	13,5 Cb	17,8 Ba	19,4 Aa	19,9 Aa
	Ambiente da Câmara de Crescimento (T° e UR% noturna)	14,7 Ba	17,8 Aa	17,9 Ab	18,9 Aa

Nas linhas, médias assinaladas ou possuídas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 1% de probabilidade. O mesmo ocorre para as colunas, com letras minúsculas.

Considerando ainda a variável diâmetro caulinar, avaliação aos 41 dias da emergência das plântulas interação significativa entre os fatores estudados, ambientes e doses de nitrogênio, foi observado, Tabela 4.5, que houve uma inversão, com relação a época nos 35 dias do mesmo evento da fenologia das plantas, com maior crescimento no ambiente simulado, na ausência do nitrogênio e que este nutriente aumentou o crescimento, desde a dose de 60 kg/ha, nos dois ambientes.

No que diz respeito aos efeitos médios, em todo período testado, em cada ambiente, pois houve alguns com interações significativas e outros não, como foi visto anteriormente, estes foram lineares, em ambos ambientes testados, com maiores valores para o ambiente natural de Campina Grande -PB, como pode ser observado na Figura 4.7, a mesma evidencia que as plantas do ambiente natural, de um modo geral tiveram diâmetros do caule mais espessos do que os diâmetros do caule do ambiente da câmara de crescimento. No tocante as doses de nitrogênio, segundo fator estudado, na Figura 4.8, pode ser visto que na ausência do elemento em tela, o crescimento inicial da mamoneira foi reduzido, em comparação as demais doses testadas, e todas com efeitos lineares, considerando o efeito geral médio. Nesta Figura, observa-se que o ajuste linear foi melhor para a testemunha e a dosagem 60 Kg/ha, e que a dosagem correspondente a 180 Kg/ha contribuiu mais para o aumento diâmetro do caule das plantas.

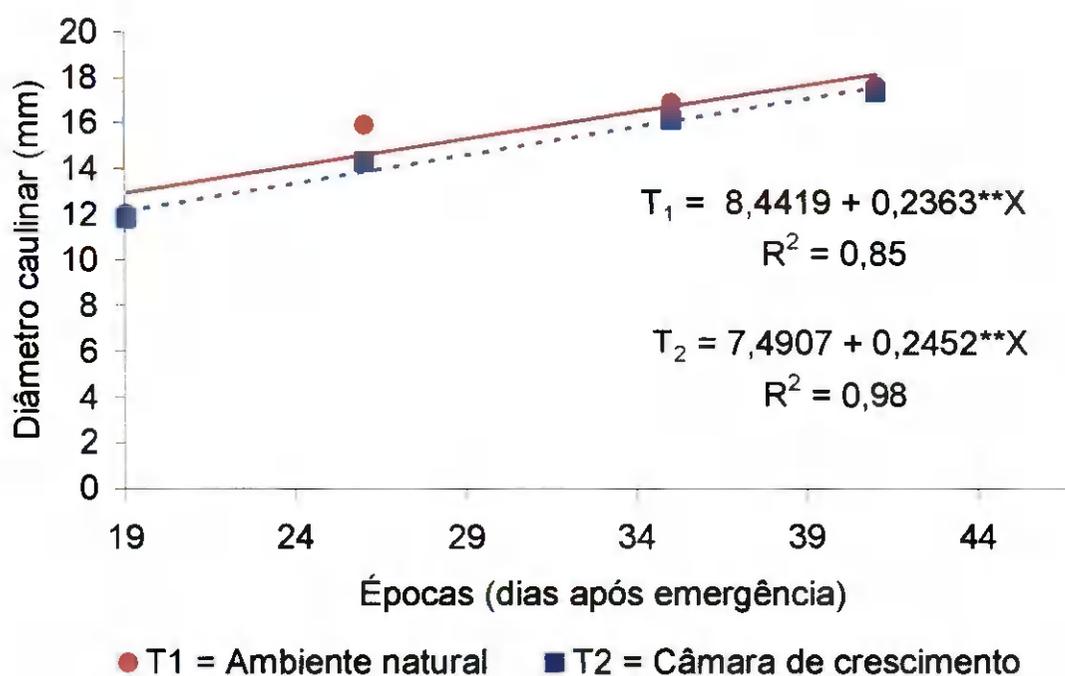


Figura 4.7 – Diâmetro caulinar da planta (mm) até 44 dias da emergência em função da temperatura, nos ambientes natural e câmara de crescimento.

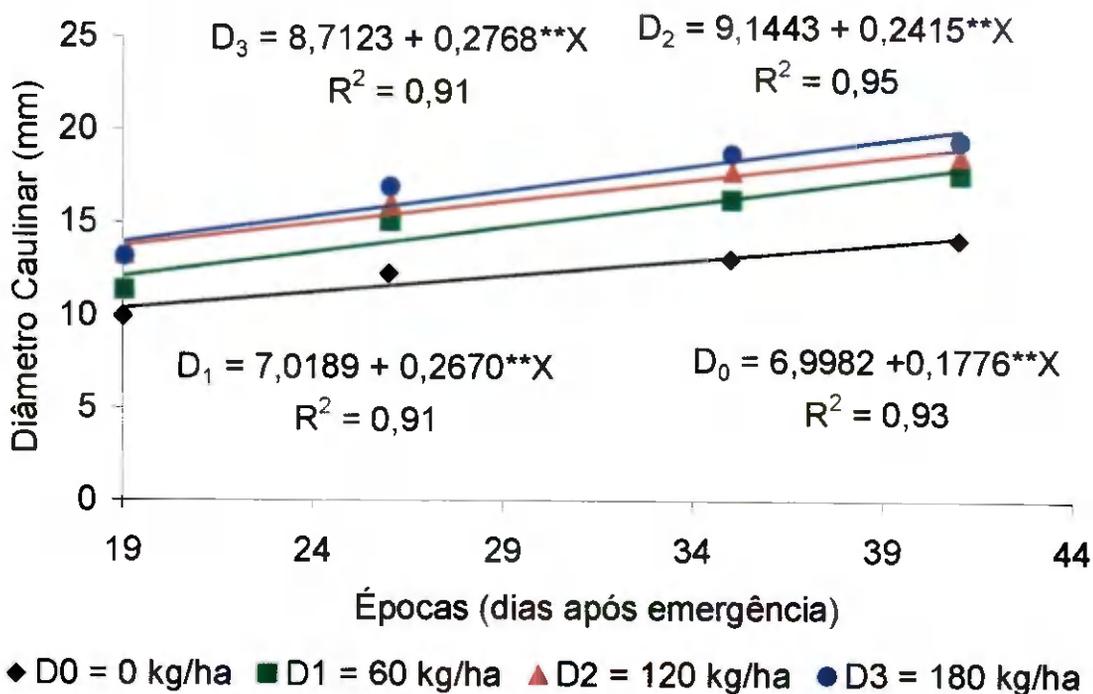


Figura 4.8 – Análise do diâmetro caulinar da planta (mm) até 44 dias de emergência, em função das doses de Nitrogênio.

