

Bio - 261

deca Cristina



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TRABALHO DE LICENCIATURA

EFEITO DO STRESS HÍDRICO NO CRESCIMENTO DA
MAPIRA (Sorghum bicolor) E DO MILHO (Zea mays)



Aprovado

AUTORA: Olinda Beatriz Augusto Messa

Olinda Beatriz
Dezembro 2005

82 4817040

H. S. M.



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

TRABALHO DE LICENCIATURA

**EFEITO DO STRESS HÍDRICO NO CRESCIMENTO DA
MAPIRA (*Sorghum bicolor*) E DO MILHO (*Zea mays*)**



AUTORA: Olinda Beatriz Augusto Messa

SUPERVISOR: Doutor Orlando Quilambo

**CO-SUPERVISORES: dr^a. Célia Martins
dr. Alexandre Sitóe**

Maputo, Novembro de 2005

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus que me concedeu a saúde e a sorte de realizar este trabalho.
- Ao Departamento de Ciências Biológicas no seu todo (docentes e outros funcionários).
- Ao meu Supervisor Doutor Orlando Quilambo e aos meus co-supervisores dr^a. Célia e dr. Alexandre pelo incansável apoio e paciência demonstrados na transmissão dos seus conhecimentos.
- Aos Senhores Simeão, Mazuze e Macondzo pelo apoio concedido durante a preparação do solo na estufa.
- Aos Senhores Sitóe e Helena, pela transmissão dos seus conhecimentos durante o trabalho no laboratório de fisiologia vegetal.
- Aos meus amigos pelo apoio moral prestados.
- A minha Congregação religiosa que me permitiu realizar a tese de licenciatura em fase de Noviciado (fase importante na formação para a vida consagrada).
- As minhas Irmãs de Comunidade (Auxiliadora, Zoraida, Carmen, Beatriz e Luz Dary) que me deram bastante apoio moral durante a realização do Trabalho de Licenciatura
- Ao meu irmão Orvalho pelo apoio concedido durante a análise estatística.
- Aos meus Pais e irmãos pelo amor e carinho demonstrados ao longo de toda a minha carreira estudantil.
- Finalmente a todos que directa ou indirectamente contribuíram para a realização do presente trabalho.

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria e que os dados apresentados são o resultado do trabalho de campo e de laboratório por mim executados

Olinda Beatriz Augusto Messa

Olinda Beatriz Augusto Messa

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho

Aos meus pais Augusto e Isabel

E irmãos: Orvalho, Ivo , Paulo e Augusto.

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviaturas	Unidades
AF – Área foliar	cm ²
CRAF - Conteúdo relativo de água na folha	(%)
CRAR – Conteúdo relativo de água na raiz	(%)
DR- Densidade da raiz	-
IT- Índice de tolerância	-
NF- Número de folhas	-
PROLF- Quantidade de prolina na folha	μmol/g
PROLR- Quantidade de prolina na raiz	μmol/g
PfC- Peso fresco do caule	g
PfF- Peso fresco da folha	g
PfR – Peso fresco da raiz	g
PfT- Peso fresco total	g
PsC- Peso seco do caule	g
PsF- Peso seco da folha	g
PsR- Peso seco da raiz	g
PsT- Peso seco total	g
PsE- Peso seco das espigas	g
RPF- Razão do peso seco da folha	-
RPR- Razão do peso seco da raiz	-
RPRP/A- Razão do peso seco da raiz pela parte aérea	-
TCR- Taxa de crescimento Relativo	-

RESUMO

O milho e a mapira são culturas adaptadas a uma agricultura de sequeiro (principal agricultura moçambicana) constituindo alguns dos alimentos básicos para a população moçambicana.

O presente trabalho foi realizado na estufa pertencente ao Departamento de Ciências Biológicas em Maputo, entre os meses de Maio de 2005 a Julho de 2005.

O objectivo geral deste trabalho foi: estudar o efeito do stress hídrico no crescimento da mapira e do milho.

