



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

DALVA MARIA ALMEIDA SILVA

**TEMPERATURAS SUPRAÓTIMAS NO CRESCIMENTO E BIOQUÍMICA
DA MAMONEIRA**

**CAMPINA GRANDE – PB
AGOSTO DE 2012**

TEMPERATURAS SUPRAÓTIMAS NO CRESCIMENTO E BIOQUÍMICA DA MAMONEIRA

DALVA MARIA ALMEIDA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/Área de Concentração: Energias Renováveis e Biocombustíveis.

Orientador: Prof^o Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

**CAMPINA GRANDE – PB
AGOSTO DE 2012**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

S586t Silva, Dalva Maria Almeida.
Temperaturas supraótimas no crescimento e bioquímica da mamoneira [manuscrito] / Dalva Maria Almeida Silva. – 2012.
57 f. : il.

Digitado

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, Embrapa Algodão”

1. *Ricinus communis* L. 2. Mamoneira. 3. Agricultura. I. Título.

21. ed. CDD 633.85

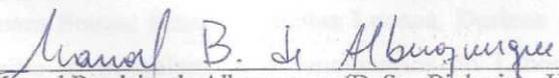
**TEMPERATURAS SUPRAÓTIMAS NO CRESCIMENTO E BIOQUÍMICA
DE MAMONEIRA**

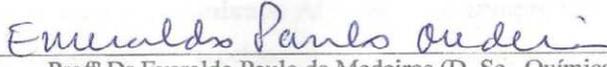
DALVA MARIA ALMEIDA SILVA

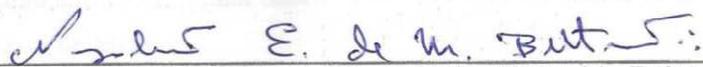
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/Área de Concentração: Energias Renováveis e Biocombustíveis.

Aprovada em 30 de Agosto de 2012

Banca Examinadora:


Prof^o Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque (D. Sc., Biologia) - UFPB


Prof^o Dr. Everaldo Paulo de Medeiros (D. Sc., Química) - UEPB


Prof^o Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão (D. Sc., Fitotecnia) - Embrapa Algodão
Orientador

AGRADECIMENTOS

Ao programa de pós-graduação da Universidade Estadual da Paraíba pelo acolhimento e por ter me proporcionado esta formação profissional.

Ao meu orientador e mestre, Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão por sempre acreditar no meu potencial e principalmente pela orientação desta dissertação além de ser orientador no decorrer do curso, me auxiliou nas pesquisas e publicações me proporcionado riquíssimos ensinamentos. Agradeço pela paciência e compreensão e, acima de tudo, pela amizade.

Ao analista César Rodrigues Magalhães, responsável pelas análises no equipamento HPLC da Embrapa Agroindústria, o qual foram feitas análises de fundamental importância para esse trabalho. Agradeço pelos ensinamentos adquiridos, por sua disponibilidade, responsabilidade, gentileza e acima de tudo, paciência.

Aos funcionários e amigos José Felix Brito Neto, Gleibson Dionízio Cardoso e José Carlos Aguiar, por me ceder parte do seu tempo para me auxiliar e orientar tirando dúvidas quando precisei.

À Dr^a. Maria Rocha pela amizade, e por deixar utilizar parte do seu projeto para que pudesse desenvolver minha dissertação dentro do fitotron.

Aos amigos: Samara Souza, Bruna, Nicholas Lucena, Darlene pela ajuda na condução dos experimentos e auxílio as pesquisas. Aos funcionários do Laboratório de Fisiologia da Embrapa Algodão Bruna, Joseni, Marcílio, Amaro e Carlos pelo apoio.

Aos funcionários da Embrapa Algodão, que sempre me trataram com muito respeito e sempre me auxiliaram no que preciso.

Aos examinadores da minha banca: Prof^o Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque e Prof^o Dr. Everaldo Paulo de Medeiros.

Aos meus tios e tias e demais parentes pela ajuda, incentivo e colaboração durante toda minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivos.....	18
Geral.....	18
Específicos.....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 A mamoneira.....	19
2.2 Mudanças Climáticas.....	20
2.3 Análise de crescimento	21
2.4 Efeito da temperatura no metabolismo da planta	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Localização do experimento.....	25
3.2 Delineamento Experimental.....	25
3.3 Avaliações efetuadas.....	26
3.4. Avaliação do crescimento.....	27
3.5 Análises bioquímicas.....	27
3.5.1. Determinação da concentração de proteína total solúvel (PTS).....	27
3.5.2 Preparo da amostra.....	27
3.5.3 Carboidratos Solúveis.....	28
3.5.4 Preparo da amostra.....	29
3.5.5 Açúcares redutores e não redutores.....	29
3.5.6 Preparo das amostras.....	29

3.6 Análise dos resultados.....	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Análise de Crescimento.....	32
4.1.1 Altura de planta (cm)	32
4.2 Teor de proteínas totais e carboidratos solúveis.....	43
4.3 Análise dos açúcares: trealose, frutose e sacarose.....	46
5 CONCLUSÕES.....	50
6 RECOMENDAÇÕES.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumos das análises de variância aos 60 dias após a semeadura, para as variáveis de crescimento: altura de plantas, diâmetro caulinar, área foliar, e respectivas médias. Campina Grande-PB, 2011.	34
Tabela 2- Desdobramento para a interação, temperatura e genótipos para variável, altura, aos 60 DAE. Campina Grande- PB, 2011.....	34
Tabela 3- Desdobramento da interação, temperatura e genótipos, para variável, diâmetro (mm), aos 60 DAE. Campina Grande- PB, 2011.....	35
Tabela 4 - Resumos das análises de variância para as variáveis; proteína folha, proteína raiz, carboidrato folha, carboidrato raiz e respectivas médias. Campina Grande- PB, 2011.....	44
Tabela 5: Desdobramento para a interação, temperatura x genótipos para variável, proteína da raiz ($\mu\text{g/mL}$). Campina Grande- PB, 2011.....	45
Tabela 6: Desdobramento para a interação, temperatura x genótipos para variável, carboidrato da raiz ($\mu\text{g/mL}$). Campina Grande- PB, 2011.....	46
Tabela- 7. Resumo das análises de variância para as variáveis; Trealose, Sacarose e Frutose. Campina Grande- PB, 2011.....	46
Tabela 8- Desdobramento para a interação, temperatura x genótipos para variável, Trealose (mg/L). Campina Grande- PB, 2011.....	48
Tabela 9- Desdobramento para a interação, temperatura x genótipos para variável, Sacarose (mg/L). Campina Grande- PB, 2011.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fitotron localizado no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Algodão. Foto: Dalva Silva, Campina Grande – PB, 2012.....	26
Figura 2- Instrumentos utilizados para as análises do crescimento: (A) régua (B) paquímetro digital	27
Figura 3- (A) Almofariz, pistilo e solução tampão (B) micro ubos com esferas. (C) equipamento mini-beadbeater (D) reagente Bradford (E) centrífuga Mod. 3-16PK, Sigma® (F) espectrofotômetro Biomate 3, Thermo Scientific®.....	28
Figura 4- (A) Recipiente falcon com capacidade de 15 ml com extrato pronto para ser centrifugado. (B) Antrona. (C) banho-maria (BM D02, Biopar®).....	29
Figura 5- Detalhes e visão geral do cromatografo utilizado na pesquisa, pertencente a Embrapa Agrindústria Tropical, Fortaleza, CE, onde (A) é a seringa apropriada para as amostras do HPLC. (A1) Seringa acoplada com filtro de membrana 0,45 µm, para filtragens das amostras. (B) Vials. (B1) amostras de mamona prontas para análise. (C) Amostras no equipamento HPLC. (C1) Imagem do equipamento completo (HPLC).....	30
Figura 6 - (A) Experimento dentro do fitotron sob temperatura de 30° C e (B) sob temperatura de 40°C.....	32
Figura 7 - Altura dos genótipos nas duas temperaturas 30°C (■) e 40°C (•) nas quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias. Campina Grande, PB, fitotron. 2011.....	37
Figura 8 - Altura dos genótipos: BRS Energia (■)BRS Gabriela (•) CNPAM 2001-50(▲) CNPAM 2009- 7(♦) BRA 3182 (*) em função do período das quatro	

avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.....	38
.	
Figura 9 - Diâmetro caulinar dos genótipos nas duas temperaturas 30/20°C (■) e 40/30°C (●) nas quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias	39
Figura 10- Diâmetro caulinar médio dos genótipos: BRS Energia (■)BRS Gabriela (●) CNPAM 2001- 50(▲) CNPAM 2009- 7(◆) BRA 3182 (*) em função do período das quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.....	40
Figura 11- Diferença visuais das plantas sob duas temperaturas: (A) Folha sob temperatura de 30/ 20° C. (B) Folha sob temperatura de 40/ 30° C.....	41
Figura 12 - Área foliar média dos genótipos nas duas temperaturas 30/ 20°C (■) 40/ 30°C (●) nas quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.....	42
Figura 13- Área foliar média dos genótipos: BRS Energia (■) BRS Gabriela (●) CNPAM 2001-50(▲) CNPAM 2009- 7(◆) BRA 3182 (*) em função do período das quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.....	43
Figura 14- Teores de açúcares solúveis: trealose, sacarose, frutose e glicose, determinados em cromatografia líquida, plantas submetidas à temperatura 30/20° C (A) e 40/30°C (B), para a cultivar BRS Energia.....	48

RESUMO

SILVA, DALVA MARIA ALMEIDA M. Sc. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, Agosto de 2012. TEMPERATURAS SUPRAÓTIMAS NO CRESCIMENTO E BIOQUÍMICA DA MAMONEIRA. Orientador: Prof^o Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.

A mamoneira (*Ricinus communis*.L) é uma oleaginosa de importância comercial e social sendo seu principal produto o ácido ricinoléico. É de fácil cultivo e tolerante á seca, tornando-se uma opção para agricultores familiares do semiárido brasileiro. Com as projeções futuras para o clima, o crescimento e desenvolvimento dessa cultura podem ser comprometidos tornando inviável seu cultivo. Objetivou-se com este trabalho avaliar e quantificar os efeitos de temperaturas supraótimas, no crescimento e na bioquímica, dos diferentes genótipos de mamoneira. O experimento foi conduzido em condições controladas (câmaras climatizadas), simulando condições de temperatura e umidade, no período de 60 dias. Cinco genótipos de mamoneira foram testados (BRS Energia, BRS Gabriela; CNPA 2001- 50; CNPA 2009- 7; BRA 3182), utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois níveis de temperatura, 30/20°C (dia/noite) e 40/30°C (dia/noite) com quatro repetições. Na faixa de temperatura 40/30° C foi verificado que a mamoneira, em especial os genótipos BRS Energia e BRA 3182, apresentam significativa redução do crescimento, com relação à altura de planta, redução de proteínas e alguns açúcares. Houve incremento no teor de trealose e sacarose, na temperatura 40/ 30°C, contudo apenas traços de glicose foram detectados via HPLC.

PALAVRAS-CHAVE: *Ricinus communis* L., fisiologia, metabolismo C₃.

ABSTRACT

SILVA, DALVA MARIA ALMEIDA M. Sc. Paraíba State University / Embrapa Cotton, August 2012. Supraoptimal temperatures on biochemistry and growth in different castor bean genotypes. Adviser Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.

The castor bean (*Ricinus communis*.L) is an important oilseed crop. Its main commercial product is the ricinoleic acid. This crop is easy to grow and it is drought-tolerant. So, it is an interesting option for small farmers in the semiarid region of Brazilian Northeast. Castor crops may be affected by climate change in the future, and the development of this culture would become impossible. The aim of this study was to evaluate and to quantify the effects of temperatures above the optimum temperature for photosynthesis upon growth and biochemical metabolism of different genotypes of castor bean. The experiment was conducted under controlled conditions in phytotron units that simulated different environmental conditions of temperature and moisture. The genotypes BRS Energia, BRS Gabriela, CNPA 2001- 50, CNPA 2009- 7, and BRA 3182 were evaluated in a randomized design with four replicates in a 5 x 2 factorial scheme. The analyzed factors were the 5 genotypes and 2 environmental conditions: 30/20 °C (day/night) and 40/30 ° C (day/night). The castor plants, specially genotypes BRS Energia and BRA 3182, presented significant reduction in the growth rate, plant height, protein content, and some sugars production in the environment 40/30 °C. The trehalose and sucrose levels were increased, however traces of glucose levels were detected in the HPLC analysis.

KEYWORDS: *Ricinus communis* L., physiology, C₃ metabolism.

1. INTRODUÇÃO

Com a implantação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, com a lei nº 11.095 de 13 de Janeiro de 2005 (BRASIL, 2005) o interesse em cultivar oleaginosas vem aumentando no país. A mamona vem se destacando pela procura por produtores, principalmente por possuir um elevado teor de óleo, podendo ultrapassar 50% da massa das sementes e por adapta-se a Região Semiárida, região essa com grandes dificuldades e poucas alternativas viáveis de cultivo, sendo uma saída estratégica para muitas famílias.

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa pertencente à família das euforbiáceas, oriunda das regiões de clima tropical e necessitando de pelo menos 600 mm/ciclo de pluviosidade, altitude de no mínimo 300 m, atingindo seu ideal produtivo aos 650 m de altitude (SILVA et al 2011; AMORIM NETO et al., 2001).

A temperatura ideal para a cultura da mamoneira deve ser em torno de 20°C a 30°C para que haja produções significativas ao nível de mercado com rentabilidade, sendo seu ótimo ecológico de 28° C, apesar de ter metabolismo fotossintético C₃, com elevada taxa de fotorrespiração.

Em estudos recentes os pesquisadores Barbour e Buckley (2007) verificaram que ela pode abrir os estômatos a noite e ter elevada condutância estomática, o que pelo menos teoricamente, a faz se beneficiar do orvalho, que somente ocorre em altitude elevada, e representa entrada de energia no sistema, o contrario da evapotranspiração, podendo ter ainda o molhamento do solo e permitir o fenômeno da termo condensação, que pode fornecer água para

as plantas (MOTA, 1981 e ROSENBERG 1974). Para as plantas C_3 , ditas normais, ou seja, C_3 plenas, o ótimo ecológico de temperatura para a fotossíntese líquida, é em torno de 23°C (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O clima é uma das variáveis mais importantes na produção agrícola, sendo um dos principais fatores que determinam a produtividade das culturas agrícolas de interesse econômico. O clima também é fator determinante na definição das áreas onde se podem explorar as culturas, o que é denominado de Zoneamento Agrícola de risco climático pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2011). Nos últimos anos algumas evidências têm advertido para anomalias na temperatura e nos padrões de precipitação pluvial, com consequências diretas nas atividades humanas e, especialmente, naquelas relacionadas à produção agrícola (IPCC, 2007).