4.3 NÚMERO DE FOLHAS

Com relação a variável número de macrófilos por planta, na Tabela 4.6 ser visto os resumos das análises da variância, com as significâncias estatísticas observada para cada fator e interação entre os mesmos, e com coeficientes de variação aceitáveis para dados de contagem, sem ter havido a necessidade do uso de transformações estatísticas.

TABELA 4.6 - Resumos das análises de variância do número de folhas nas várias épocas de avaliação (dias após emergência), em função dos fatores temperatura ambiente e doses de Nitrogênio.

Fatores	GL	Quadrado médio			
		Épocas de avaliação(dias após emergência)			
		19	26	35	41
Temperatura (T)	1	40,5000 **	205,0313 **	344,5313 **	258,7813 **
Doses (D)	3	5,2083 *	109,7813 **	266,6146 **	336,8646 **
T x D	3	3,0833 ^{ns}	42,6979 **	79,1146 **	81,8646 **
Tratamentos	7	9,3393	94,6384	197,3884	216,4241
Blocos	3	0,7083 ^{ns}	7,1146 ^{ns}	6,8646 ^{ns}	9,6146 ^{ns}
Resíduos	21	1,1131	5,3051	9,9122	9,7574
CV (%)		17,05	21,61	26,87	25,83

^{ns} : Não significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade

** : Significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade.

* : Significativo pelo teste F a nível de 5 % de probabilidade.

Na Tabela 4.7, pode-se verificar os valores obtidos para a variável número de folhas por esporófito, considerando a única época, avaliação aos 19 dias da emergência das plântulas, em que a interação entre os fatores estudados não foi significativo, ou seja, um fator não interferiu no outro. Verifica-se na Tabela 4.7 que o número de folhas foi maior na câmara de crescimento, onde a temperatura noturna foi bem maior do que as registradas nas noites de Campina Grande, mostrado na Figura 4.9. Como pode ser observado na Tabela 4.6, na ausência do nitrogênio o número de folhas foi menor do que nos tratamentos com fertilização (Tabela 4.7). Com a temperatura noturna mais elevada, a 30 °C, a planta vegeta mais, e tem a frutificação reduzida, possivelmente devido aos aspectos hormonais, em especial o florígeno, que possivelmente é sintetizado nas raízes das plantas.

TABELA 4.7 - Valores médios do número de folhas das épocas de avaliação, em função dos fatores ambientes natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio.

Fatores	Época de Avaliação (DAE)
	19
Temperatura (°C)	
<i>Ambiente 1: Campina Grande</i>	5,0 b
<i>Ambiente 2: Câmara de Crescimento</i>	7,3 a
Doses de N (kg/ha)	
0	5,3 b
60	5,6 ab
120	6,7 ab
180	7,0 a
Média Geral	6,2

Para cada fator e coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a nível de 1% de probabilidade.

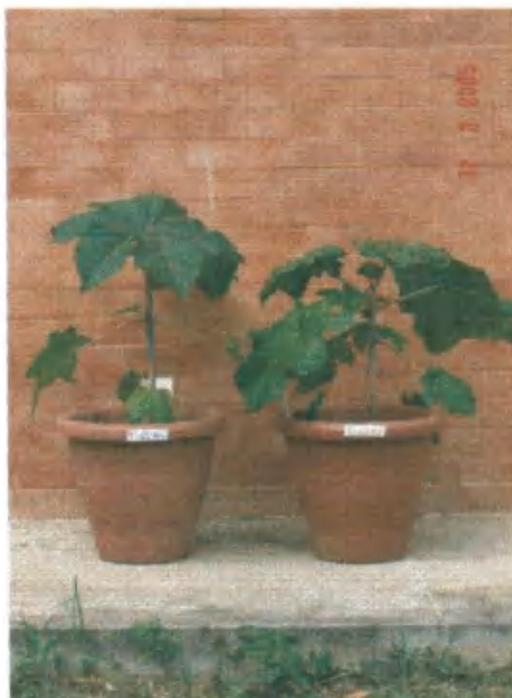


Figura 4.9 - Plantas da mamona nas duas condições de ambiente testadas Campina Grande, PB, ambiente natural (ESQ) e ambiente simulado. Com temperatura noturna elevada, 30° C, tratamento (DIR), ambas com doses de Nitrogênio de 60 Kg/ha.

Na Tabela 4.8, pode ser verificado os efeitos médios dos tratamentos considerando a avaliação aos 26 dias depois da emergência das plântulas para a variável, número de folhas por planta, interação significativa entre os fatores. No ambiente natural de Campina Grande, não houve diferenças entre os tratamentos para o segundo fator estudado, ou seja, doses de nitrogênio, enquanto que no ambiente simulado, com temperatura noturna elevada, as diferenças entre as doses foram elevadas, atingindo a marca de 19,5 folhas por planta na dose de 180 kg de N/ha, contra somente 9,5 na mesma dose no ambiente natural, com a altitude próximo do ótimo ecológico (WEISS, 1983). A altitude baixa, com temperatura elevada á noite, promove o incremento da fase vegetativa das plantas de mamona, daí não se recomendar plantios comerciais em tais situações, o que foi provado com o presente estudo, quando se simulou a temperatura noturna elevada durante a noite, o que amplia a respiração das plantas e possivelmente altera o balanço de hormônios das mesmas entre promotores e retardadores do crescimento. Observou-se que as plantas que estavam no ambiente simulado, começaram a produzir mais folhas, como sendo um fator de defesa.

TABELA 4.8 – Desdobramento da interação Ambientes (A) x Doses de Nitrogênio (D), da variável número de folhas (cm) por planta nos 26, 35 e 41 dias da emergência das plântulas mamona, cultivar BRS Paraguaçu.