As plantas em estudo foram submetidas a dois tratamentos: plantas de controle e plantas sob condições de stress hídrico. As plantas de controle foram regadas regularmente com água corrente e as submetidas ao stress hídrico foram regadas somente de 4 em 4 dias, após a pesagem do vaso para saber o conteúdo de água no solo (13,5 Kg). A amostragem consistiu numa análise destrutiva de 8 plantas para cada cultura e tratamento, com uma periodicidade mensal. *de eliminar* *77 de ver*

O crescimento foi analisado com base nos pesos fresco e seco, registo do número e área das folhas. Foi igualmente determinado o conteúdo relativo de água (CRA) na raiz, caule e folhas e acumulação de prolina (nas folhas e raízes).

Os resultados da experiência mostraram que a mapira é pouco afectada pelo stress hídrico em relação ao milho. Nos vários parâmetros medidos (pesos fresco e seco, número e área de folhas, razão da área foliar, razão do peso seco das folhas, razão do peso seco da raiz, razão da raiz pela parte aérea, densidade da raiz, conteúdo relativo de água na folha e na raiz, peso seco das espigas) não foram encontradas diferenças significativas entre as plantas de ótimas condições de irrigação e as de stress hídrico, e o índice de tolerância foi maior na mapira em relação ao milho. O milho acumulou maior quantidade de prolina que a mapira, o que mostra que a mapira foi pouco afectada pelo stress hídrico. O estudo corrobora com o que vários autores já referiram, que a mapira pode ser cultivada como uma cultura alimentar em regiões frequentemente assoladas pela seca.

ÍNDICE

Conteúdos	Página
1. Introdução -----	1
2. Objectivos-----	5
Geral-----	5
Específicos-----	5
Hipótese-----	6
3. Material e métodos-----	6
3.1 Material vegetal-----	6
3.2 Solo-----	6
3.3 Condições de crescimento-----	6
3.4 Material e equipamento experimental-----	7
3.5 Durante a colheita -----	8
3.6 Parâmetros medidos no laboratório-----	8
4. Análise dos dados-----	10
5. Análise estatística-----	13
6. Resultados-----	13
6.1. Efeito do stress hídrico no crescimento da plantas -----	13
6.6.1 Peso fresco total da planta-----	13
6.1.2 Peso seco total da planta-----	15
6.1.3 Peso fresco da raiz-----	17
6.1.4 Peso seco da raiz-----	19
6.1.5 Peso fresco do caule-----	21
6.1.6 Peso seco do caule-----	23
6.1.7 Peso fresco da folha -----	25
6.1.8 Peso seco da folha-----	27
6.2 Efeito do stress hídrico no número e na área das folhas-----	29
6.2.1 Número de folhas -----	29
6.2.2 Área foliar-----	31
6.3 Razão da área foliar-----	32
6.4 Razão do peso seco das folhas-----	33
6.5 Razão do peso seco da raiz-----	35

6.6 Razão do peso seco da raiz pela parte aérea	37
6.7 Densidade da raiz	39
6.8 Conteúdo relativo de água na folha e na raiz	41
6.8.1 Conteúdo relativo de água na folha	41
6.8.2 Conteúdo relativo de água na raiz	43
6.9 Efeito do stress hídrico na taxa de crescimento relativo	45
6.10 Índice de tolerância da planta	47
6.11. Efeito do stress hídrico na quantidade de prolina	48
6.11.1 Quantidade de prolina nas folhas	48
6.11.2 Quantidade de prolina nas raízes	50
6.12 Peso seco das espigas	51
7. Discussão	53
7.1 Efeito do stress hídrico no crescimento da raiz, caule e folhas	53
7.2 Efeito do stress hídrico no peso seco total da planta	54
7.3 Efeito do stress hídrico na área das folhas e no número de folhas	54
7.4 Efeito do stress hídrico na razão do peso seco da folha	55
7.5 Efeito do stress hídrico na razão do peso da raiz pela parte aérea	55
7.6 Efeito do stress hídrico na densidade da raiz	55
7.7 Efeito do stress hídrico no conteúdo relativo de água	56
7.8 Efeito do stress hídrico na taxa de crescimento Relativo	57
7.9 Efeito do stress hídrico no índice de tolerância	58
7.10 Efeito do stress hídrico na quantidade de prolina	58
7.11 Efeito do stress hídrico no aparecimento de espigas	59
8. Conclusões	61
9. Limitações no trabalho	61
10. Recomendações	61
11. Bibliografia	62
12. Anexos	70
Anexo 1	
Anexo 2	
Anexo 3	
Anexo 4	
Anexo 5	
Anexo 6	