Em pesquisas baseadas nos cenários de mudanças climáticas globais (MCG) observa-se que estas afetam diretamente a agricultura e as áreas florestais brasileiras. Para algumas estimativas do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) constata-se que a temperatura média do planeta poderá aumentar entre $1,8^\circ\text{C}$ e $4,0^\circ\text{C}$ nos próximos 100 anos, com implicações diretas em mudanças nos índices de risco que governam o desempenho das culturas incluindo a mamoneira, entre os quais se destacam a disponibilidade hídrica, a duração dos períodos de estiagem e as temperaturas críticas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

As principais alterações de temperaturas sobre a agricultura deverão ocorrer sobre a produtividade, principalmente de plantas de metabolismo fotossintético C_3 , caso da mamona, que é espécie importante para produção de óleo com grande importância econômica e social no semiárido, devido a sua rusticidade, resistência a seca e empregar muita mão de obra no seu cultivo.

Temperaturas muito elevadas, superiores a 40°C provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas, diminuindo assim a produtividade e redução do teor de óleo nas sementes (CARVALHO et al 2010; BELTRÃO e SILVA, 1999), que é o principal produto da mamoneira.

As consequências do efeito estufa são o incremento da temperatura média do planeta, causado pelo excesso de CO_2 na atmosfera, em função da queima dos combustíveis fósseis, petróleo, carvão mineral e gás natural, que ainda, infelizmente representem mais de 90% da matriz energética do mundo. Com plantas C_3 com a baixa eficiência catalítica da rubisco, três moléculas de CO_2 /segundo. A mamoneira irá se beneficiar com o incremento do CO_2 na atmosfera até ter inibição pelo excesso de amido nos cloroplastos, porém a elevação da

temperatura irá trazer problemas para o metabolismo (TAIZ e ZEIGER, 2009). O cultivo da mamoneira no Brasil, visando ser matéria prima, elemento importante no Programa Nacional de Biocombustíveis, com incremento da área cultivada, e a geração de novas cultivares será implantadas para a região semiárida brasileira. As mais recentes; BRS Energia lançada em 2007 e a BRS Gabriela, lançada em 2012 são de maior capacidade produtiva, e de ciclos mais curtos do que as variedades tradicionais, ou seja, de maior precocidade.

Devido à carência de informações dos possíveis efeitos de elevadas temperaturas no crescimento de tais genótipos, verifica-se a necessidade de estudos visando à avaliação dos possíveis impactos das mudanças climáticas sobre atividades humanas, recursos naturais e, particularmente, sobre a agricultura brasileira. Mesmo via simulação em casa de vegetação, com controle de fatores do clima, ou em fitotrons, ou câmara de crescimento de plantas.

Portanto são imprescindíveis estudos mediante o estabelecimento de cenários futuros, que devem ser implementados visando disponibilizar as estimativas dos prováveis impactos a que a cultura da mamoneira poderá ser exposta. Isso fornecerá importantes subsídios para as estratégias a serem adotadas visando o desenvolvimento de cultivares adaptada a essas novas condições ambientais.

1.1 OBJETIVOS

✓ Geral

Objetivou-se com este estudo (trabalho) avaliar e quantificar os efeitos de temperaturas mais elevadas no crescimento inicial da mamoneira, e alguns aspectos de seu metabolismo.

✓ Específicos

- Avaliar e quantificar o efeito do aumento da temperatura sobre o crescimento e características bioquímicas da planta de mamoneira;
- Identificar linhagens avançadas de mamoneira dos programas de melhoramento da Embrapa Algodão que apresentem tolerância às altas temperaturas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Mamoneira

A mamoneira é uma planta xerófila e heliófila (EMBRAPA, 2012), de origem muito discutida até os dias atuais, quanto ao seu centro de origem na África e /ou Ásia. Há diversificação de grande número de variedades desta planta, encontradas tanto no continente africano, como no asiático, impossibilitando qualquer tentativa de estabelecer uma procedência efetiva da mamona. Alguns pesquisadores acreditam que a mamona tenha sido originária da África, mais precisamente da Etiópia, outros afirmam que ela é originária da Ásia (LOPES, BELTRÃO e PRIMO JUNIOR, 2005).

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) pertence à família das euforbiáceas. É uma planta de clima tropical, necessitando de pelo menos 600 mm/ciclo de pluviosidade, e altitude superior a 300 m, sendo seu ótimo ecológico 650 m de altitude (BRITO NETO, 2011; AMORIM NETO et al., 2001; TÁVORA, 1982).

É de natureza morfofisiológica complexa, apresenta crescimento dicotômico e variações de porte. Seu crescimento é do tipo indeterminado e sua haste principal cresce verticalmente e desprovida de ramificações laterais até o surgimento da primeira inflorescência (BELTRÃO et al., 2007).

Pode ser cultivada na faixa de temperatura de 20° C a 30° C, por possuir o metabolismo de carbono pouco eficiente (C₃), ou seja, apresenta taxa elevada de fotorrespiração e baixa eficiência fotossintética, isso se dá pela destruição das estruturas cloroplásticas causada por

elevadas temperaturas. Temperaturas superiores a 40° C ocasionam a queda das flores, mudança sexual de flores femininas em masculinas, além de reduzir o teor de óleo da semente afetando a produtividade da espécie (CARVALHO et al., 2010; BELTRÃO e SILVA, 1999).

A mamoneira necessita de pelos menos 12 horas de irradiação solar/dia e altitudes superiores a 300m, para que haja produções que assegurem valor comercial (BELTRÃO e OLIVEIRA, 2008).

O interesse em estudos com a cultura da mamoneira é devido ao seu grande potencial industrial, tem como diferencial ser a única espécie do gênero *Rícinus* que produz um óleo glicérico, o qual é solúvel em álcool metílico ou etílico, sendo indicado para a fabricação do biodiesel (BRITO NETO, 2011).

O Brasil já foi o maior produtor mundial de mamona, hoje ocupa a terceira posição ficando atrás da China e Índia. Segundo dados da CONAB (2011), o Brasil produziu na safra de 2009/2010 cerca de 153,6 mil toneladas, a região com maior produção de mamona é o Nordeste, chegando a produzir cerca de 139,2 mil toneladas. O estado de maior produção é a Bahia responsável por 106,4 mil toneladas e em segundo vem o Ceará com 28,2 mil toneladas.

Segundo Beltrão et al., (2003), a mamona produz bem em sistema de consórcio, sendo uma ótima opção principalmente para agricultores familiares, especialmente em regiões menos favorecidas a exemplo do semiárido. Desta forma, fica claro que essa oleaginosa é de suma importância para a economia brasileira tanto como cultura alternativa, como fator fixador de emprego, renda e matéria-prima para a indústria nacional.

2.2. Mudanças climáticas

Para o IPCC (2007) mudanças climáticas refere-se a uma mudança no estado do clima que possa ser identificado (por exemplo, usando testes estatísticos) por mudanças na média e / ou a variabilidade de suas propriedades, e que persiste por um longo período, tipicamente décadas ou mais tempo. Refere-se também a qualquer mudança no clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana.

Opinião diferente da definição proposta pela Conferência Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC), onde a mudança climática se refere a uma mudança de clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera mundial e que é além de variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis.

O aquecimento global nas últimas três décadas tem provavelmente uma influência perceptível em escala global sobre as mudanças observadas em muitos sistemas físicos e

biológicos. Para as próximas duas décadas está previsto um aumento de 0,2°C (por década) segundo o relatório especial sobre cenário de emissões (RECE). (IPCC, 2007; SILVA, 2011).

A agricultura dentre todas as atividades econômicas, é a que apresenta maior dependência das condições climáticas, podendo afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas sob diferentes formas e em diversas fases do ciclo da cultura, sendo o fator responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção (ORTOLANI e TARIFA, 1978; BELTRÃO e OLIVEIRA, 2008).

A sociedade pode reagir à mudança climática através da adaptação aos seus impactos e reduzindo as emissões de gases do efeito estufa (GEE), mitigação reduzindo a velocidade e magnitude da mudança. A capacidade de adaptação e mitigação é dependente de circunstâncias socioeconômicas e ambientais e da disponibilidade de informações e tecnologia. (UNFPA, 2009).

2.3. Análise de crescimento

A análise de crescimento de plantas é um método que descreve suas condições morfofisiológicas em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostras sucessivas, dentro do seu ciclo. Com isso é possível avaliar seu crescimento como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes (BENINCASA, 2003).

A análise de crescimento tem sido usada por pesquisadores, na tentativa de explicar diferenças no crescimento de ordem genética ou resultante de modificações do ambiente (BRANDELERO et al., 2002) e constitui uma ferramenta eficiente para a identificação de materiais promissores (BENINCASA, 2003). Também, pode ser usada para a avaliação da produtividade de culturas e permite que se investigue a adaptação ecológica a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e tratamentos culturais, e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (ALVAREZ et al., 2005).

As características do crescimento envolvidas e determinadas na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação aos locais de utilização ou de armazenamento (FONTES et al., 2005). Portanto, expressam as condições fisiológicas da planta e quantifica a produção líquida derivada do processo fotossintético. Esse desempenho é influenciado pelos fatores bióticos e abióticos (LESSA, 2007).

2.4 Efeitos da temperatura no metabolismo da planta

O aumento da temperatura afeta negativamente na maioria das culturas passando a um estado de estresse, conhecido como estresse abiótico (LARCHER, 2000), em que a planta tende a sair de suas condições ótimas e induz a mudanças e respostas, fazendo com que a planta gaste mais energia.

Segundo Taiz e Zeiger (2009) o ponto de compensação da temperatura é o instante em que a temperatura na qual a quantidade de CO₂ fixado na fotossíntese se iguala a quantidade de CO₂ liberado na respiração. Neste instante toda a glicose produzida na fotossíntese é quebrada na respiração, e todo dióxido de carbono (CO₂) gasto na fotossíntese é produzido na respiração (QUEIROZ, 2006).

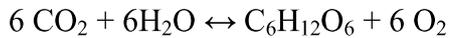
Em temperaturas a cima do ponto de compensação, à fotossíntese não pode repor o carbono usado como substrato para respiração, esse estresse tem como consequência a perda das reversas de carboidratos, fazendo com que os frutos percam açúcar (LARCHER,2000). O desequilíbrio entre a fotossíntese e a respiração é uma das principais razões do efeito das altas temperaturas.

De acordo com Larcher (2000) dependendo da intensidade e duração do calor, as atividades metabólicas, o crescimento e a viabilidade da planta podem ser impedidos. Altas temperaturas causam alterações reversíveis no estado físico-químico das biomembranas e na conformação das moléculas de proteínas.

A radiação provoca injúria na planta nas membranas do tilacoides, tendo efeito imediato sobre as proteínas enzimáticas. Ainda de acordo com Larcher (2000) o estado de estresse pode ocorrer com a diminuição da disponibilidade de energia ou o aumento do consumo de energia em função da síntese para reparação, com redução significativa da carga de adenilatos da planta, em especial na forma de ATP (trifosfato de adenosina)

As Proteínas são compostos orgânicos de estrutura complexa e massa molecular elevada (de 5.000 a 1.000.000 ou mais unidades de massa atômica), sintetizadas pelos organismos vivos através da condensação de um grande número de moléculas de alfa-aminoácidos. As ligações denominadas peptídicas são afetadas pelas temperaturas infra e supraótimas. Podem ser desnaturadas, ou seja, perdem a conformação biológica, em temperaturas extremas, conforme informações de Taiz e Zeiger, (2009), embora se encontre na natureza proteínas termo resistentes, que protegem as plantas do calor em excesso.

As plantas convertem energia luminosa (solar) em energia química, com o pigmento verde contido na planta (a clorofila) como mediador e assim, ocorre à fotossíntese e a formação de glicose:



A energia dos carboidratos é liberada quando os animais ou outros organismos metabolizam e formam o CO_2 e H_2O liberando energia, recomeçando o ciclo.

Os carboidratos são classificados em mono, oligo e polissacarídeos e são sintetizados na natureza pelas plantas, através do processo de fotossíntese, a partir do dióxido de carbono e água. Também são classificados em aldoses e cetoses, no caso de serem poli-hidroxi aldeídos ou poli-hidroxi cetonas respectivamente, e tanto as aldoses quanto as cetoses são subdivididas em trioses, tetroses, pentoses, hexoses, entre outros, de acordo com o número de carbonos da cadeia (SOUZA, 2011)

Os mais simples são os monossacarídeos, que não podem ser hidrolisados a açúcares de menor massa molecular. O monossacarídeo existente em maior quantidade na natureza é a D-glucose, que além de ser encontrado na forma livre, é o único carboidrato constituinte dos polissacarídeos amido, celulose e glicogênio e dos quais pode ser facilmente obtida. Sendo a D-glucose e a D-frutose respectivamente a aldose e a cetose mais abundantes na natureza, é lógico que sejam tomadas como exemplos típicos para as reações de monossacarídeos.

Os monossacarídeos são estáveis quando tratados com soluções de ácidos minerais diluídos, mesmo sob aquecimento. Entretanto, as aldoses ocorrem desidratação quando são aquecidas em presença de ácidos minerais fortes, formando furfural no caso das pentoses ou hidroximetilfurfural no caso das hexoses (FRANCISCO JUNIOR, 2008).

Para Wiemken (1990), a trealose, que é um açúcar geloide, podendo estar envolvido tem função de proteção da célula quando esta é submetida ao estresse, e não como carboidrato de reserva. Segundo Parazzi Jr. (2011), a proteção é exercida sobre componentes do citossol quando a planta é submetida a condições de estresse. A trealose é importante para a viabilidade celular, contudo é utilizada como carboidrato de reserva em condições nas quais não haja estresse. (BASSO e AMORIM, 1998)

A trealose é um dissacarídeo não redutor constituído de duas unidades de glicose (-D-glicopiranosil-[1,1]-_D-glicopiranosídeo) (QUEIROZ, 2006). Tem a capacidade de proteger membranas e proteínas por conferir resistência à dessecação em células com deficiência hídrica (EL-BASHITI et al., 2005). Para explicar as propriedades protetoras da molécula de trealose, há

modelos que elucidam o efeito de proteção da trealose na membrana da célula durante os processos de desidratação-hidratação. O modelo mais aceito é o proposto por CROWE et al. (1984), pelo qual a trealose interage com os grupos polares dos fosfolipídios na membrana celular.

A trealose substitui a água perdida em condições de estresse hídrico, ligando-se às extremidades polares dos fosfolipídios. Com a ligação da trealose à membrana, não ocorre alteração do espaçamento entre os fosfolipídios, evitando assim as separações laterais dos componentes da membrana que interferem negativamente no complexo mosaico fluido. Com a substituição das moléculas de água pela trealose não há passagem da fase fluida para a fase gel da membrana, mantendo-se a integridade e a fluidez da membrana, e assim, a viabilidade celular (WINGLER, 2002; PATIST e ZOERB, 2005).