	Ambientes	Doses de Nitrogenio (Kg/N/ha)			
		0	60	120	180
26	<i>Ambiente de Campina Grande</i>	6,0 Aa	8,0 Aa	9,0 Ab	9,5 Ab
	<i>Ambiente da Câmara de Crescimento (T° e UR% noturna)</i>	7,2 Ba	9,0 Ba	17,0 Aa	19,5 Aa
35	<i>Ambiente de Campina Grande</i>	5,0 Ba	7,5 ABa	10,0 ABb	11,2 Ab
	<i>Ambiente da Câmara de Crescimento (T° e UR% noturna)</i>	6,7 Ba	8,2 Ba	20,2 Aa	24,7 Aa
41	<i>Ambiente de Campina Grande</i>	5,0 Ba	8,2 ABa	10,2 ABb	13,5 Ab
	<i>Ambiente da Câmara de Crescimento (T° e UR% noturna)</i>	6,2 Ba	7,5 Ba	20,2 Aa	25,7 Aa

Nas linhas, médias assinaladas ou possuídas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 1% de probabilidade. O mesmo ocorre para as colunas, com letras minúsculas.

Considerando a variável número de folhas por planta, avaliação aos 35 dias da emergência das plantas, interação significativa entre os fatores estudados, foi verificado que no ambiente natural de Campina Grande, os incrementos com o

aumento das doses de nitrogênio foram bem menores do que no ambiente simulado, com temperatura noturna elevada, como pode ser verificado na Tabela 4.8. Na temperatura noturna elevada, possivelmente o principal fator da baixa altitude e seus efeitos no metabolismo das plantas da mamoneira, a dimensão do aparelho assimilatório foi muito aumentado, em especial nas maiores doses de nitrogênio, como pode ser visto na Tabela 4.8.

A mesma tendência da avaliação anterior, aos 41 dias após emergência das plântulas, foi verificada, como pode ser visto na Tabela 4.8, em especial nas doses maiores de nitrogênio, 120 e 180 kg/ha, principalmente no ambiente simulado, possivelmente pelas mesmas razões colocadas anteriormente.

Verifica-se na Figura 4.10 que as diferenças do número de folhas aumentaram, quando se pegou os efeitos médios, considerando as épocas como variável independente e o número de trofófitos como variável dependente e que no ambiente simulado houve um elevado aumento até os 44 dias da emergência das plântulas.

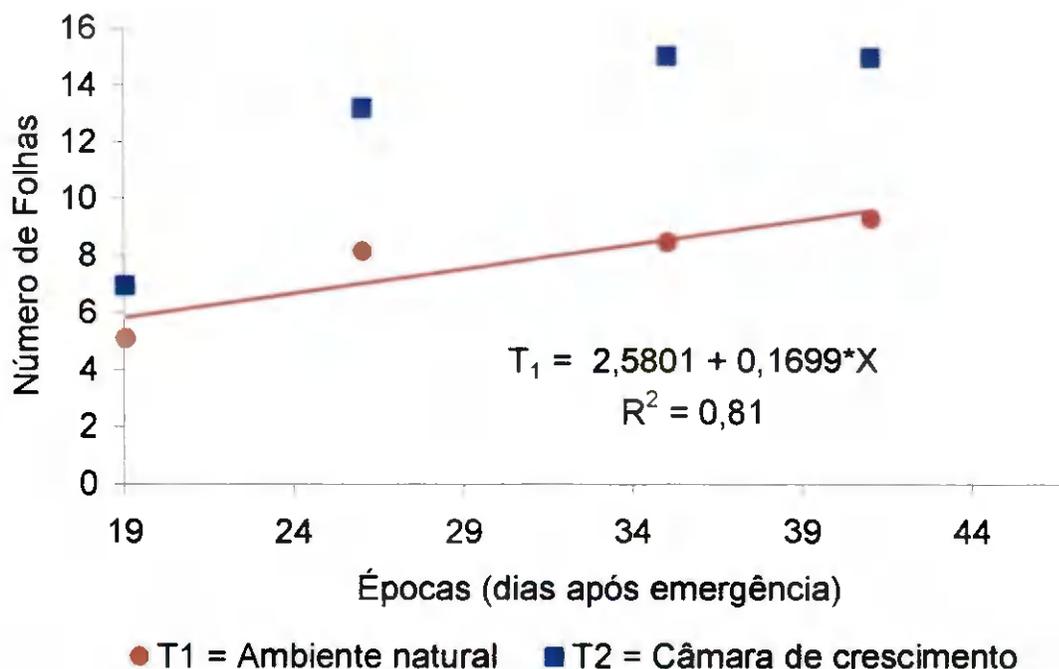


Figura 4.10 – Número de folhas da planta (cm) até 44 dias da emergência em função da temperatura, nos ambientes natural e câmara de crescimento.

Considerando o número de folhas por planta em função das épocas para as doses de Nitrogênio, verifica-se na Figura 4.11 que as diferenças foram bastante grandes, com o aumento da dose de nitrogênio, indicado o efeito deste nutriente na formação da massa foliar da planta da mamona. Nesta Figura, verifica-se que os efeitos do Nitrogênio somente ocorreram nas dosagens 120 e 180 kg/ha, principalmente a dosagem de 180 kg/ha, atingindo no Máximo de 20 folhas, inclusive mostrando neste caso um ajuste.