Anexo 7

nas referências no texto e na bibliografia ou usa
(e) ou usa (&)

1.0 INTRODUÇÃO

As plantas estão sujeitas a muitas variações das condições ambientais, dependendo do clima, estação do ano, tempo do dia e da actividade do Homem (Noogle e Fritz, 1976). Contudo os factores mais importantes que causam diferenças ambientais nas plantas são a temperatura e a disponibilidade de água (Pietro, 1974).

Os oceanos compõem cerca de 70 % da superfície da terra, os quais contém 97 % do total da água do planeta, mas a maior parte dessa água é imprópria para o consumo, pois é muito salgada. Por outro lado, 1,75 % da água está congelada na Antárctida, 1,24 % fica escondida no interior da terra, restando apenas 0.007 % de boa água para ser usada (Dekker, 1994).

A água é essencial para a vida na Terra, prova disso é o facto de a água ocupar grande percentagem nos seres vivos: o homem possui na sua composição 70% e as plantas 90% desse líquido precioso (Dekker, 1994).

Os recursos naturais chave para a produção agrícola (solo e lençol de água) estão a sofrer depleção por erosão, salinidade, quantidade de nutrientes perdidos e diminuição do suprimento de água (Cassman, 1999 citado por Campos *et al.*, 2004). Por outro lado, as mudanças climáticas globais podem ser agora pouco importantes (Hillel e Rosenzweig, 2002 citados por Campos *et al.*, 2004), mas estas podem resultar a longo prazo na elevação da temperatura, aumento da evapotranspiração e um aumento na incidência de seca em regiões específicas (Campos *et al.*, 2004).

Alguns efeitos do stress hídrico são:

- Inibição do crescimento da planta no geral
- Diminuição do desenvolvimento celular
- Inibição da germinação
- Aumento do crescimento da raiz
- Aumento da razão raiz/parte aérea
- Diminuição da taxa de crescimento das folhas (Fitter & Hay, 1981 citado por Levi, 2004).

A prolina também pode acumular-se em várias espécies de plantas quando estas são sujeitas a salinidade, temperaturas extremas e uma alta intensidade de luz. A prolina é considerada um agente osmótico que actua nas células das plantas e também pode servir como um agente estabilizador para os fosfolípidos das membranas (Claussen, 2004).

Outros indicadores de susceptibilidade a seca ou tolerância são o estado da água na planta descrita em termos de potencial de água nas folhas e o conteúdo relativo de água (CRA) (Collinson *et al.*, 1997, citado por Magaia, 2001).

Em Moçambique a distribuição desigual da chuva ao longo do ano (alternância entre estação seca e chuvosa) é um dos factores do clima que com maior frequência torna limitante o desenvolvimento das culturas (Schouwenaars, 1988).

O milho, por exemplo, é uma cultura de importância na alimentação da população moçambicana, mas o seu rendimento tem sido afectado por diferentes tipos de stress (Cumba, 2001).

Estudos efectuados na América Central apontam que o milho pode ter tido a sua origem no México, onde foram encontrados grânulos fósseis de pólen durante escavações feitas na cidade do México (Berger, 1962, citado por Bland, 1971). Em escavações geológicas e arqueológicas e datações, encontram-se espigas de milho, que pelo método do carbono 14, indicam-nos que um tipo de milho primitivo era consumido no México há 7000 anos (FAO, 1993). A maioria dos investigadores acreditam que este cereal se desenvolveu a partir do Teosinte, *Euchlaena mexicana Schrod.* Por outro lado outros acreditam que se originou de um milho silvestre hoje desaparecido (FAO, 1993)

O milho adapta-se melhor que a maior parte dos cereais a solos áridos e inférteis, razão pela qual se cultiva frequentemente em condições extremas, por exemplo, de elevadas temperaturas, precipitações escassas e irregulares, solos ácidos com escassa capacidade de retenção de água (FAO, 1997).