A trealose tem origem das moléculas de UDP-glicose e glicose-6-fosfato que envolvem a transferência do resíduo D-glicose do nucleotídeo UDP-glicose para glicose-6-fosfato, acoplando-as através da enzima trealose-6-fosfato sintase (TPS), resultando a molécula trealose-6-fosfato, a qual é desfosforilada em trealose através da enzima trealose-6-fosfato fosfatase (TPP) (CABIB & LELOIR, 1958). A trealose é catabolisada nos vegetais através da enzima trealase que hidrolisa a ligação glicosídica (1-1) produzindo duas moléculas de glicose. (GODDIJN e DUN, 1999).

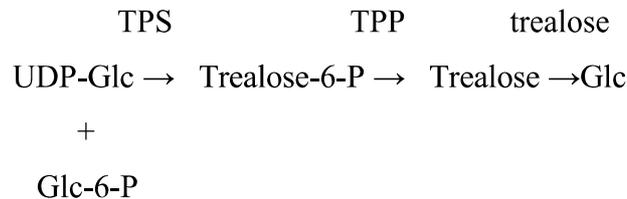


Figura 1. Biossíntese e degradação da trealose (CABIB & LELOIR, 1958).

Os métodos cromatográficos baseados no HPLC (“High Performance Liquid Chromatography”) têm sido aplicados, também, para quantificação da trealose (FERREIRA et al., 1997; GARG et al., 2002; El-BASHITI et al., 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em duas câmaras tipo fitotron, controladas por computador com termo regulação, tendo área de 8 m² cada câmara e altura de 2,20 m (figura 1) pertencentes a Embrapa- CNPA, cuja sede fica na cidade de Campina Grande-PB. O sistema de controle de temperatura das câmaras é composto por um sistema de refrigeração e aquecimento instalados externamente, os quais possibilitam a variação de temperatura de 15 a 45°C, com precisão de $\pm 1^\circ\text{C}$.

3.2 Delineamento Experimental

Cada unidade experimental foi constituída de uma planta/vaso de polietileno com capacidade para 20 litros, contendo substrato tipo turfa e areia na proporção 1:1. Todas as plantas receberam adubação mineral nitrogenada: 20% na fundação e 80% em cobertura, aos 15 dias após a emergência, usando com fonte o sulfato de amonio, na dosagem equivalente a 80 kg de N / hectare.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e 10 tratamentos com esquema de análise fatorial 5 x 2, sendo os fatores cinco genótipos de mamona, as cultivares: BRS Energia e BRS Gabriela, e três linhagens provenientes do Programa de Melhoramento Genético da mamona da Embrapa Algodão (CNPAM 2001- 50; CNPAM 2009- 7; BRA 3182), duas temperaturas (30/20°C e 40/30°C para o dia e a noite respectivamente) . O controle da umidade relativa foi feito pela aspersão de pequenas gotículas de água juntamente com ar pressurizado por um compressor, sendo o sistema acionado sempre que necessário por um controlador ligado ao microcomputador. A umidade ficou estabelecida em 50% e o CO₂ a

300ppm. A semeadura foi feita no dia 11.04.2011 sendo colocadas cinco unidades por vaso, permanecendo uma planta por vaso após o desbaste ou raleamento.



Figura 1. Fitotrons localizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Algodão. Foto: Dalva Silva, Campina Grande – PB, 2012.

Os vasos, que formam as unidades experimentais, foram irrigados com água desmineralizada, na quantidade necessária para manter as plantas em condições hídricas sem estresse hídrico, tendo-se feitas reposições diárias na medida das necessidades.

3.2 Avaliações efetuadas

Para o crescimento as variáveis analisadas foram: diâmetro caulinar (mm), altura da planta (cm), e área foliar (cm²/planta). Para a bioquímica foram analisados, nos tecidos foliares, os açúcares redutores e não redutores entre os quais a frutose, a sacarose e a trealose. Os teores de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis totais utilizou os tecidos foliares e radiculares.

3.3 Avaliações do crescimento

No estudo do crescimento, de coleta não destrutiva, avaliaram-se as seguintes variáveis a cada 15 dias: altura de planta, com auxílio de uma régua (Figura 2 A) diâmetro do caule com auxílio de um paquímetro digital (Figura 2 B) e área foliar da planta a metodologia descrita por Severino (2005), que utiliza-se da seguinte equação:

$$S = 0,2439 \times (P + T)^{2,0898}$$

Onde;

- S = área foliar;
- P = comprimento da nervura principal;
- T = comprimento médio das nervuras laterais.

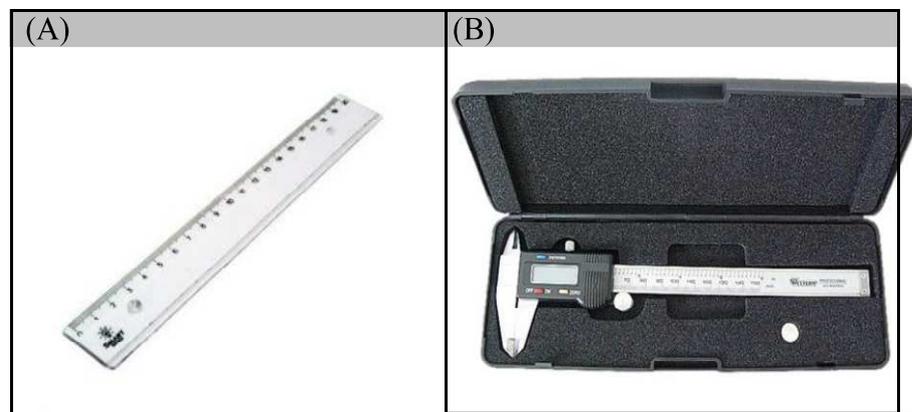


Figura 2- Instrumentos utilizados para as análises do crescimento: (A) régua (B) paquímetro digital.

3.4. Análises bioquímicas

3.4.1. Determinação da concentração de proteína total solúvel (PTS)

O reagente Coomassie Brilliant Blue G- 250 (BRADFORD) reage com as proteínas formando um complexo de coloração azul escuro. A ligação do corante às proteínas causa um aumento no pico máximo de absorção do corante de 465 para 595 nm, cuja absorbância apresenta uma correlação linear com valores de concentrações padrões de proteína.

Quantificou-se a concentração de proteínas solúveis pelo método de Bradford (1976). A curva padrão foi obtida com soro albumina bovina (BSA). A concentração de aminoácidos totais foi dosada de acordo com o método de Yemm e Cocking (1955), utilizando-se glicina para a construção da curva padrão.

3.4.2 Preparo da amostra

Foi usado 0,02g de matéria seca da folha e raiz moídos, em seguida macerado com auxílio de almofariz e pistilo em 1ml de solução tampão (Figura 3A) (fosfato de potássio pH 6,5) até ficar homogêneo. A amostra foi colocada em micro tubos contendo uma esfera de inox

(Figura 3B) e organizadas em suporte para micro tubos (Figura 3C) levada ao processador mini-beadbeater-96 (Marca: BIOSPEC) por 2 minutos, em seguida levada a centrífuga Mod. 3-16PK, Sigma® (Figura 3E) por 20 min a 1400rpm. Foi retirada uma alíquota de 100µL do extrato sobrenadante e foi adicionado a 3,0mL do reagente Bradford (Figura 3D) em um tubo de ensaio e a leitura colorimétrica da reação, realizada em espectrofotômetro Biomate 3, Thermo Scientific® (Figura 3F) a 595 nm. A concentração de PTS foi calculada a partir da curva padrão preparada com albumina de soro bovino (BSA).

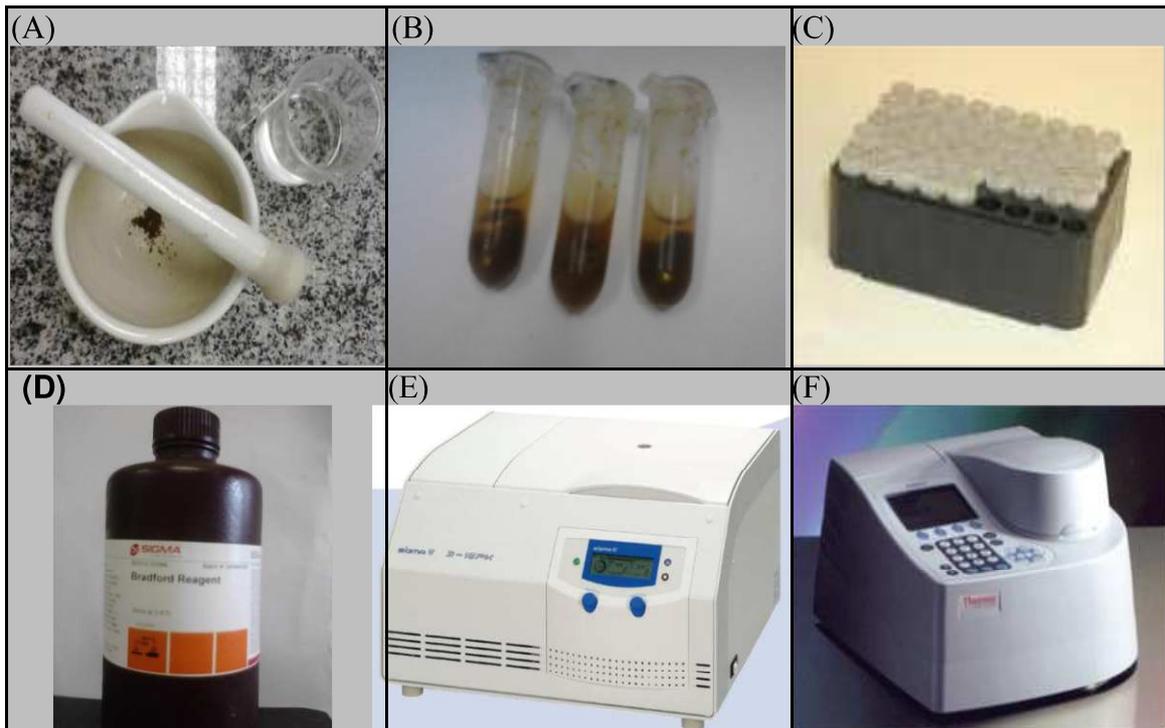


Figura 3- (A) Almofariz, pistilo e solução tampão (B) micro tubos com esferas. (C) equipamento mini-beadbeater (D) reagente Bradford (E) centrífuga Mod. 3-16PK, Sigma® (F) espectrofotômetro Biomate 3, Thermo Scientific®.

3.4.3 Carboidratos Solúveis

Os carboidratos solúveis foram determinados colorimetricamente mediante o aquecimento dos mesmos em presença de antrona. Nestas condições a reação ocorre com a formação de compostos de coloração esverdeada. A reação de antrona fundamenta-se na reação hidrolítica e desidratante do ácido sulfúrico concentrado sobre os carboidratos. Quando a reação é realizada com dissacarídeos, trissacarídeos ou polissacarídeos, estes são hidrolisados a monossacarídeos os quais são desidratados para furfural ou hidroximetil furfural. Estas substâncias se condensam com a antrona originando um composto de coloração azul.

Para determinação da concentração de carboidratos empregou-se metodologia descrita por Yemn e Willis (1954).

3.4.4 Preparo da amostra

Pesou-se 0,02g de material seco e moído de folha e raiz em balança de precisão. As amostras foram maceradas em 5 mL de etanol a 80%, com auxílio de almofariz e pistilo e, em seguida, adicionado 5 mL do mesmo reagente para transferência do extrato para tubo Falcon com capacidade para 15 mL (Figura 4A). As amostras foram centrifugadas a 4.500 rpm, por 10 minutos. Retirou-se uma alíquota de 1ml do sobrenadante, acrescentou-se 2 mL de solução antrona (Figura 4B) previamente preparada (0,2g de antrona dissolvido em 100 ml de ácido sulfúrico P.A.), a mistura foi aquecida à 100°C por 10 minutos, em banho-maria (BM D02, Biopar®) (Figura 4C), e, em seguida, resfriada em banho de gelo, procedeu-se à leitura das amostras a 620 nm. A concentração de carboidratos solúveis foi estimada segundo a curva padrão de solução de glicose e, os dados obtidos expressos em mg.g^{-1} MS.

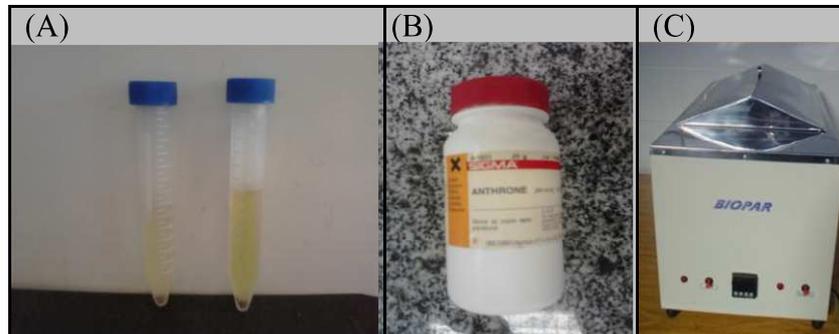


Figura 4- (A) Recipiente falcon com capacidade de 15 ml com extrato pronto para ser centrifugado. (B) Antrona. (C) banho-maria (BM D02, Biopar®)

3.4.5 Açúcares redutores e não redutores

Os monossacarídeos, glicose e frutose são açúcares redutores por possuírem grupo carbonílico e cetônico livres, capazes de se oxidarem na presença de agentes oxidantes em soluções alcalinas. Os dissacarídeos que não possuem essa característica, como a sacarose e trealose sem ocorrer hidrólise da ligação glicosídica, são denominados de açúcares não redutores. As concentrações de açúcares redutores e não redutores foram determinadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência' (HPLC) (figura 5C1).

3.4.6 Preparo das amostras

Foi pesado aproximadamente 1g de amostra (material vegetal seco e moído), em balança de precisão, depois colocado em tubos de ensaio de boca rosqueada e adicionado 50 mL de água milli-Q em seguida foi centrifugado a 100 rpm/min por duas horas, depois foi feita filtração a vácuo. As amostras foram acondicionadas em geladeira e levadas para Embrapa Agroindústria-CNPAT. Foi feita outra filtragem com auxílio de uma seringa própria para o equipamento

(Figura 5 A) e filtro com membrana 0,45 μm que se acopla a seringa (Figura 5 A1), colocadas em vials (Figura 5 B). Foi utilizado um sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, Varian equipado com duas bombas, modelo ProStar 210; injetor automático, modelo 410; detector de índice de refração modelo ProStar 355)(Figura 5 C). Coluna analítica Hiplax Ca (8% crosslinked, 8 μm , 300 x 7,7mm, Varian) e pré-coluna de aço inox Hiplax Ca (Varian). (Figura C1) Os açúcares analisados foram Trealose, Sacarose, Glicose e Frutose. Condições de operação: temperatura da coluna, 60°C; fase móvel, água miliQ, com vazão de 0,6 ml/min; tempo de análise, 30 minutos.