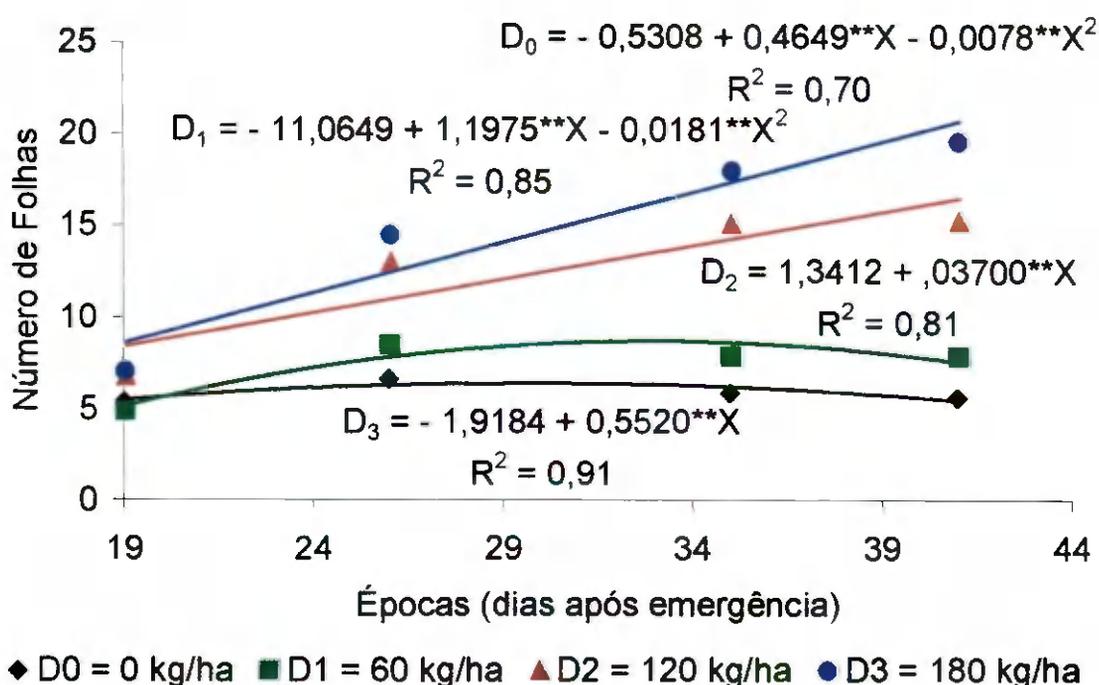


Figura 4.11 – Análise do número de folhas da planta (cm) até 44 dias de emergência, em função das doses de Nitrogênio.

4.4 ÁREA FOLIAR

Na Tabela 4.9, pode-se observar os resultados do resumo das análises de variância dos dados da variável área foliar por planta em vários períodos do crescimento/ desenvolvimento das plantas. Verificou-se que com relação ao fator temperatura noturna somente aos 41 dias da emergência das plântulas é que não houve significância estatística pelo teste F entre os tratamentos, o que indica que realmente a temperatura noturna é um fator do ambiente fundamental para o balanço de CO₂ da planta e que seu metabolismo é alterado pela mesma. Quanto ao fator adubação nitrogenada, verifica-se na mesma tabela que houve significância estatística, teste F a 1% de probabilidade, evidenciando que houve efeitos da adubação nitrogenada nas plantas, com interatividade da mesma na primeira época.

TABELA 4.9 – Resumos das análises de variância da área foliar (cm²) nas várias épocas de avaliação (dias após emergência), em função dos fatores temperatura ambiente (T) e doses de Nitrogênio (D).

Fatores	GL	Quadrado médio			
		Épocas de avaliação(dias após emergência)			
		19	26	35	41
Temperatura (T)	1	323825,36 *	1718069,41 **	2140727,07 *	271184,82 ^{ns}
Doses (D)	3	1559244,74 **	5050560,07 **	11398095,79 **	14013927,36 **
T x D	3	186916,38 *	108955,65 ^{ns}	520691,62 ^{ns}	337605,21 ^{ns}
Tratamentos	7	794615,53	2456659,51	5413869,90	6189397,50
Blocos	3	66282,69 ^{ns}	36442,83 ^{ns}	22900,88 ^{ns}	124366,49 ^{ns}
Resíduos	21	56736,77	57759,02	276933,07	147521,74
CV (%)		15,94	9,29	15,76	11,41

ns : Não significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade

** : Significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade.

* : Significativo pelo teste F a nível de 5 % de probabilidade.

Na Tabela 4.10 verificou-se que nas épocas de avaliação aos 26, 35 e 41 dias após a emergência das plântulas, onde não ocorreu interação significativa entre os fatores estudados, que a maior área foliar das plantas de mamona foi

maior na câmara de crescimento, com diferença estatística significativa aos 26 e 35 dias. Essa maior área foliar deve-se as possíveis alterações no balanço de hormônios das plantas e incrementos de respiração oxidativa. Observa-se também na Tabela 4.10 que a área foliar aumentou com a dose de nitrogênio em todas as épocas de avaliação.

TABELA 4.10 – Valores médios de área foliar (cm²) das épocas de avaliação, em função dos fatores ambientes natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio.

Fatores	Época de avaliação(dias após emergência)		
	26	35	41
Temperatura (°C)			
<i>Ambiente 1:Campina Grande</i>	2356,0 b	3079,5 b	3273,5 a
<i>Ambiente 2:Câmara de Crescimento</i>	2819,4 a	3596,8 a	3457,7 a
Doses de N (kg/ha)			
0	1521,3 d	1862,3 c	1764,7 d
60	2482,6 c	2904,2 b	2880,9 c
120	3000,9 b	4088,3 a	4032,8 b
180	3345,9 a	4497,9 a	4784,1 a
Média Geral	2587,7	3338,2	3365,6

Para cada fator e coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.11, pode ser verificado os efeitos médios dos tratamentos considerando a avaliação aos 19 dias depois da emergência das plântulas, para a variável área foliar por planta, onde ocorreu interação significativa entre os fatores. No ambiente natural de Campina Grande a área foliar aumentou a medida que se aumentava as doses de adubação nitrogenada. As maiores áreas foliares obtidos com 180 e 120 kg/ha de Nitrogênio diferiram estatisticamente das doses 60 e 0 kg/ha de Nitrogênio. Maior área foliar foi 1955,6 cm² com 180 kg/ha de Nitrogênio em ambiente natural e 710,8 cm² com 0 kg/ha de Nitrogênio também em ambiente natural.

TABELA 4.11 – Desdobramento da interação Ambientes (A) x Doses de Nitrogênio (D), da variável área foliar (cm²) por planta aos 19 dias da emergência das plântulas mamona, cultivar BRS Paraguaçu.

Ambientes	Doses de Nitrogenio (Kg/N/ha)			
	0	60	120	180
Ambiente de Campina Grande	710,8 Bb	1120,7 Bb	1786,3 Aa	1955,6 Aa
Ambiente da Câmara de Crescimento (T° e UR% noturna)	1146,4 Ba	1613,6 ABa	1756,0 Aa	1862,2 Aa

Nas linhas, médias assinaladas ou possuídas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para as colunas, com letras minúscula.

Verifica-se na Figura 4.12, que as diferenças da área foliar foram pequenas entre os fatores ambiente natural e ambiente da câmara de crescimento, quando se pegou os efeitos médio, considerando as épocas como variável independente e a área foliar como variável dependente e que no ambiente simulado houve um pequeno aumento aos 23 ate aos 31 dias da emergência das plântulas.