Assim constitui um importante alimento básico em um número importante de países dos trópicos semi-áridos, nos quais a escassez de precipitações e as condições pobres do solo limitam o cultivo de outras culturas alimentares importantes (Purseglove, 1985)

Estima-se que quase 80% da produção mundial utiliza o milho como alimento, e o resto é destinado a alimentação animal, preparação de bebidas alcoólicas, e sementes (Kent, 1975; FAO, 1995).

O milho é um alimento nutritivo de elevado conteúdo energético, tendo na sua composição 9,2 g de proteínas, 4,6 g de gordura, 2,8 g de fibra, 73 g de carboidratos, 358 Kcal, 26 mg de cálcio e 2,7 mg de ferro (FAO, 1997). Entretanto a demanda tem diminuído, devido a vários factores como a preferência pelo trigo e o arroz (que se importam a baixos preços em vários países), o aumento de ingressos e o rápido processo de urbanização, sobretudo nos núcleos urbanos impulsionaram o consumo de alimentos elaborados (arroz branco, farinha de trigo etc.), cuja preparação é mais rápida e fácil (FAO, 1993; FAO, 1997).

A África ocupa o segundo lugar na produção mundial do milho depois da Ásia (FAO, 1995).

Em Moçambique, o milho é a principal cultura e é produzido quase em todo o território sendo que o seu consumo representa entre os cereais cerca de 70%. Ocupa uma área média por ano de cerca de 1.3 milhões de hectares, 35% da área cultivada anualmente, produção média por ano de 1.2 milhões de toneladas e como rendimento médio nacional 0.923 toneladas por hectare por ano (INE, 2003).

A mapira (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), (Purseglove, 1985), é outra das culturas mais importantes em Moçambique.

A origem da mapira esta provavelmente em África (Gnansounou *et al.*, 2005).

Comparativamente aos outros cereais a produção da mapira é muito económica, porque cresce em várias condições ambientais de stress: resiste a seca, alta salinidade e temperaturas elevadas (Oot *et al.*, 1996; Berenguer & Faci, 2001).

É o quinto cereal mais importante no mundo, depois do trigo, arroz, aveia e cevada (Awika & Rooney, 2004). Mais de 35% de mapira é cultivada directamente para a

alimentação humana e o resto é usado primeiramente para a alimentação animal, depois na produção do álcool, e em outros produtos industriais (Kenga *et al.*, 2004).

A mapira é muito rica em fitoquímicos incluindo taninos, ácidos fenólicos, antocianinas e fitoesteróis, que lhe conferem grande importância na saúde humana, reduzindo o risco de certos tipos de câncer no homem e também a obesidade. Em animais, promove a saúde cardiovascular (Awika & Rooney, 2004).

A mapira contém :10,4 g de proteína, 3,1 g de gordura, 2,8 g de fibra, 70,7 g de carboidratos, 329 kcal de energia, 25 mg de cálcio e 5,4 mg de ferro (FAO, 1997).

Em termos globais, a mapira é a base alimentar de mais de 500 milhões de pessoas em mais de 30 países (Oot *et al.*, 1996)

A África é onde o consumo de mapira per capita e sua importância para a segurança alimentar é maior. Por exemplo, no Burkina Faso e no Sudão, o consumo per capita é de 90- 100Kg anuais e a mapira proporciona mais de um terço do consumo calórico total (FAO, 1997).

Em Moçambique a mapira é produzida em todo o país, ocupa uma área média por ano de 28 mil hectares, 6% da área cultivada anualmente e tem como produção anual 193 mil toneladas (INE, 2003).

Somente o arroz, trigo, milho e batata superam em termos de quantidade de alimento consumido (Oot *et al.*, 1996). Entretanto, a cultura da mapira produz muito menos do que seu potencial oferece. O século XX foi o século do trigo, do arroz e do milho. O século XXI poderá ser o século da mapira (Oot *et al.*, 1996).