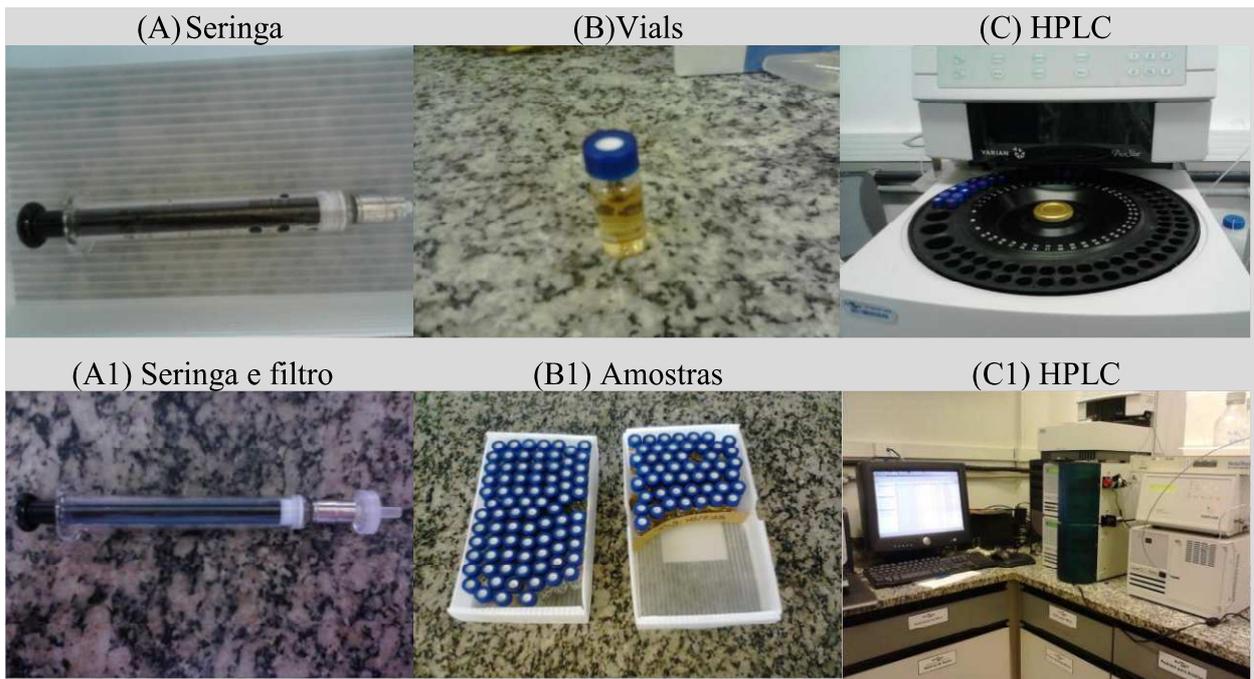


Figura 5- Detalhes e visão geral do cromatografo utilizado na pesquisa, pertencente a Embrapa Agrindustria Tropical, Fortaleza CE, onde (A) é a seringa apropriada para as amostras do HPLC. (A1) Seringa acoplada com filtro de membrana 0,45 μm , para filtragens das amostras. (B) Vials. (B1) amostras de mamona prontas para análise. (C) Amostras no equipamento HPLC. (C1) Imagem do equipamento completo (HPLC).

3.5 Análise dos resultados

Os dados dos experimentos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% (**), 5% (*) de probabilidade. Na ocorrência de interações significativas entre os dois fatores de cada experimento foram feitos os desdobramentos da interação entre os dois fatores estudados.

O ajuste da curva foi realizado pela função linear, por meio do software MicroCal Origin v. 8.0 (Original Lab Corporation, USA).

Antes da análise estatística, os dados referentes aos açúcares, precisaram ser transformados em \sqrt{x} para a normalização e redução do coeficiente de variação (CV).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de Crescimento

4.1.1 Altura de planta (cm)

Na Figura 6 pode-se observar as diferenças entre os tratamentos, na Figura 6 A as plantas atingiram uma maior altura com a temperatura de 30/ 20°C comparada com a Figura 6B onde as plantas obtiveram uma diminuição sob temperatura de 40/ 30°C.

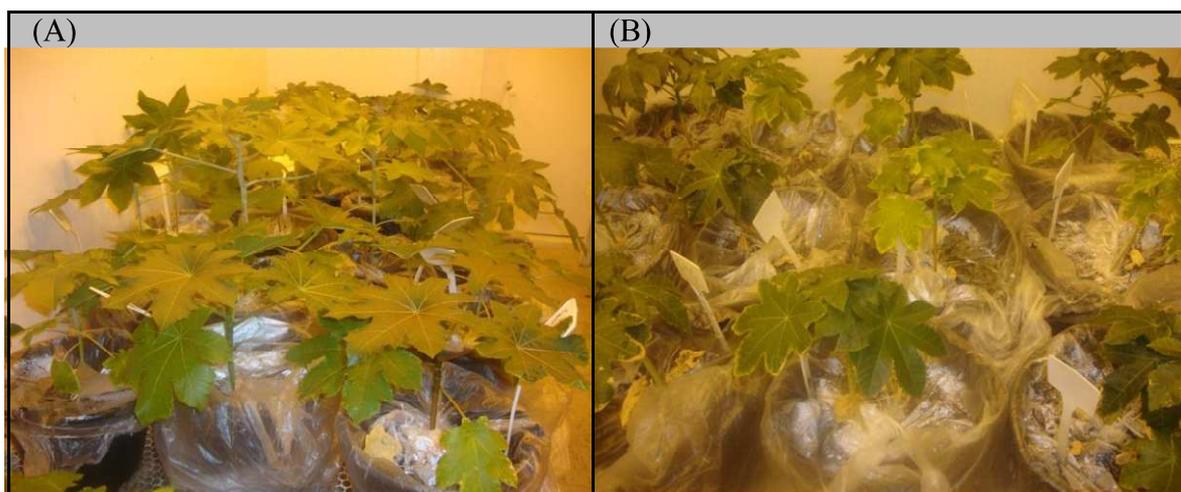


Figura 6 - (A) Experimento dentro do fitotron sob temperatura de 30/20°C e (B) sob temperatura de 40/30°C.

Sabe-se que a mamoneira é uma cultura tolerante as altas temperaturas, mas não se sabe qual genótipo é o mais indicado para temperaturas supraótimas, ou mesmo se tem algum mais resistente a temperaturas supraótimas. Genótipos da mamoneira adaptados às altas temperaturas

são pouco conhecidos na literatura e sem registro. Foram estudadas duas temperaturas a cima do ótimo ecológico (PACHECO, 2008; BELTRÃO et al., 2007) para se saber qual desses genótipos se comportariam melhor as mudanças sem comprometimento da planta até os 60 dias de sua emergência, e quais as possíveis alterações ocorridas no crescimento e na bioquímica das plantas..

Plantas de metabolismo C_3 , como a maioria das espécies de espermatófitas, tem muito baixa eficiência na transformação da energia radiante em energia química potencial, via processo fotossintético, sendo inferior a 1,5 % (BELTRÃO, 2007; LARCHER, 2000; MOTA, 1976).

Experimentos com mamona em condições controladas demonstraram que, nas condições de alta luminosidade e baixo déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera, ou seja, umidade relativa do ar mais elevada, a maior taxa de assimilação de dióxido de carbono ocorre na faixa de temperatura entre 30 e 35°C (DAI et al., 1992).

Na Tabela 1 são apresentados os resumos das análises de variância das variáveis de crescimento aos 60 dias após a emergência das plantas (DAE). Observa-se que houve diferenças significativas entre os genótipos para a variável altura da planta a 5% de probabilidade, as demais não foram significativas. Em relação à temperatura, as variáveis: altura ($p < 0,01$) e área foliar a ($p < 0,05$) tiveram diferenças significativas pelo teste F, respectivamente. Na interação observou-se que houve diferenças significativas a 5% tanto para a variável altura como para a variável diâmetro, não sendo significativo para a variável área foliar. Os coeficientes de variação encontrados foram relativamente altos, porem mesmo assim foram detectadas diferenças conforme foi colocado anteriormente, possivelmente devido à maioria dos genótipos testados serem ainda linhagens, sem total estabilidade genética.

Tabela 1 - Resumos das análises de variância aos 60 dias após a semeadura, para as variáveis de crescimento: altura de plantas, diâmetro caulinar, área foliar, e respectivas médias. Campina Grande-PB, 2011.

Fontes da variação	G. L.	Quadrados médios		
		Altura	Diâmetro	Área foliar
Genótipos (G)	4	586,60*	29,63 ^{ns}	3678647,67 ^{ns}
Temperatura (T)	1	1922,38**	9,37 ^{ns}	41463914,40 *
G x T	4	435,10*	45,35*	552512,74 ^{ns}
Resíduo	27	157,04 ^{ns}	16,34 ^{ns}	2692905,09 ^{ns}
TOTAL	39			
CV (%)		35,57	42,66	47,55
Médias				
30°C		43,00 a	9,86 a	3354,80 a
40°C		26,42 b	8,76 a	1965,96 a
DMS		7,75	2,39	3211,95

ns não significativo * significativo a 5% ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 2, de dupla entrada, devido à interação ter sido significativa entre os dois fatores estudados, temperatura e genótipos, verifica-se que os materiais genéticos se comportaram diferentes com relação às temperaturas impostas no interior dos fitotrons, com relação a variável altura de plantas. Como cada genótipo tem seu padrão de crescimento, no caso, refletido pela altura das plantas, pois tem base genética e tem a influencia do ambiente, conforme salientam Larcher (2000) e Rosenberg (1974), em sua obra clássica sobre o microclima e as respostas das plantas as variações do ambiente.

Tabela 2- Desdobramento para a interação, temperatura e genótipos para variável, altura, aos 60 DAE. Campina Grande- PB, 2011.

Altura (cm)	Genótipos				
	BRS Energia	BRS Gabriela	CNPAM 2001- 50	CNPAM 2009- 7	BRA 3182
Temperatura					
30/20°C	62,87 aA	35,27 bA	33,87 bA	36,80 bA	42,00 abA
40/20°C	34,00 aB	19,75 aA	44,25 aA	22,75 aA	20,75 aB

Em cada linha, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, o mesmo ocorre nas colunas com letra maiúsculas. Com DMS para linha de 25,888 e DMS 18,181 para coluna.

Verificou-se que a cultivar BRS Energia, de ciclo curto, período entre 100 a 120 dias da emergência das plântulas a colheita, foi diferente das demais, exceto a BRA 3182, com maiores valores para a altura de planta, considerando a temperatura de diurna de 30° C o que pode ser explicado pela maior precocidade das linhagens testadas ainda em fase de melhoramento

genético. Na temperatura mais elevada e mais estressante para a maioria das plantas superiores, os genótipos se comportaram por igual, do ponto de vista estatístico, como ser verificado na Tabela 2, na linha e com letras minúsculas. Considerando os genótipos dentro das temperaturas, verificou-se que somente as cultivares BRS Energia e a BRA 3182 decresceram a altura de plantas quando as mesmas foram submetidas a 40° C durante o dia, não se verificando nos demais genótipos que apresentaram menores taxas de crescimento. Cada genótipo pode ter um grau de tolerância diferente a temperatura, e esta mais elevada, acima do ótimo ecológico, caso de 40° C podem promover mudanças de substâncias no metabolismo das plantas, alterando a respiração, a fotorrespiração, a fotossíntese total, ou bruta e a aparente ou líquida, reduzindo o coeficiente fotossintético e assim o crescimento da planta (LARCHER, 2000), além de possíveis lesões bioquímicas, e desnaturação de proteínas (TAIZ E ZEIGER, 2009).

Considerando a variável diâmetro caulinar, que é um indicador do crescimento das plantas (BELTRÃO et al. 2011) , verificou-se que a interação entre os fatores estudados foi também significativa (Tabela 1) e assim fez o desdobramento da mesma , sendo que os dados estão contidos na Tabela 3.

Tabela 3- Desdobramento da interação, temperatura e genótipos, para variável, diâmetro (mm), aos 60 DAE. Campina Grande- PB, 2011.

Diâmetro	Genótipos				
	BRS Energia	BRS Gabriela	CNPAM 2001- 50	CNPAM 2009- 7	BRA 3182
Temperatura					
30/20°C	10,91 abA	6,07 bA	11,79 abA	5,39 bA	15,63 aA
40/20°C	9,25 aA	9,46 aA	9,65 aA	8,95 aA	7,63 aB

Em cada linha, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, o mesmo ocorre nas colunas com letra maiúsculas. Com DMS para linha de 8,352 e 5,866 para coluna.

Para a temperatura de 30/20° C, o genótipo BRA 3182 foi superior aos genótipos BRS Gabriela e CNPAM 2009- 7, e não diferiu da BRS Energia e da CNPAM 2001-50, o que não ocorreu na temperatura mais elevada testada, onde eles se nivelaram, pois o crescimento foi dificultado, em funções das reduções no metabolismo das plantas, com possível decréscimo do balanço de carbono e redução da carga de energia, na forma de ATP, como salienta Larcher (2000), quando as plantas estão submetidas a estresses abióticos, caso de temperaturas supraótimas, e redução da síntese de proteínas e a aumento da degradação delas e de outras macromoléculas, incluindo os lipídeos e açúcares polimerizados. Para as cultivares e linhagens dentro das temperaturas, letas maiúsculas nas colunas (Tabela 3), somente a cultivar BRA 3182 foi diferente, não ocorrendo assim nos demais genótipos.

Os dados da Figura 7 referem-se ao crescimento médio de todos os genótipos em altura, em função do tempo para as duas temperaturas estudadas. De forma geral, observou-se que os genótipos obtiveram um aumento na altura em decorrência do período para ambas as temperaturas, com redução na altura das plantas em função da maior temperatura utilizada. Experimento em condições controladas com a cultivar BRS Energia, Silva (2011) utilizando CO₂ nas concentrações de 400 e 800 ppm, verificou menor altura para as plantas na maior concentração deste fator de produção, para uma mesma faixa de temperatura do ambiente.