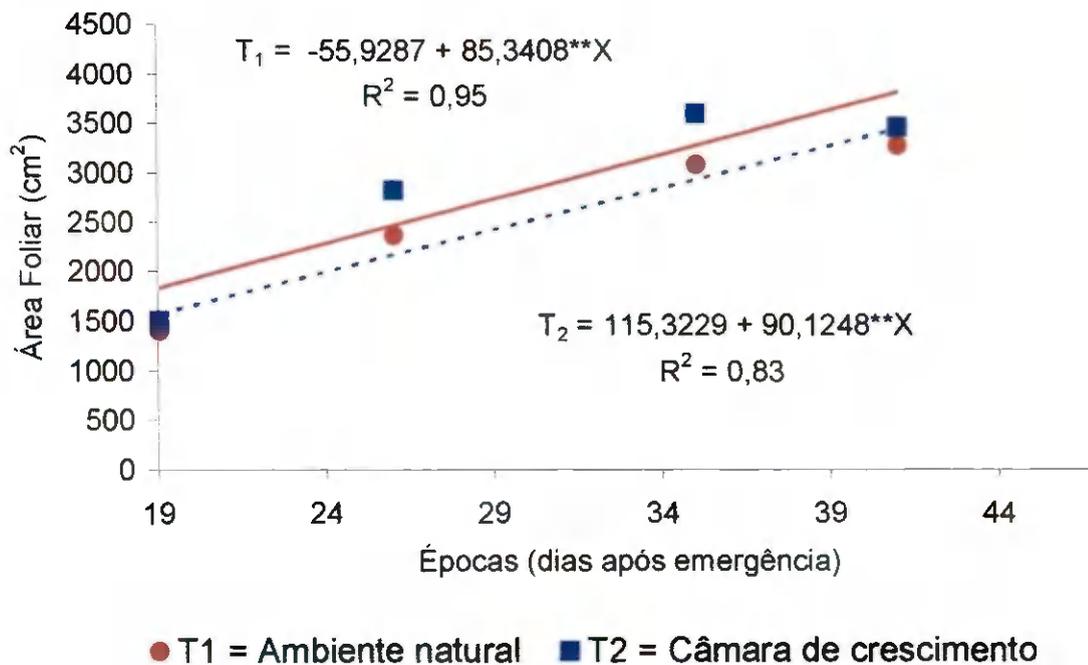


Figura 4.12 – Área foliar da planta (cm²) até 44 dias da emergência em função da temperatura, nos ambientes natural e câmara de crescimento.

Considerando a área foliar por planta em função das épocas para o fator da doses de Nitrogênio, verifica-se na Figura 4.13 que as diferenças foram altas, com o aumento da dose de nitrogênio, cujo aumento na dosagem de 180 Kg/ha atingiu em torno de 150% em relação a área foliar aos 15 dias após a emergência.

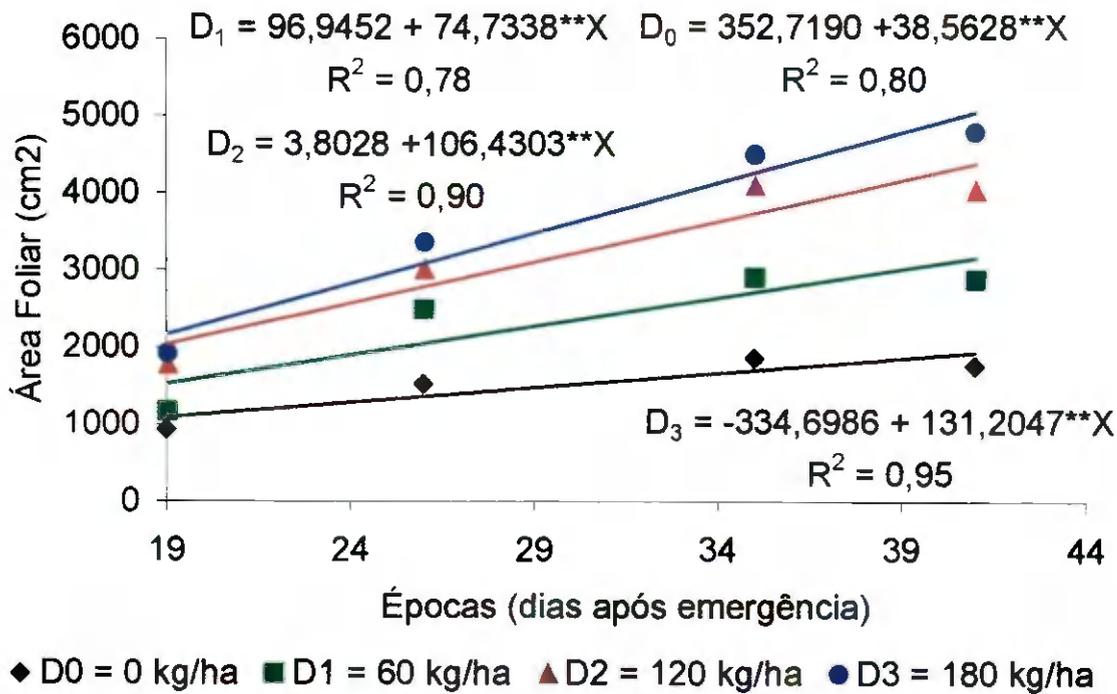


Figura 4.13 – Análise da área foliar da planta (cm²) até 44 dias de emergência, em função das doses de Nitrogênio.

Nas Figuras 4.14 (a) e (b) podem ser visto detalhes da planta de mamona, cultivar BRS Paraguaçu, cultivada nas condições naturais de Campina Grande, evidenciando-se o equilíbrio entre o crescimento (quantitativo) e o desenvolvimento (qualitativo), com o número de trofófilos dentro dos limites da normalidade da espécie e no caso da planta que ficou na câmara de crescimento com simulação da baixa altitude, em especial com temperatura do ar noturna elevada, que apresentou muito mais folhas do que o normal, considerando a idade das plantas, independente da dose da adubação nitrogenada.

Considerando o desenvolvimento vegetal, envolvendo a diferenciação celular e a transformação das gemas vegetativas em floríferas, que engloba a participação dos hormônios vegetais, e a influência do ambiente, em especial a temperatura média do ar, a umidade relativa do ar e outros fatores como o orvalho, que representa a entrada de energia no sistema, com saldo de radiação e umidade, o que pode influenciar e muito o desenvolvimento das plantas, pode-se verificar nas Figuras 4.14 (a) e (b) o que ocorreu nas plantas nas duas condições de ambiente, independente dos níveis da adubação nitrogenada .