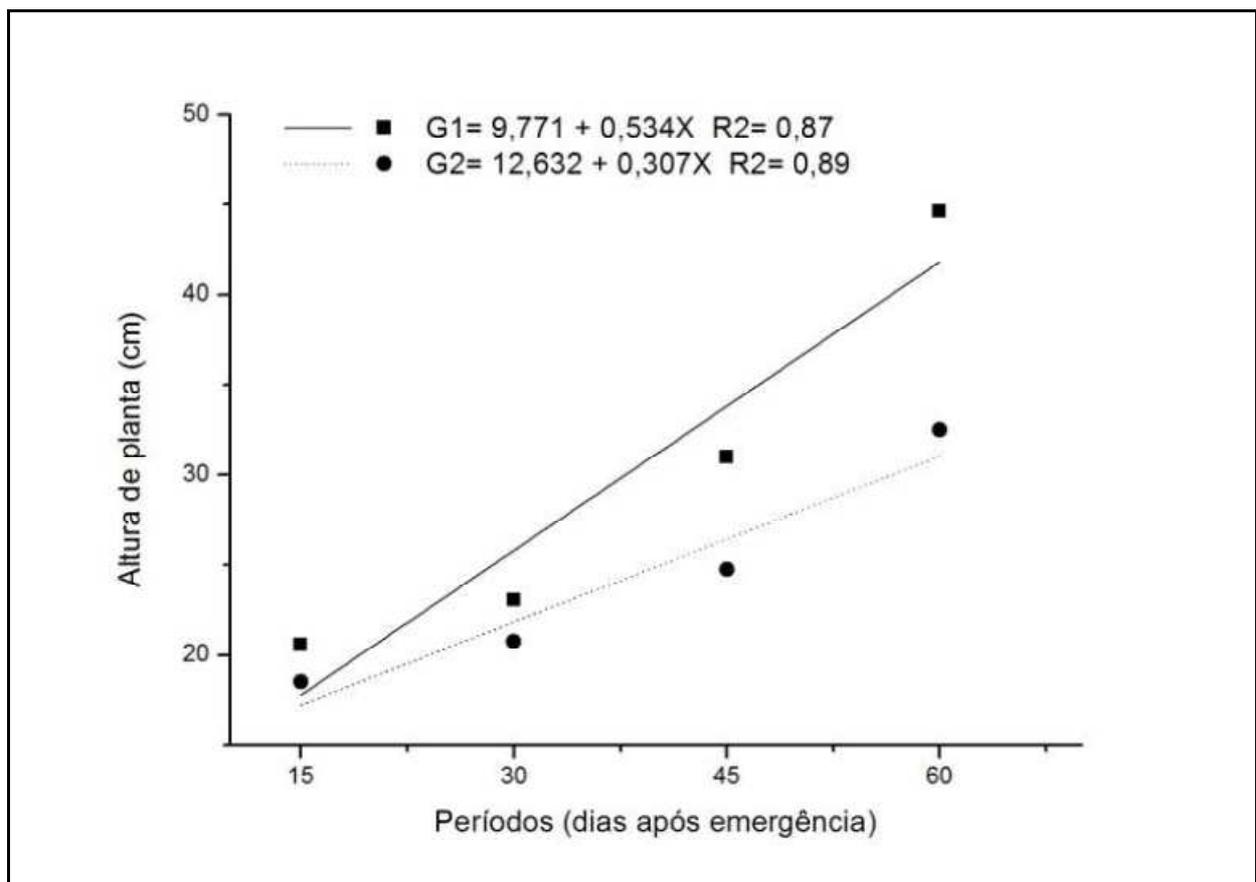


Figura 7 - Altura média dos genótipos nas duas temperaturas 30/ 20°C (■) e 40/ 30°C (●) nas quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias. Campina Grande, PB, fitotron. 2011.

A altura das plantas apresentou crescimento linear e uma evolução normal, para a primeira fase do crescimento da mamona, pois a avaliação foi somente nos primeiros 60 dias de vida das plantas e dados semelhantes foram observados Alves (2009) com a cultivar BRS Energia, por Cardoso et al.(2006), Beltrão et al. (2001) com a cultura do algodão, e Beltrão et al. (2000) com a cultivar 7MH, híbrido sintético de algodão em duas populações de plantas.

Souza e Beltrão (1999) explicam que esse crescimento rápido até os 60 dias é normal para o algodoeiro herbáceo, e que depois disso é mais lento (podendo ter pequenas variações entre genótipos). Após esta fase, grande parte dos assimilados usados no crescimento vegetativo são transportados para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, que são altamente competitivos, no caso da mamona que tem crescimento dicotômico, indeterminado, conforme salientam Beltrão et al. (2011) e Beltrão et al. (2009).

Para a altura em relação a cada genótipo (Figura 8) verificou-se que a cultivar BRS Energia (G1) teve um maior crescimento durante o período de 60 dias. Já o genótipo BRS Gabriela foi quem apresentou a menor altura no período avaliado com uma diferença de 63,59% ou 17,63 cm em relação à BRS Energia.

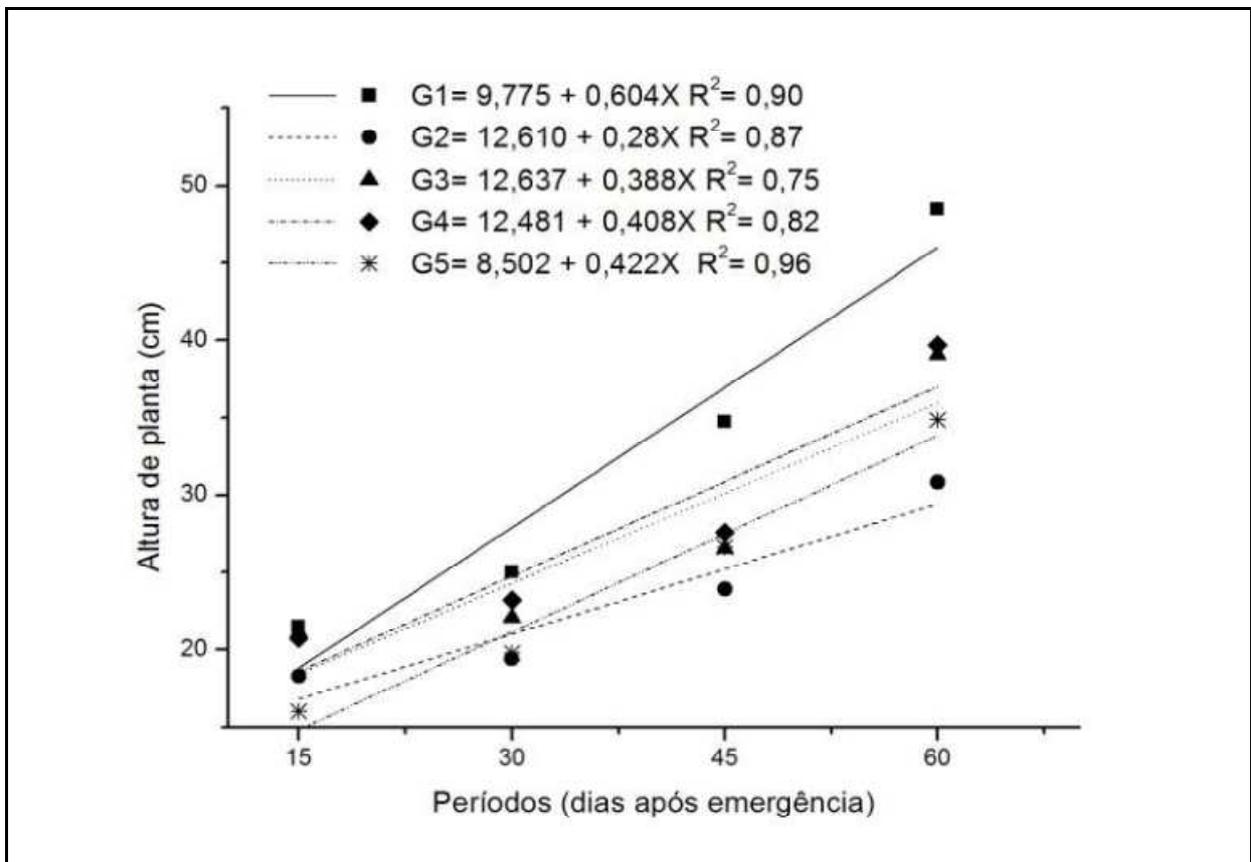


Figura 8 - Altura dos genótipos: BRS Energia (■) BRS Gabriela (●) CNPAM 2001- 50 (▲) CNPAM 2009- 7 (◆) BRA 3182 (*) em função do período das quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.

Anjos (2006) observou em seu trabalho com diferentes linhagens e cultivar de mamona, que todas as linhagens apresentaram altura de planta inferior aos padrões das cultivares, o mesmo observado nesse trabalho, pois a tendência do melhoramento genético na atualidade com esta euforbiácea energética (oleaginosa) é reduzir o ciclo e a altura, visando facilitar a colheita,

em especial a mecânica, dada a escassez de mão de obra em quase todas as regiões do Brasil no meio rural.

Podendo-se presumir para as temperaturas 30/ 20°C e 40/ 30°C (Figura 9), que de 92% a 97% dos dados obtidos indicam que os modelos estão perfeitamente ajustados pela análise de regressão respectivamente. Já para os tratamentos de genótipos a variação foi de 0,72 a 0,99, ou seja, os modelos encontrados indicam que de 72% a 95% dos dados obtidos são ajustados pela regressão. Portanto, verificam-se ótimos valores dos coeficientes de determinação (R^2) para as equações, indicando bom ajuste das equações aos dados. Observou-se que os resultados obtidos do diâmetro do caule se ajustaram ao modelo linear e sendo esta variável reduzida com o acréscimo da temperatura.

Na Figura 9 podem-se observar resultados semelhantes comparados com altura, à temperatura de 30/ 20°C as plantas obtiveram um melhor resultado comparado com a temperatura de 40/ 30°C.

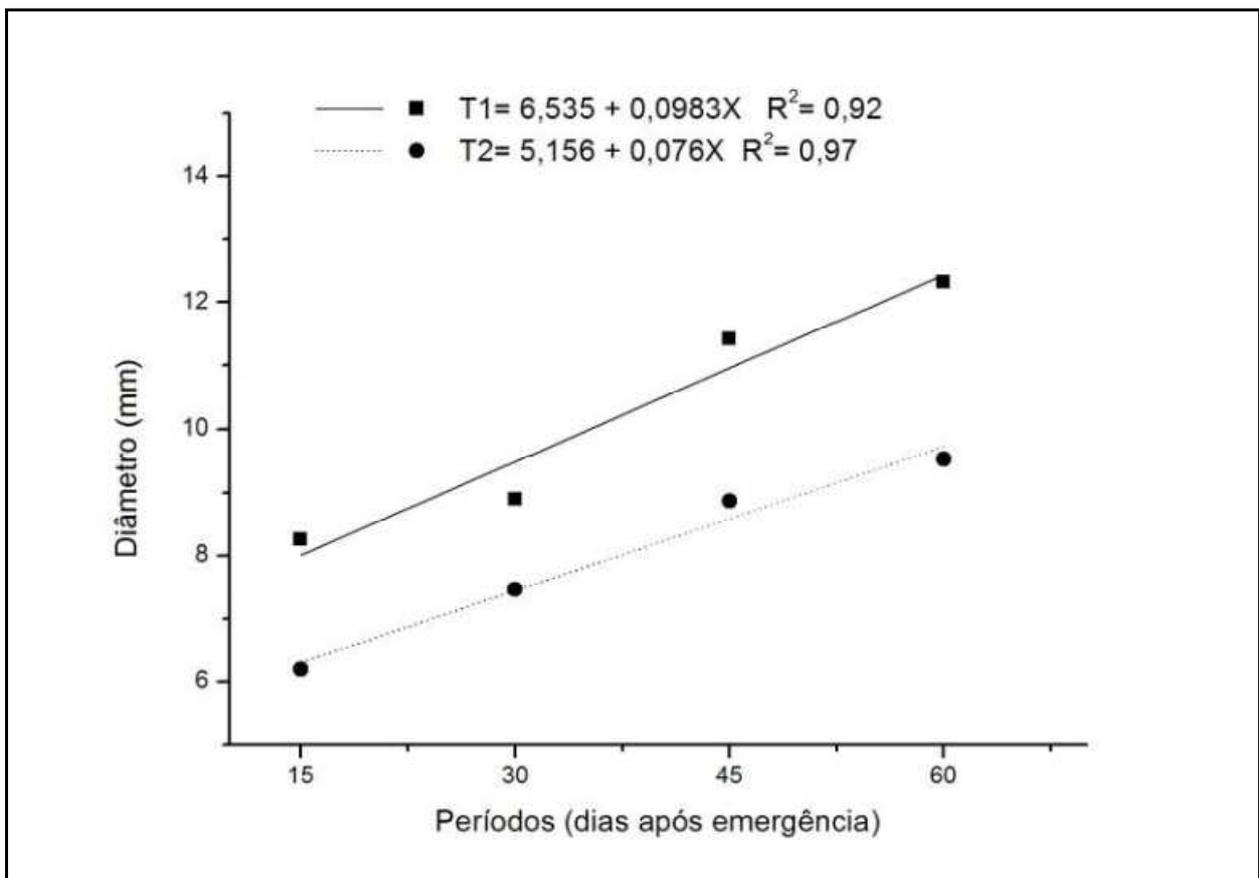


Figura 9 – Diâmetro caulinar dos genótipos nas duas temperaturas 30/20°C (■) e 40/30°C (●) nas quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.