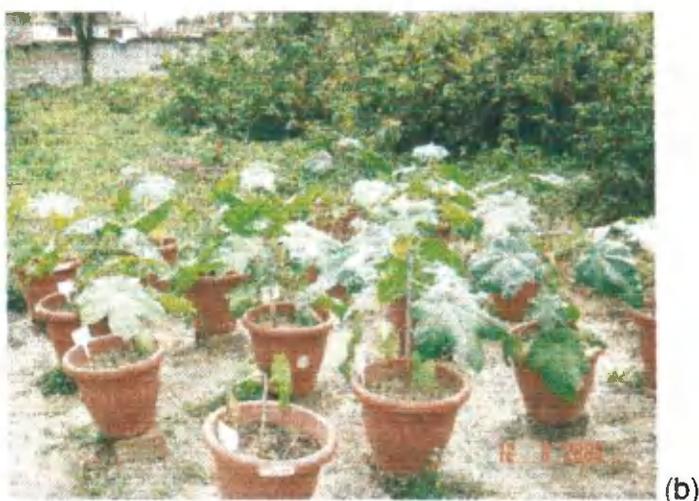
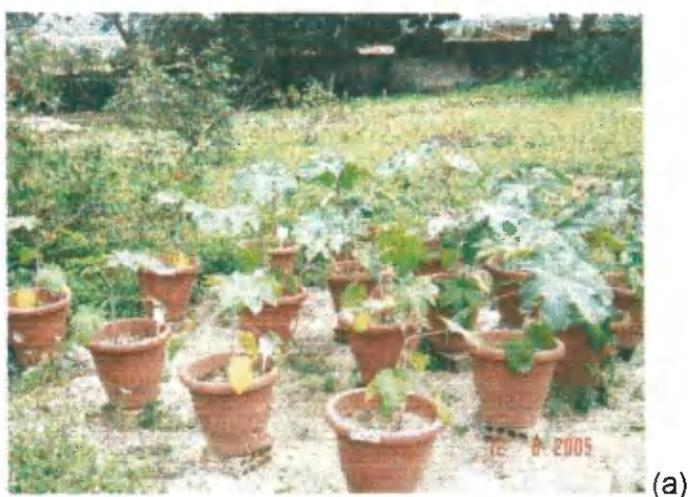


Figura 4.14 - Vista detalhada das plantas de mamona, cultivar BRS Paraguaçu, cultivadas nas condições naturais de Campina Grande (a) e nas condições da câmara de crescimento (b).

4.5 FITOMASSA TOTAL

Na Tabela 4.12, observa-se o resumo das análises da variância dos dados das variáveis: fitomassa do caule, folhas, raízes e frutos, com as significâncias estatísticas obtidas para os fatores estudados e a interação entre eles nas diferentes épocas de avaliação. Verifica-se que para a variável frutos por planta, fitomassa, a variação foi bem maior do que as observadas nas demais variáveis relacionadas ao saldo fotossintético, ou seja, a diferença entre a fotossíntese bruta e a respiração oxidativa mitocondrial mais a fotorrespiração.

TABELA 4.12 – Resumos das análises de variância da fitomassa do caule, folha com pecíolo, fruto e raiz aos 60 dias após emergência.

Fatores	GL	Quadrado médio			
		Fitomassa Total			
		Caule	Folha com pecíolo	Fruto	Raiz
Temperatura (T)	1	4,3292 ^{ns}	186,4863 ^{**}	3368,1528 ^{**}	765,5784 [*]
Doses (D)	3	950,5597 ^{**}	910,9054 ^{**}	1867,0551 ^{**}	1075,8431 ^{**}
T x D	3	36,4916 [*]	6,0494 ^{ns}	1867,0551 ^{**}	222,5553 ^{ns}
Tratamentos	7	423,6404	419,6215	2081,4976	665,8248
Blocos	3	4,2521 ^{ns}	5,6394 ^{ns}	18,3044 ^{ns}	355,9297 ^{ns}
Resíduos	21	7,8238	9,9293	24,2011	175,3596
CV(%)		11,5295	12,4268	47,9509	26,6041

ns : Não significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade

** : Significativo pelo teste F a nível de 1 % de probabilidade

* : Significativo pelo teste F a nível de 5 % de probabilidade.

Considerando as variáveis relacionadas com a produção de matéria seca por espécime de mamona, em que a interação não foi significativa, verifica-se na Tabela 4.13 que as partes das plantas reagiram de maneira diferente na câmara de crescimento, com temperatura noturna mais elevada, caso das folhas em que houve incremento e caso das raízes onde houve redução, com relação ao

ambiente natural, de Campina Grande, independente das doses de nitrogênio utilizadas. Considerando as folhas o incremento foi elevado e crescente à medida que se aumentou a dose de Nitrogênio, como pode ser visto na Tabela 4.13 e quase o mesmo ocorreu para a variável peso seco de raízes.

TABELA 4.13 – Valores médios de fitomassa total da folha com pecíolo e raiz aos 60 dias após emergência, em função dos fatores temperatura ambiente natural e câmara de crescimento e doses de Nitrogênio.

Fatores	Fitomassa Total	
	Folha com pecíolo	Raiz
Temperatura (°C)		
<i>Ambiente 1: Campina Grande</i>	22,9 b	54,6 a
<i>Ambiente 2: Câmara de Crescimento</i>	27,7 a	44,8 b
Doses de N (kg/ha)		
0	12,3 d	33,9 b
60	21,7 c	51,4 ab
120	30,4 b	51,8 ab
180	36,8 a	61,8 a
Média Geral	25,4	49,8

Para cada fator e coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a nível de 1% de probabilidade.

No tocante a variável fitomassa do caule, em que a interação entre os fatores estudados foi significativa, verificou-se, como pode ser observado na Tabela 4.14 que no ambiente natural de Campina Grande, que o incremento foi maior tanto na primeira dose quanto na última, de nitrogênio, respectivamente 120 e 180 kg/ha, e que no ambiente da câmara de crescimento, o crescimento somente foi maior sem a adubação nitrogenada.

TABELA 4.14 – Desdobramento da interação Ambientes (A) x Doses de Nitrogênio (D), da variável fitomassa total do caule e do fruto aos 60 dias da emergência das plântulas de mamona, cultivar BRS Paraguaçu.

Ambientes		Doses de Nitrogenio (Kg/N/ha)			
		0	60	120	180
Caule	<i>Ambiente de Campina Grande</i>	8,1 Cb	20,7 Ba	32,3 Aa	37,3 Aa
	<i>Ambiente da Câmara de Crescimento (T° e UR% noturna)</i>	12,2 Ca	22,2 Ba	28,5 Aa	32,4 Ab
Fruto	<i>Ambiente de Campina Grande</i>	66,2 A	2,8 B	5,2 B	7,7 B

Nas linhas, médias assinaladas ou possuídas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para as colunas, com letras minúscula.

Com relação aos frutos, parte econômica das plantas de mamona, onde estão as sementes, com o óleo, média de 48 % na cultivar testada, no ambiente da câmara de crescimento, não houve frutificação até os 60 dias da emergência das plântulas, como pode ser observado na Figura 4.15, que diferencia da Figura 4.16, evidenciando o efeito da alta temperatura, que conduz em geral, quando ao nível do mar, litoral do Nordeste do Brasil, a temperaturas noturnas elevadas, variando no período de crescimento a 30 °C, o que conduz as plantas a ter excessiva respiração mitocondrial, o que reduz a fotossíntese líquida das plantas e com retardamento do processo de floração e frutificação. Por outro lado, para tentar compensar as perdas, a planta aumentou a área foliar para incrementar a fotossíntese durante o dia.

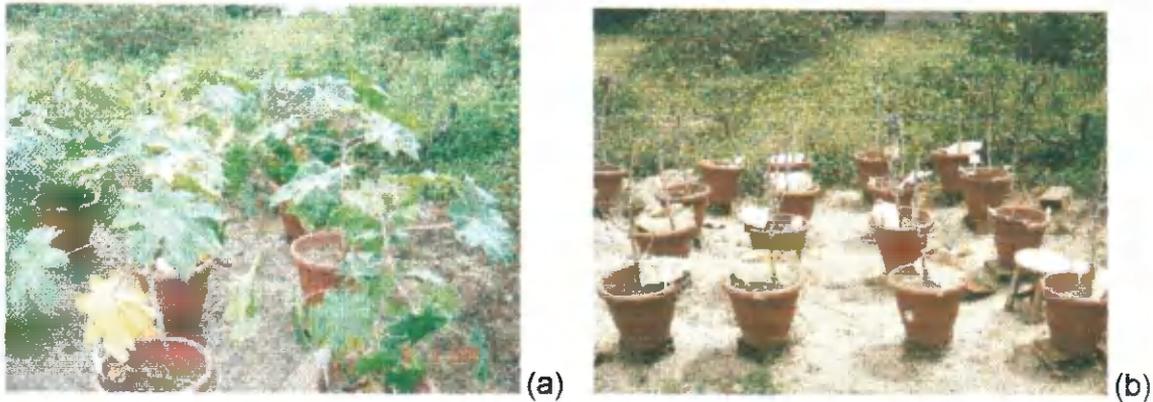


Figura 4.15 - Observa-se na figura (a) as plantas da mamona que ficaram a noite na câmara de crescimento e na figura (b), observa –se detalhadamente que as plantas quase não frutificaram que estavam com temperatura média do ar elevada, a 30° C e com umidade relativa do ar também elevada, a 70 % e sem orvalho e distintas.

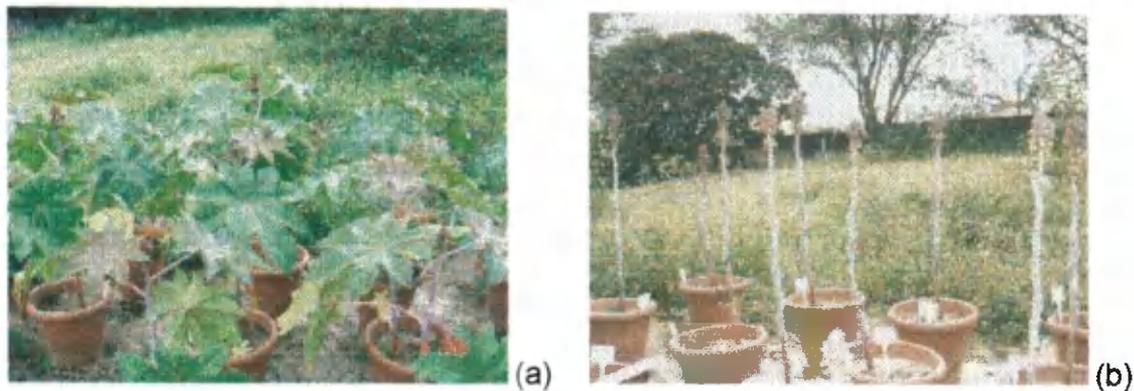


Figura 4.16 - Observa-se na figura (a) as plantas da mamona que ficaram a noite no ambiente natural de Campina Grande e na figura (b), observa –se detalhadamente que todas as plantas entraram em processo de floração e frutificação.

Considerando o ambiente natural de Campina Grande, onde a temperatura noturna foi inferior (Tabela 4.14), verificou-se que a adubação reduziu o peso dos órgãos de frutificação, pois alterou a precocidade, por que a mamona tem crescimento indeterminado, conforme salientado por Beltrão et al 2001.

5. CONCLUSÕES

- ✓ O crescimento inicial da mamoneira, cultivar BRS Paraguaçu, foi dependente e alterado pela adubação nitrogenada, doses de 0 a 180 kg/ha com variações, dependendo da variável considerada (área foliar, número de folhas, diâmetro do caule, altura e planta, fitomassa da raiz, fitomassa do caule e fitomassa dos frutos) e das condições impostas as unidades experimentais, tipo de ambiente natural (de Campina Grande, com temperatura noturna baixa, orvalho, umidade relativa do ar média) e do ambiente câmara de crescimento para a baixa altitude do litoral do nordeste, com temperatura noturna elevada, a 30 °C);
- ✓ Em ambiente edáfico com baixa fertilidade natural, em especial com baixos teores de matéria orgânica, pobreza em nitrogênio e enxofre, elementos essenciais, importantes na formação das proteínas, entre outras substâncias do metabolismo vegetal, a adubação nitrogenada aumentou o crescimento das plantas, quase que independente dos ambientes testados;
- ✓ Em ambiente de elevada temperatura noturna a 30 °C, e também elevada umidade relativa do ar, a 70 %, eventos comuns no litoral do nordeste do Brasil, baixas altitudes, o crescimento, aumento irreversível de fitomassa e o desenvolvimento, mudanças de fases das plantas, natureza qualitativa, das plantas de mamona, cultivar BRS Paraguaçu, até aos 60 dias da emergência das plantas, é complemente alterado, sendo que as plantas nem se quer entraram em floração, fato que na altitude considerada ótima para esta espécie, média de 300 metros, ela ocorre aos 44 dias da emergência das plântulas, o que evidencia, que o ambiente pode determinar o sucesso ou insucesso desta cultura e que se deve ter muito cuidado em recomendar o seu cultivo em locais com tais características.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H. A. de. Probabilidade de ocorrência de chuva no Sudeste da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n. 182, 32p., 2001.