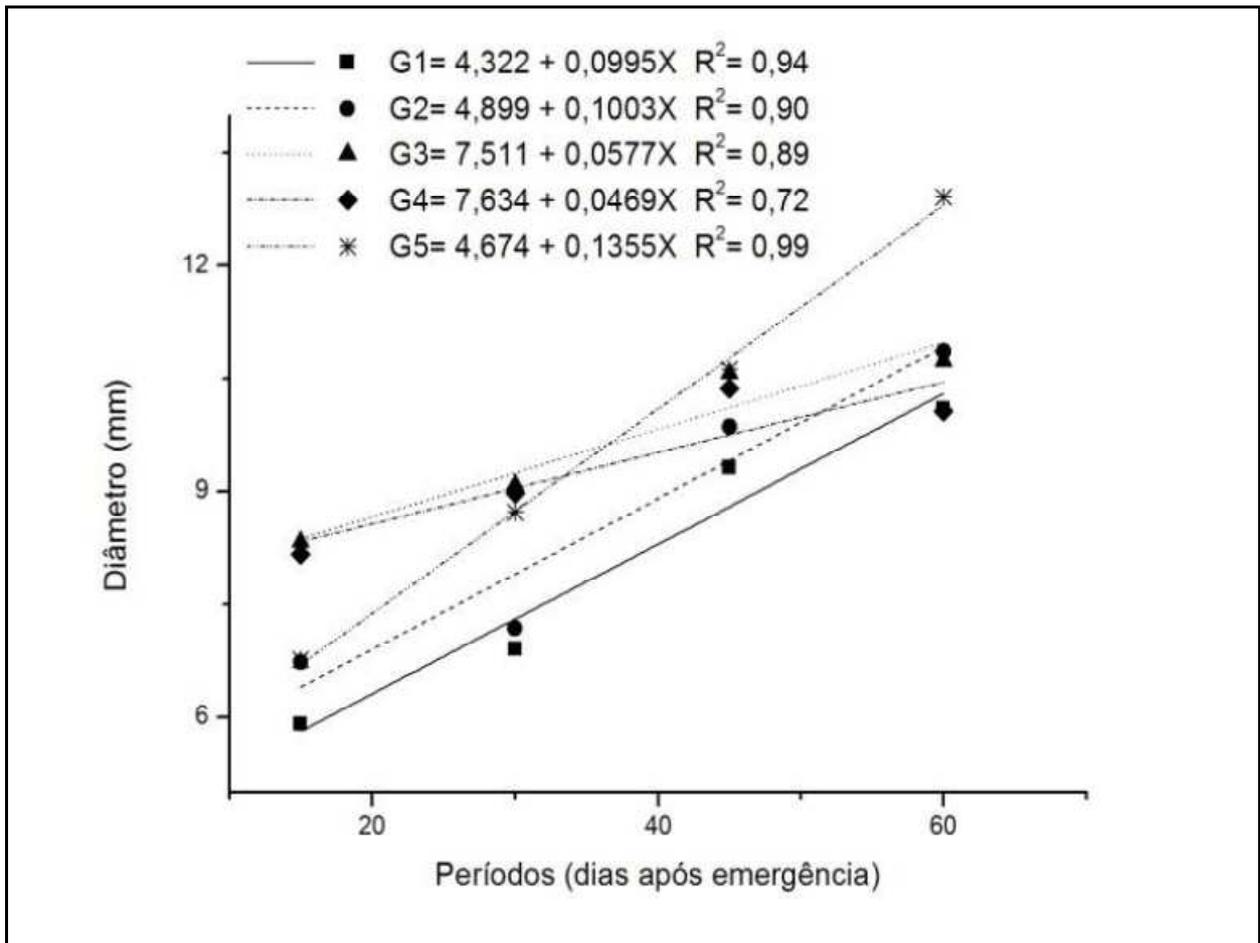


Figura 10 – Diâmetro caulinar médio dos genótipos: BRS Energia (■) BRS Gabriela (●) CNPAM 2001- 50 (▲) CNPAM 2009- 7 (◆) BRA 3182 (*) em função do período das quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.

Para a variável, diâmetro do caule (Figura 10) verifica-se que, houve diferenças entre as cultivares. Ao contrário da altura, a cultivar BRS Energia foi a cultivar que apresentou o menor diâmetro caulinar e a BRA 3182 apresentou maior diâmetro caulinar. Dados semelhantes foram apresentados por Barreto et al.(2010).

A regressão para a área foliar nas duas temperaturas foi semelhante para as análises de altura e diâmetro caulinar, tendo crescimento linear. Em que as plantas obtiveram um acréscimo na área foliar sendo que um maior desempenho foi obtido na temperatura de 30/20°C. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2011) com a cultivar BRS Energia até os 60 dias em relação à área foliar.

Na Figura 11 observa-se a área da folha entre as duas temperaturas, na Figura (A) sob temperatura de 30/ 20°C e na Figura (B) em temperatura de 40/ 30° C.

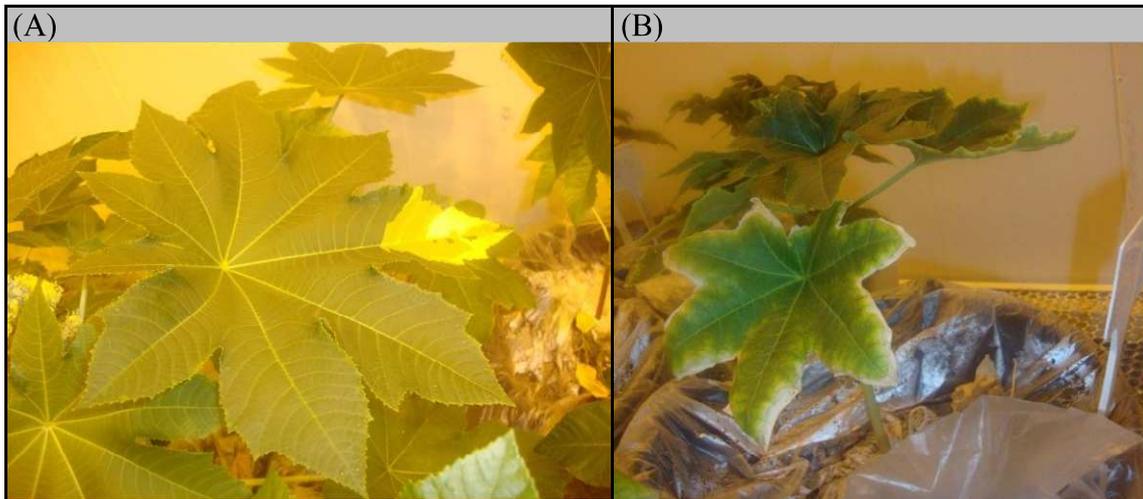


Figura 11- Diferença visuais das plantas sob duas temperaturas: (A) Folha sob temperatura de 30/ 20° C. (B) Folha sob temperatura de 40/ 30° C.

Observou-se que, as temperaturas exerceram influencia significativa. Verificou-se que, na temperatura de 30/20°C as plantas de mamoneira, aos 15 dias tiveram área foliar de 1228,02 cm² com aumento de 75,22% até os 60 dias onde foi evidenciado o valor mais expressivo 4956,98 cm² de área foliar. Aumentando-se a temperatura para 40/30°C registrou-se diminuição de 28,94% com relação ao valor obtido na temperatura de 30/ 20°C. No intervalo compreendido entre 15 e 60 DAE, calculou-se expansão de 76,90% em área foliar para a temperatura de 40/30°C. (Figura 12).

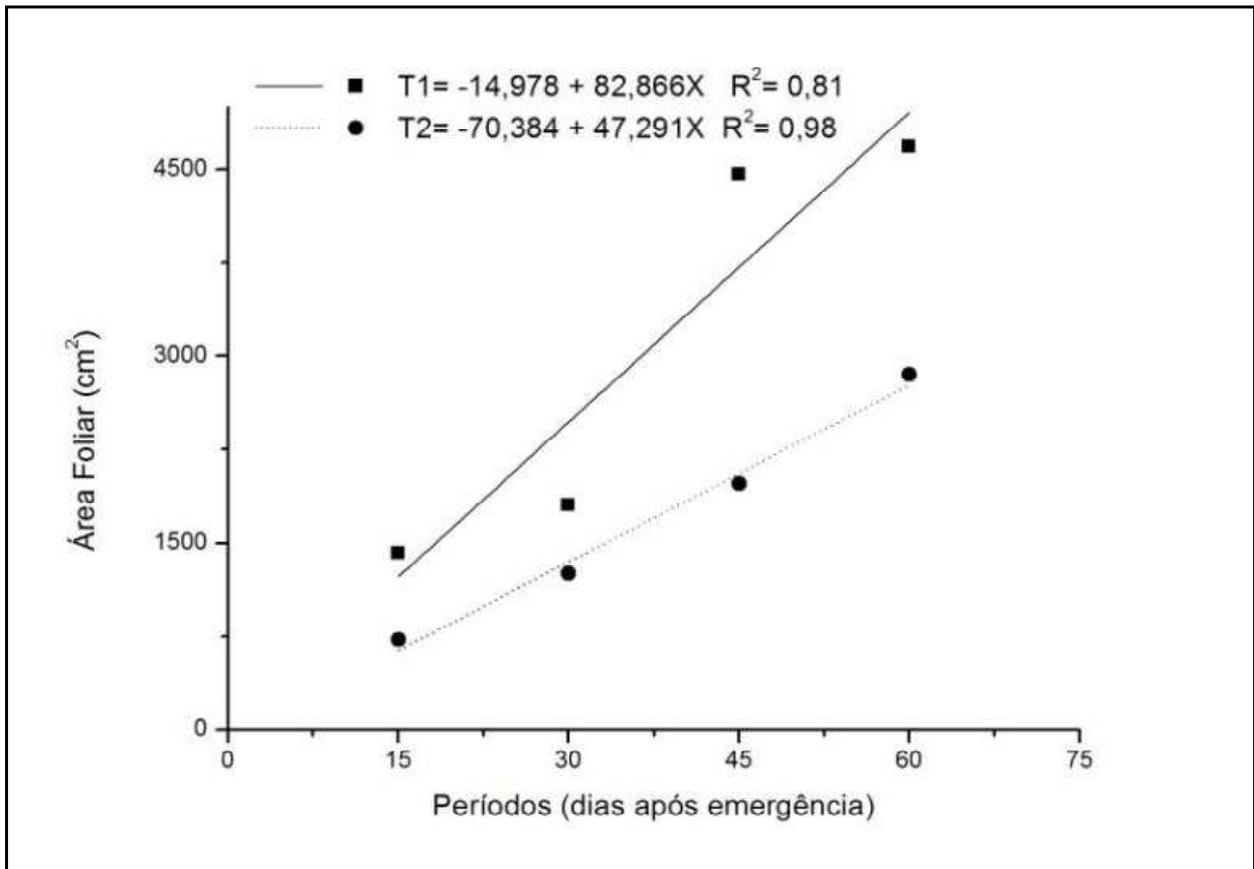


Figura 12 - Área foliar média dos genótipos nas duas temperaturas 30/ 20°C (■) 40/ 30°C (●) nas quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.

Para os genótipos em função do período (Figura13), a linhagem CNPAM 2001-50 foi a que promoveu um maior incremento de 53,81% na área foliar em relação ao valor 2074,26 cm², verificado aos 15 DAE, comparado com o valor 4481,23 cm² obtido em 60 DAE. Observa-se que a linhagem BRS Gabriela dos cinco genótipos foi a que obteve o menor valor. Pode-se dizer que aos 15 DAE a planta atingiu 766,59 cm² uma diferença de 63,04% em relação à de maior rendimento. Comparando os valores no período de 60 DAE, a BRS Gabriela obteve uma diferença de 25,97% em relação ao tratamento de melhor resposta. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2011) com a cultivar BRS Energia até os 60 dias em relação à área foliar.

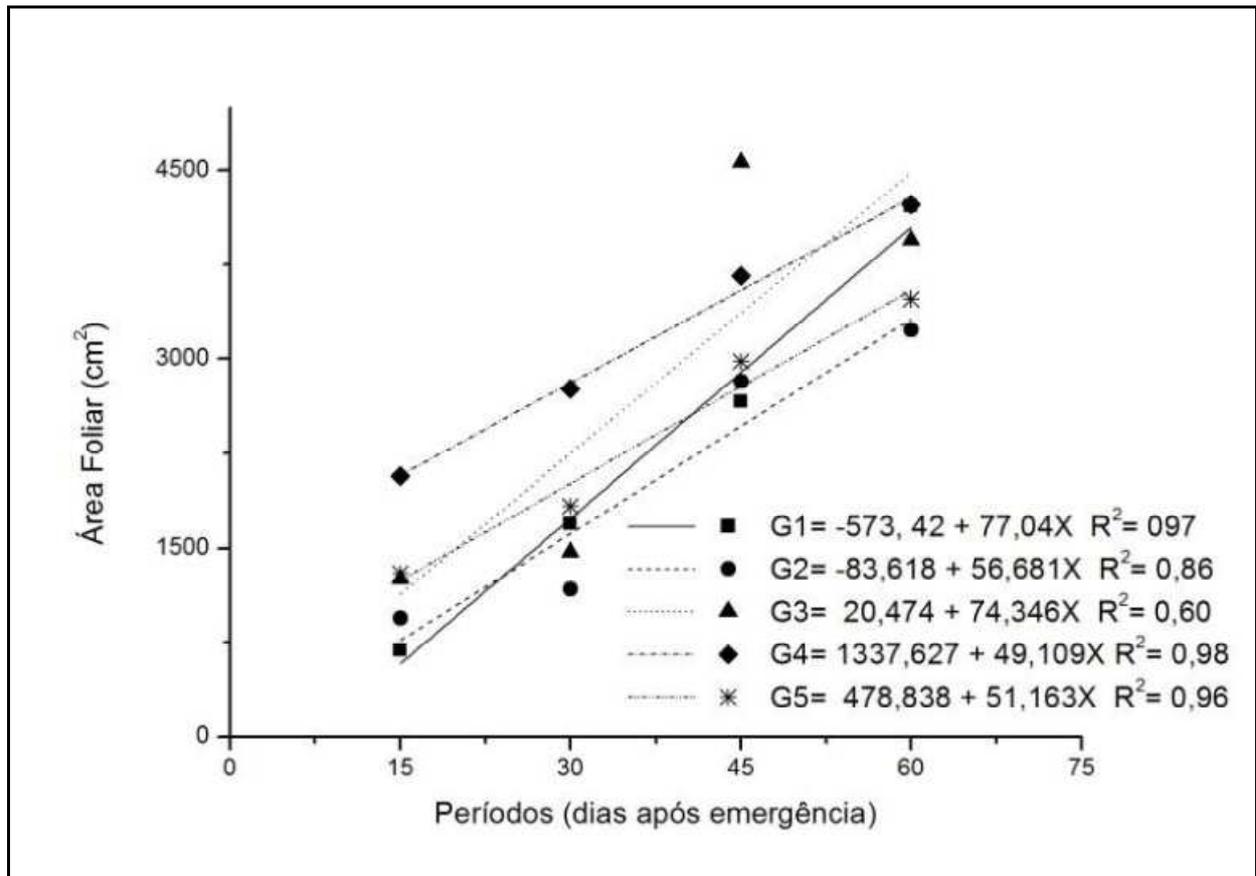


Figura 13- Área foliar média dos genótipos: BRS Energia (■) BRS Gabriela (•) CNPAM 2001-50(▲) CNPAM 2009- 7(♦) BRA 3182 (*) em função do período das quatro avaliações de 15, 30, 45 e 60 dias.

4.2 Teor de proteínas totais e carboidratos solúveis.

As altas temperaturas promoveram o acúmulo de carboidratos e proteínas nas raízes de mamoneira de maneira significativa aos 60 DAE. Chaves Filho e Stacciarini- Seraphin (2001) e Marur (1999) descrevem aumento no teor de carboidratos associado à diminuição do potencial hídrico em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) e algodão (*Gossypium hirsutum* L.), respectivamente, o que pode evidenciar espécies de ajustamento osmótico das plantas em condições de estresses, pois em geral o estresse térmico é acompanhado pelo estresse hídrico, pois a água é na verdade o tampão térmico do planeta, devido as suas propriedades singulares, em especial o elevado calor latente de vaporização e o elevado calor específico (LARCHER , 2000). No caule não ocorreu tal fato, pois as plantas são organismos sem regulação de temperatura e cada órgão tem a temperatura próxima do seu ambiente, sendo organismos poiquilotérmicos, segundo Larcher (2000).

Tabela 4 - Resumos das análises de variância para as variáveis; proteína folha, proteína raiz, carboidrato folha, carboidrato raiz e respectivas médias. Campina Grande- PB, 2011.

Fontes da variação	G. L.	Quadrados médios			
		Proteína Folha	Proteína Raiz	Carboidrato Folha	Carboidrato Raiz
Genótipos (G)	4	4713,09 ^{ns}	23119,10 ^{**}	5481,98 ^{ns}	2589,50 ^{ns}
Temperatura (T)	1	3905,52 ^{ns}	410169,79 ^{**}	20159,96 ^{**}	72674,72 ^{**}
G x T	4	3002,19 ^{ns}	30714,19 ^{**}	3090,59 ^{ns}	92,950 ^{**}
Resíduo	27	2228,44 ^{ns}	5095,57 ^{ns}	3263,41 ^{ns}	2158,99 ^{ns}
TOTAL	39				
CV%		48,64	41,16	39,55	41,39
Médias					
30°C		2,36 b	8,68 a	5,27 a	4,89 a
40°C		3,77 a	2,28 b	3,85 b	2,20 b
DMS		0,96	1,46	1,17	0,95

* significativo a 5% de probabilidade ** significativo a 1% de probabilidade ns não significativo pelo teste F.

Considerando os teores de proteínas na raiz, verifica-se na Tabela 5, interação significativa entre os fatores estudados, para a variável concentração de proteínas nas raízes que na temperatura de 30/20° C que o acúmulo de proteínas variou entre os genótipos testados, como era esperado, pois apresentam constituições genéticas diferentes, apesar de serem da mesma espécie, sendo que a BRA 3182, que vem do cruzamento entre a BRS Nordestina e a BRS Paraguaçu, seleção entre as populações segregantes, conforme a Embrapa (2012) apresentou teor médio de proteínas e os genótipos BRS Gabriela e CNPAM 2001- 50 tiveram quase que o dobro de tais macromoléculas com relação a BRS Energia , que sabidamente é mais fraca do que as demais cultivares em uso , em especial as produzidas pela Embrapa , tais como BRS Nordestina e BRS Paraguaçu que tem ciclo mais tardio, com em media de 240 dias, e podem ser deixadas para o cultivo no segundo ano de seu ciclo , o que não ocorre com a cultivar testada neste estudo.

Nos limites biológicos, entre 5 e 40° C , a cada de 10° C aumentado, as reações da células duplicam de velocidade e incrementa o gasto energético para manter as estruturas celulares e aumenta a respiração ineficiente. Resistente ao cianeto, também denominada de alternativa (MARENCO e LOPES, 2009), que produz somente 7 unidades de ATP, moeda energética da célula, por mol de glicose oxidada. Enquanto a respiração normal, produz em media 29 ATP por mol de glicose oxidada completamente no citossol (glicólise) e nas mitocôndrias no ciclo dos ácidos tricarbóxicos.

Considerando o comportamento dos genótipos dentro das temperaturas, ainda na Tabela 5, verifica-se que a BRS Energia foi a mais tolerante, em relação os valores de proteínas nas raízes. Não tendo redução significativa e diferindo das demais, que nos 40° C, tiveram reduções elevadas nos teores de proteínas nas raízes, podendo ter tido um maior incremento na síntese das proteínas de choque térmico, segundo Taiz e Zeiger (2009) são mediadores da termo tolerância.

Para os teores de carboidratos nas raízes, na Tabela 6, verifica-se o desdobramento da interação entre os fatores estudados com maior acúmulo aos 30/20°C para o genótipo BRA 3182, embora sem diferir dos demais, exceto a BRS Energia, que apresentou nesta temperatura, o menor valor para carboidratos nas raízes, o que era esperado, devido a sua elevada precocidade. A semelhança do que ocorreu para as proteínas nas raízes, na temperatura de 40° C, os genótipos não diferiram entre si, indicando que os danos foram semelhantes no metabolismo de todos eles, devido à redução dos processos vitais das plantas, em especial a fotossíntese.

Tabela 5: Desdobramento para a interação, temperatura x genótipos para variável, proteína da raiz ($\mu\text{g/g}$). Campina Grande- PB, 2011.

Proteína Raiz	Genótipos				
	BRS Energia	BRS Gabriela	CNPAM 2001- 50	CNPAM 2009- 7	BRA 3182
Temperatura					
30/20° C	5,61 bA	12,87 aA	11,20 aA	4,63 bA	9,10 abA
40/30°C	3,28 aA	2,91 aB	1,73 aB	2,62 aA	0,84 aB

Em cada linha, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade, o mesmo ocorre nas colunas com letra maiúsculas. Com DMS para linha de 3,29 e 3,27 para coluna.

No estresse a tendência das plantas é hidrolisar o amido, polissacarídeo de glucose, osmoticamente neutro, para se ajustar osmoticamente e resistir mais aos danos causados pelo agente estressor, no caso a temperatura supraótima. Considerando os genótipos dentro das temperaturas, letras maiúsculas na vertical (colunas), Tabela 6, verifica-se que mais uma vez a BRS Energia não diferiu, bem como a CNPA 2009-7, enquanto nas demais os teores de carboidratos não variaram significativamente, do ponto de vista estatístico.

Tabela 6: Desdobramento para a interação, temperatura x genótipos para variável, carboidrato da raiz ($\mu\text{g/mL}$). Campina Grande- PB, 2011.

Carboidrato Raiz	Genótipos				
	BRS Energia	BRS Gabriela	CNPAM 2001- 50	CNPAM 2009- 7	BRA 3182
Temperatura					
30/20° C	2,53 bA	5,90 aA	4,85 abA	4,65 abA	6,54 aA
40/30°C	2,65 aA	1,54 aB	2,15 aB	3,23 aA	1,43 aB

Em cada linha, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade, o mesmo ocorre nas colunas com letra maiúsculas. Com DMS para linha de 3,03 e 2,1 para coluna.

4.3 Análise dos açúcares: trealose, frutose e sacarose.

Na Tabela 7, verifica-se os resumos das análises de variância dos dados para as variáveis teores de trealose, sacarose e frutose nas folhas, determinados via cromatografia líquida, com diversos efeitos significativos, inclusive para as interações entre os dois fatores estudadas para as variáveis trealose e sacarose, respectivamente a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F,

Tabela- 7. Resumo das análises de variância para as variáveis; Trealose, Sacarose e Frutose. Campina Grande- PB, 2011.

Fontes da variação	G. L.	Quadrados médios		
		Trealose	Sacarose	Frutose
Genótipos (G)	4	0,07**	4,75*	1,41 ^{ns}
Temperatura (T)	1	26,59*	7,66*	1,85 ^{ns}
G x T	4	2,68*	10,98**	0,49 ^{ns}
Resíduo	27	0,89 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,42 ^{ns}
TOTAL	39			
CV (%)	39	27,35	28,73	38,57
<hr/>				
30/20°C		2,64 b	3,41	3,30 a
40/30°C		4,27 a	4,29	2,87 a
<hr/>				
DMS		0,61	0,71	0,77

* significativo a 5% de probabilidade ** significativo a 1% de probabilidade ns não significativo pelo teste F. Os dados foram transformados em \sqrt{x}

Na Tabela 8 tem-se os valores obtidos para as concentrações do açúcar geloide, trealose, um diholosídeo não redutor, formado por duas unidades de glicose. Verificou-se que na temperatura mais baixa, 30/20° C, os genótipos apresentaram concentrações semelhantes deste açúcar solúvel em água e dispersível em óleo, o que era esperado, pois esta temperatura está próxima do ótimo para o metabolismo normal da planta de mamona.

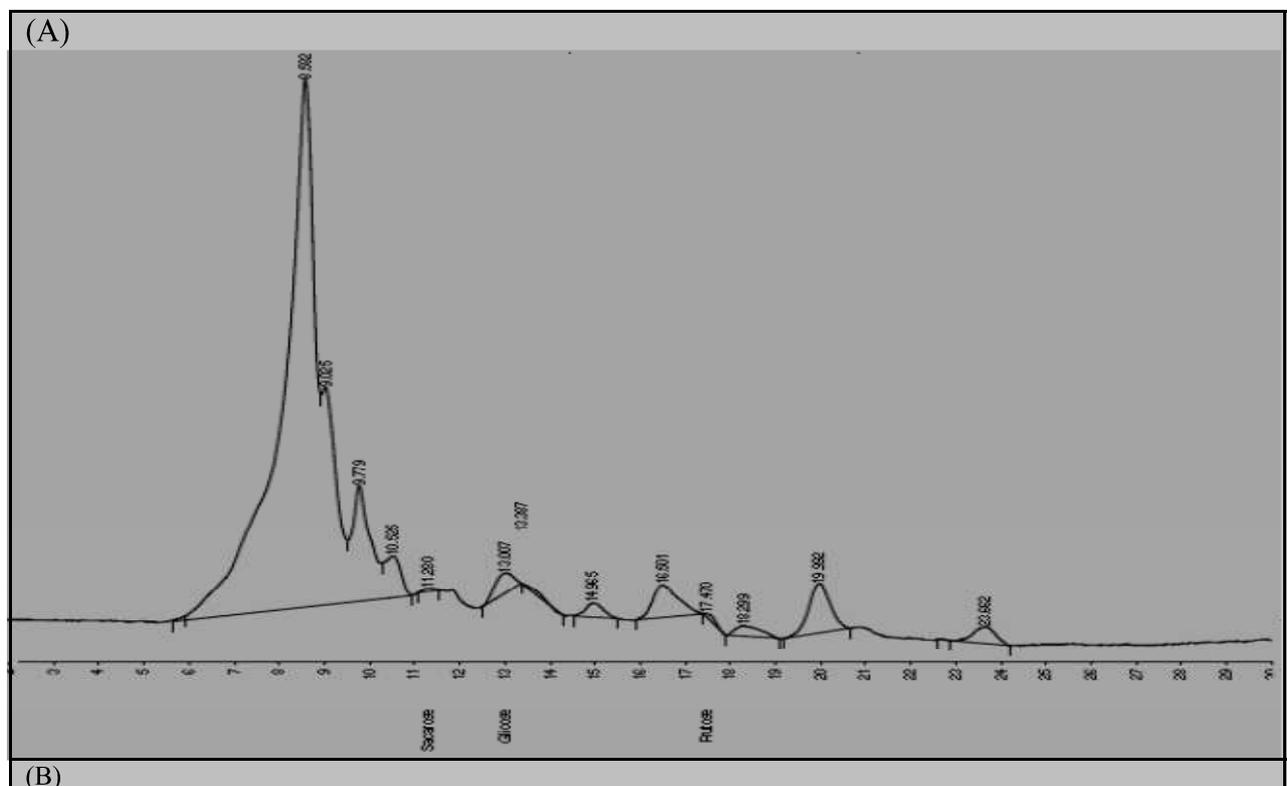
Tabela 8- Desdobramento para a interação, temperatura x genótipos para variável, Trealose (mg/L). Campina Grande- PB, 2011.

Trealose	Genótipos				
	BRS Energia	BRS Gabriela	CNPAM 2001- 50	CNPAM 2009- 7	BRA 3182
<hr/>					
Temperatura					
30° C	2,3792 aB	2,2095 aB	2,1597 aB	3,3620 aA	3,1205 aA
40°C	4,6687 aA	4,8340 aA	4,6633 aA	3,7193 aA	3,4994 aA

Em cada linha, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, o mesmo ocorre nas colunas com letra maiúsculas. Com DMS para linha de 1.9458.e 1.3682para coluna.

Entretanto, na temperatura mais elevada, 40/30°C, o cenário foi totalmente diferente, pois as cultivares tiveram aumento na concentração do referido dissacarídeo, que é um termo protetor, com ação osmótica (CARLIN e SANTOS, 2009), protetor das membranas celulares, quando ocorre estresses denotando comportamento diferenciado entre os genótipos no tocante as temperaturas estudadas, como o hídrico e o térmico. Considerando os genótipos dentro do fator temperatura, foi verificado que a cultivar BRS Energia, apresentou aumento significativo no teor da trealose (Tabela 8), bem como as linhagens BRS Gabriela e CNPAM 2001 – 50. Indicando comportamento diferenciado ao calor entre os genótipos testados.

Na Figura 14 observa-se individualmente a cultivar BRS Energia em cada temperatura (30/20° C e 40/30° C). Nota-se que a Figura 14 A, representa na temperatura de 30/20° C, o pico da trealose não foi observado, em compensação o pico da glicose foi expressivo. Para a Figura 14 B, fica evidenciado o pico da trealose, mas o da glicose não expressou resultados significativos, não podendo ser visto seu pico. A trealose somente se acumula nas células, e atinge elevadas concentrações, quando a glicose do meio estiver esgotada, e isto ocorre nos genótipos mais resistentes ao calor, conforme observações de Alcarde e Basso (1997), e seu acumulo ocorre quando a taxa de crescimento da planta decresce devido a um agente estressante, caso da elevada temperatura do ambiente.



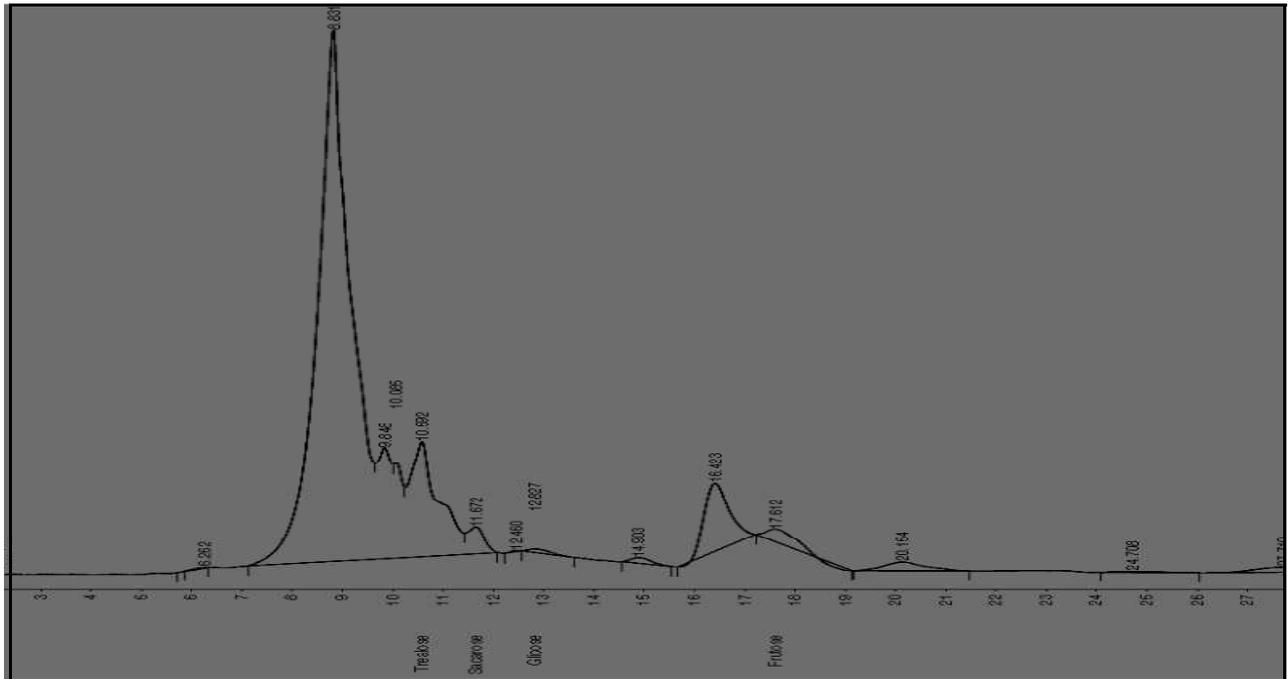


Figura 14- Teores de açúcares solúveis: trealose, sacarose, frutose e glicose, determinados em cromatografia líquida, plantas submetidas à temperatura 30/20° C (A) e 40/30°C (B), para a cultivar BRS Energia.