AMORIM, H. V. de. Respiração. In: FERRI, M. G. (Coordenador). Fisiologia vegetal. São Paulo, SP. Editora da Universidade de São Paulo, 1979. p. 249 – 277.

AMORIM NETO, M. Da S.; BELTRÃO, N. E. M.; SILVA. Clima e Solo. In.: Azevedo, D.M.P.; Lima, E.F. (eds) Brasília: Embrapa SPI, 2001, p.62-76.

APHA (American Public Health Association), Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th Ed, Washington D.C., 1998. 127 p.

BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, L.C; VASCONCELOS, O.L.; AZEVEDO, D.M.P. de; VIEIRA, D.J. Fitologia. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (eds.). O Agronegócio da mamona no Brasil. Embrapa Algodão (Campina Grande, PB).- Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-61.

BELTRÃO, N.E.M. **Cultura da mamoneira**. Apostilha. Agosto 2003. Campina Grande

BELTRÃO, N.E.M. **Crescimento e Desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Comunicado Técnico nº 146, ISSN 0102-0099. Janeiro 2003. Campina Grande.

BELTRÃO, N.E. de M. **Nutrição mineral**.

www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona/adubacao.htm. Dia de acesso: 1 maio de 2006 as 20:25hs.

BELTRÃO, N.E.M.; QUEIROZ, U.C. Alternativa à vista. In: Cultivar Grandes Culturas. Ano VI. Nº 71. Março 2005. ISSN-1518-3157. p 16-19;

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**, Campina Grande, n31, p. 7, 1999.

CAMARGO, P. N. Controle Químico de Plantas Daninhas. 4ª Edição. Piracicaba, SP, 1972;

CANECCHIO FILHO, V. Resultados de experiências de espaçamento da mamoneira anã, variedade IAC 38. *Bragantia*, v.13, n.25, p. 297-305, 1954;

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

CONAB. Estimativa de área plantada – safras 2004/05. Disponível: <http://www.conab.gov.br/politicaagricola/safra/cptarebr.cfm>. Acesso em: 04/10/2005 às 10:40h;

DIRECTORATE OF OILSEEDS RESEARCH. Diversified uses of Castor. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS. Proceedings... *Analytical Chemistry*, v. 74, n.21, nov. p. 239-241.2001

EMBRAPA. BRS 149 Nordestina. Nova cultivar de Mamona para o Nordeste brasileiro. 1999. (Folder);

EMBRAPA. BRS 188 (PARAGUAÇU). 1999. (Folder);

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1994. 227p. <http://www.iap.com.br/InformeTecnico02.aspx>

GALLO, Luiz Antonio. **O nitrogênio e o ciclo do nitrogênio**. <http://www.ciagri.usp.br/~luagalho/NITROGE.htm>, acesso em 02/05/06 as 20:23hs.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. Capítulo 5, p. 295-303. São Carlos, 2000.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. New York, USA: Academic Press. 1972. 697p.

LOPES, AS. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2.ed. Piracicaba, Potafós, 1998. 177p.

MAGALHÃES, A.C.N. **Fotossíntese**. In: FERRI, M.G. *Fisiologia Vegetal 1*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda. 1983, v.1. p.117-166.

MAZZANI, B. *Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas*. Caracas, venezuela. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1983. 629 p.

MORGAN, Patrícia G. **Fixação Biológica e Assimilação de Nitrogênio**. <http://www.ciagri.usp.br/~lazaropp/FisioVegGrad/MetNitro.htm>, acesso em 03/05/06 as 10:33hs.

MOSHKIN, V.A. Ecology. In: MOSHKIN, V.A. (ed.). **Castor**. New Delhi. Amerind Publishing Co. Put. Ltd. 1986. p. 54-64.

MOTA, F. S. **Meteoroiógia Agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel S. A. 1989. 376p.

POPOVA, G.M.; MOSHKIN, V.A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V.A. (ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind Publishing, Co. Put. Ltd. 1986. p. 11-27.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Modelos para estimativas das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no Estado de Minas Gerais. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.6, n.1, p.57 - 61, 1998.

SEVERINO, L. S. o que sabemos sobre torta de mamona. Empraba Algodão. Documentos, 134. 31p. Campina Grande, PB. Março de 2005;

SEVERINO, L.S; CARDOSO,G.D.; VALE,L. S.;SANTOS.J.W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. In : Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas. Campina Grande, v.8,n.1,p.753-762,jan-abr.2004.

SMITH, M. The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production. **Agricultural and Forest Meteorology** 103 (2000) 99-108.

SILVA, L. C. M. **Umidade relativa**. Disponível em: < <http://www.geocities.com.br/saladefisica5/leituras/umidade.htm> >. Acesso em: 9 jan. 2006.

SOUZA, M.J.H. de; RIBEIRO, A; LEITE, F.P.; ZOLNIER, S. **Varição horária da temperatura do ar e da umidade do ar em sete localidades da região do Vale do Rio Doce – MG**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE TÁVORA, F. J. A. A cultura da mamona. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.

SOUZA, M.J.H. de; RIBEIRO, A; LEITE, F.P.; ZOLNIER, S. **Varição horária da temperatura do ar e da umidade do ar em sete localidades da região do Vale do Rio Doce – MG**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2003, Santa Maria - RS. Anais... Santa Maria - RS: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. v.1, 129-130p, 2003.

STREET,H.E; OPIK,H. **Fisiología das angiospermas:crescimento e desenvolvimneto**. Tradução de Kurt Guenther Heil. São Paulo,Polígono, Ed. da Universidade de São Paulo,1974.315 p.

TAIZ,L;ZEIGER,L. **Fisiologia Vegetal**. Trad.Eliane Romanato Santarém ...[et al.] – 3º ed. – Porto Alegre: Artmed,2004.

TAVORA,F.J.A. A cultura da mamona.Fortaleza:EPACE,1982,111 p;

VAREJÃO, M.A.S. **Meteorología e Climatologia**. Brasília: INMET, 2001. 532p.

WEISS,E.A.Castor.In: WEISS,E.A.**Oilseed crops**. London: Longman,1983.chapter 3.

www.criareplantar.com.br, acesso em 12/12/05 as 8:10h.

www.ministeriodaagricultura.gov.br, acesso em 17/02/06 as 9:50h.