Considerando a sacarose, que também é um diholosídeo, formado por uma molécula de glicose e uma de frutose, 12 Carbonos, como tem também a trealose, que também é denominada de tremalose ou micose, verifica-se na Tabela 8 que na temperatura mais baixa, 30/20° C, a BRS Energia teve a menor concentração e diferiu dos demais genótipos testados, porém o mesmo não ocorreu aos 4/30° C, onde ele apresentou a maior concentração.

Por outro lado, analisando-se os genótipos dentro das temperaturas, foi evidenciado que a BRS Energia teve aumento expressivo deste açúcar solúvel com a temperatura de 40/30° C, denotando-se que ela tem mecanismo mais rápido de defesa contra ao efeitos deletéricos de temperaturas supra ótimas no maquinaria celular, em especial o ajustamento osmótico, pois a tendência é a planta no estresse procurar outro estado de equilíbrio, embora tenha que reduzir, por questões de sobrevivência, a sua taxa de crescimento, como ficou evidenciado neste trabalho.

Tabela 9- Desdobramento para a interação, temperatura x genótipos para variável, Sacarose (mg/L). Campina Grande- PB, 2011.

Sacarose	Genótipos				
	BRS Energia	BRS Gabriela	CNPAM 2001- 50	CNPAM 2009- 7	BRA 3182
Temperatura					
30/20° C	2,6988 bA	3,4093 aA	4,2490 aA	3,2200 aA	3,5045 aA
40/30°C	7,5865 aA	4,1082 bA	3,1160 bA	2,9112 bA	3,7365 bA

Em cada linha, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade, o mesmo ocorre nas colunas com letra maiúsculas. Com DMS para linha de 2.2756.e 1.6001 para coluna.

5- CONCLUSÕES

1- A mamoneira, representada por diversos genótipos, entre os quais a cultivar BRS Energia, e a linhagem BRA 3182, que na atualidade é a BRS Gabriela, ambas precoces, é sensível a temperaturas do ambiente elevadas como, 40° C, durante o dia e 30° C, durante a noite, em ambiente controlado, fitotrons, apresentando reduções significativas no crescimento inicial, nos teores de proteínas e açúcares nas raízes e incremento no teor de trealose, açúcar geloide, nas folhas.

2- No tocante ao crescimento inicial das plantas de mamoneira, até os primeiros 60 dias da emergência, a altura das plantas foi o indicador mais sensível, com relação ao diâmetro caulinar e a área foliar por planta, sendo que na temperatura ambiente de 30° C durante o dia e 20°C, durante a noite, a BRS Energia cresceu bem mais do que os demais genótipos testados, quase o dobro, na média, porém a 40° C no dia e 30° C à noite, eles não diferiam entre si e tiveram significativa redução do crescimento.

3- Considerando os teores de proteínas e carboidratos nas raízes, interação significativa entre os fatores estudados, temperaturas e genótipos, que os genótipos BRS Energia e CNPAM 2009-7 foram mais resistentes a temperatura mais elevada, para a variável proteínas e o mesmo ocorreu para carboidratos para a cultivar BRS Energia .

4- Pela cromatografia líquida de elevada resolução, a temperatura mais elevada (40°C) incrementou os teores do açúcar trealose a sacarose substancialmente nas folhas, em especial na cultivar BRS Energia.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, A. R.; BASSO, L. C. Efeito da trealose na manutenção da viabilidade de células de leveduras desidratadas por liofilização. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 54 , n. 3 , 1997.

ALVAREZ, R de C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ A, C. C.; CRUSCIOL, C. A. C.; Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachishypogaea* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 611-616, 2005.

ALVES, G. da. S. **Densidade populacional e seu efeito no crescimento e produtividade da mamoneira BRS Energia sob cultivo irrigado**. 2009. 135 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal da Paraíba, Areia.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAUJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de. M. Clima e solo. In: AZEVEDO, M. P. de; LIMA, E. F. (Eds. tec.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2001. p. 63-76.

ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; RAMOS, D. P. Matéria orgânica e pedogênese. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 91-116.

BARBOUR, M.; BUCKLEY, T. N. The stomatal response to evaporative demand persist at night in *Ricinus communis* plants with high nocturnal conductance. **Plant, Cell and Environment**, v. 30, p. 711-712, 2007.

BARRETO, H. B. F; MEDEIROS, J. F. de; MAIA, P. de. M; COSTA, E. M. da; OLIVEIRA, L.

A. de. A. Avaliação do crescimento de acessos de mamona Cultivada sob irrigação na região de Mossoró-RN – Brasil. **Revista Verde**, v.5, n.2, p. 185 - 193 abril/junho de 2010.

BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. Fermentação de trealose e glicogênio endógenos empregando-se as leveduras PE-2, VR-1 e TA. **Relatório anual de Pesquisa em fermentação alcoólica**, Piracicaba, n.18, p. 103-137, 1998.

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. **Revista de Oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELES FILHO, J.; SOUZA, J. G. de. Produtividade, qualidade de fibra e análise do crescimento com estimativa da respiração, do algodão perene 7MH, nas condições ecofisiológicas do seridó paraibano, comparado a CNPA 5M. **Revista de Oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.4, n.1, p.13-21, jan.- abr. 2000.

BELTRÃO, N. E. de M.; VASCONCELOS, O. L.; FIDELES FILHO, J.; RIBEIRO, V. G.; PEREIRA, J. R. **Análise do crescimento do algodoeiro herbáceo em sistema de produção de elevada tecnologia, irrigação via pivô central**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande. Anais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2001. p.435-438. ISSN 0103-0205.

BELTRÃO, N. E. de M.; MELO, F. de B.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Mamona: árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 19 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 70).

BELTRÃO, N. E. de M. OLIVEIRA, M. I. P. **Efeito do clima no metabolismo vegetal mamona**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2006. 62p. (Embrapa Algodão. Documento 210).

BELTRÃO, N. E. de M. AZEVEDO, D. M. P de. COSTA, F. X. Fisiologia da Mamoneira. In: AZEVEDO, D. M. P. de. BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão (Campina Grande - PB). 2. ed. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. da S. SILVA, O. R. F. da. Grãos oleaginosos. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Eds. Tec.) **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Produção e produtividade agrícola. Brasília, DF.: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 753-764.

BELTRÃO, N. E. de .M. OLIVEIRA, M. I .P. **Efeitos do Clima no Metabolismo Vegetal: mamona**. Campina Grande - PB: EMBRAPA Algodão, 2008. 23p. (Embrapa Algodão. Documentos, 210).

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de; BRITO, G. G. de; FIDELES FILHO, J. Mamona. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed. Tec.) **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMETM, 2009. p. 225- 235.

BELTRÃO, N. E. de M.; LUCENA, A. M. A. de ; BRITO, G. G. de ; OLIVEIRA , M. I. P. de; ALBUQUERQUE, F. A. de. Ecofisiologia da mamoneira (*Ricinus communis* L.) In: BELTRÃO, N. E. de M. ; OLIVEIRA , M. I. P. de. (Eds. Tec.) . **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão manso e sisal**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.2011. p. 195 – 256.

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

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protei-dye binding. **Analytical Biochem**, 72:248-254, 1976.

BRANDELERO, E.; PEIXOTO, C. P.; M SANTOS, J. M. B.; MORAES, J. C. C, PEIXOTO, M. F. S. P; SILVA V. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 14, p. 77-88. 2002.

BRASIL. Lei n.º 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 janeiro. 2005. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/lei11097_13jan2005.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2012.

BRITO NETO, J. F de. **Adsorção e disponibilidade de fósforo para o crescimento inicial de mamoneira em solos com diferentes classes texturais**. 2011. 71 f. Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CABIB, E.; LELOIR, L. F. The biosynthesis of trehalose phosphate. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 23, n.1, p. 259-275, 1958.

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

CARLIN, S. D. ; SANTOS , D. M. M. DOS . Indicadores fisiológicos da interação entre déficit hídrico e acidez do solo em cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, v. 44, n, 9, 2009.

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

CHAVES FILHO, J. T. STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo - SP, v. 24, n. 2, jun., p. 199-204, 2001.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos_09.12.pdf> Acesso em: 21junho, 2012.

CROWE, L. M.; MOURADIAN, R.; CROWE, J. H.; JACKSON, S. A.; WOWOMERLEY, C. Effect of carbohydrates on membrane stability at low water activities. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 769, p. 141-150, 1984.

DAI, Z; EDWARDS, S. G. E; KU, M. S. B. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (Castor bean) by leaf to air vapor pressure deficit. **Plant Physiology**, Bethesda, v.99, n.4, p.1426-1434, 1992.

EL-BASHITI, T.; HAMAMCI, H.; OKTEM, H. A; YUCEL, M. Biochemical analysis of trehalose and its metabolizing enzymes in wheat under abiotic stress conditions. **Plant Science**, Limerik, v. 169, p. 47-54, 2005

EMBRAPA ALGODÃO. **Torta de mamona fertilizante e alimento**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2012. (Folder).

FERREIRA, J. C.; PASSCHOALIN, V. M. F.; PENEK, A. D.; TRUGO, L. C. Comparison of three different methods for trehalose determination in yeast extracts. **Food Chemistry Easton**, v. 60, n. 2, p. 251-254, 1997.

FRANSCISCO JR., W. E. Carboidratos: Estrutura, Propriedades e Funções. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 8-13, 2008.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 94-99, jan./mar. 2005.

GARG, A. K.; JU-KON, K.; OWENS, T. G.; RANWALA, A. P.; DO CHA, Y.; KOCHIAN, L. V.; WU, R. J. Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 99, n. 25, p. 15898-15903, 2002.

GODDIJN, O. J. M.; DUN, K. van. Trehalose metabolism in plants. **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 4, n. 8, p. 315-319, 1999.

IPCC. Climate change impacts, adaptation and vulnerability - working group II. In: **Climate Change 2007**, Valencia, AR4: Summary for Policymakers. Valencia, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc-wg2.gov/AR4/website/spm.pdf>. Acesso em: 01 maio. 2012.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos - SP: RiMa, 2000. p.108-111, 140-142, 301-303, 365, 414, 437-439.

LESSA, L. S. **Avaliação agrônômica, seleção simultânea de caracteres múltiplos em híbridos diplóides (aa) e desempenho fisiológico de cultivares de bananeira**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.

LOPES, J. da S. ; BELTRÃO, N. E. de M. ; PRIMO JÚNIOR, J. F. P. Produção de mamona e biodiesel. **Bahia Agrícola**, v.7, n.1, p. 37-41, 2005.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal** : fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral . 3. ed. Viçosa, MG : Ed. UFV , 2009. 486 p.

MARUR, C.J. Curvas pressão-volume e expansão foliar em cultivares de algodoeiro submetidos a déficit hídrico. **Scientia Agricola**, Piracicaba – SP: v. 56, p. 563-569, 1999.

MOTA, F. da S. **Meteorologia agrícola**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1976. 376 p. ilustr. (Biblioteca Rural).

ORTOLANI, A. A. TARIFA, J. R. **Recursos Hídricos e Agricultura no Brasil**.. São Paulo: EDISER, 1978, p.75-83 (Projetos 3).

QUEIROZ, R.J.B. **Quantificação da trealose e da prolina livre em cana-de-açúcar sob efeito da disponibilidade hídrica do solo**. 2006. 61f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PACHECO, A.C. Mamoneira (*Ricinus communis*). In: CASTRO, P. R. C. KLUGE, R. A. SESTARI, I. (Org.). **Manual de Fisiologia Vegetal**: fisiologia de cultivos. Piracicaba, SP: Editora Agrônômica Ceres, 2008, p. 315-335.

PARAZZI JÚNIOR, Osmar. **Metabolização de açúcares em linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* com e sem transportador de sacarose e diferentes atividades de invertase**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-07122006-153034/>>. Acesso em: 2012-08-01.

PATIST, A.; ZOERB, H. Preservation mechanisms of trehalose in food and biosystems. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 40, n. 2, p. 107-113, 2005.

ROSENBERG, N. J. **Microclimate : The biological environment**. New York, A Wiley – Interscience Publication. John Wiley & Sons. 1974. 315 p.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. Campina Grande: EMBRAPA- CNPA, 2005. (EMBRAPA- CNPA **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 55).

SILVA, F. V. de F. **Metabolismo e crescimento de *ricinus communis* L. sob temperatura supraótima e elevado nível de CO₂**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. Areia.

SILVA, M. T; SILVA, V. R; CAMPOS, J. H. B. C; OLIVEIRA, S. Variabilidade da Área de Cultivo do Algodão Herbáceo em Sistema de Sequeiro no Nordeste do Brasil Segundo Cenários de Mudanças Climáticas. Recife: **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 413-428.

SOUZA, J. G. de; BELTRÃO, N. E. de M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N. E. de M. (org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. v.1, cap. IV, p.89-116. ISBN 85-7383-060-3.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

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

UNITED NATIONS POPULATIONS FUND – UNFPA. (2009). **Migrations Internationales**.

YEMN, E. W. WILLIS, A. J. The Estimation of Carbohydrate in plant by antrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-14, 1954.

YEMM, E. W; COCCKING, E.C. The determination of amino acid with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.

WIEMKEN, A. Trehalose in yeast, stress protectant rather than reserve carbohydrate. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 58, p. 209–217, 1990.

WINGLER, A. The function of trehalose biosynthesis in plants. **Phytochemistry**, New York, v. 60, p. 437-440, 2002.