Segundo vários autores (Hill, 1986; Kochlar, 1986; Gibbon & Pain, 1991; Oot *et al.*, 1996), a mapira é mais resistente a seca do que o milho e outros cereais porque ela possui algumas características morfológicas que lhe conferem essa resistência, nomeadamente:

- 1- O sistema radicular muito profundo e extensivo e fixa-se muito bem no solo antes de iniciar o crescimento acelerado do caule e das folhas.
- 2- As raízes têm uma camada especializada da endoderme das células cujas paredes periféricas estão impregnadas de sílica que contribui para um alto grau de tolerância a seca.

- 3- As folhas da mapira tem uma baixa razão da área foliar devido ao seu reduzido tamanho e a presença de células motoras que facilitam o enrolamento das folhas, reduzindo a área de superfície da folha. Além disso, as folhas tem também uma camada cutinosa cerosa, que reduz efectivamente a perda de humidade do tecido da folha. Além da concentração osmótica das folhas que é baixa.
- 4- Os tecidos do caule tem baixo teor de humidade e baixa razão de transpiração.
- 5- A mapira tem uma elevada eficiência de uso de água que o milho.
- 6- A planta pode suspender o crescimento durante o período de seca e recomeçar quando as condições se tornem favoráveis.

O milho e a mapira constituem alguns dos alimentos básicos para a população mais pobre do mundo, que é a que também padece de uma situação de maior insegurança alimentar (FAO, 1997). Cerca de 1 bilião dessas pessoas que usam a mapira e o milho para a sua dieta energética e proteica vive em regiões semi-áridas (Gibbon & Pain, 1991; Belton & Taylor, 2003).

O milho e a mapira são culturas importantes no nosso país, sendo o milho produzido em maior quantidade que a mapira, porque a população devido aos seus hábitos culturais prefere o milho, mesmo naquelas regiões onde o rendimento do milho é muito baixo (Pafur, Massingir e Xicualacuala), (Comunicação pessoal). Com este trabalho pretende-se assim contribuir para o conhecimento da resposta destas culturas em condições de seca.

de quem e quando

2.0 OBJECTIVOS

Objectivo Geral

- Estudar o efeito do stress hídrico no crescimento da mapira e do milho.

Específicos

- Comparar as taxas de crescimento de plantas de milho e de mapira sob condições "normais" (em condições óptimas de irrigação), e em condições de stress hídrico.
- Analisar as diferenças nos parâmetros de crescimento das duas culturas.
- Determinar as relações hídricas de plantas de milho e de mapira, através da determinação do conteúdo relativo de água (CRA) em condições de stress hídrico.

- Determinar a quantidade de prolina nas folhas e raízes das duas culturas em condições de stress hídrico.

Hipótese

- Há redução da taxa de crescimento relativo das plantas submetidas a stress hídrico, sendo o milho a cultura com maior redução no crescimento que a mapira.

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal

Foram usadas 2 culturas: mapira e milho.

3.2 Solo

O solo para a experiência foi colhido no pavilhão gimnodesportivo pertencente a Académica. Foi escolhido este local para colher o solo porque não foi possível fazer a análise de solo por esta ser muito cara. O solo colhido neste local já foi usado em experiências anteriores, estando disponíveis dados mesmo que sendo de vários anos. (ver anexo 5)

3.3 Condições de crescimento

Foram escolhidas 200 sementes de milho e 200 sementes de mapira, fez-se a pesagem com auxílio de uma balança analítica (precisão $\pm 0,0001$) e em seguida, foram postas em caixas de petri com papel absorvente, durante 72 horas para a pré germinação.

Decorrida a germinação foram seleccionadas 96 plântulas (48 de milho e outras 48 de mapira) com melhor germinação que as outras. Cada plântula seleccionada foi transferida para um vaso de cerca de 12 litros com humidade muito similar a capacidade de campo do solo.

Os vasos foram submetidos aos seguintes tratamentos:


{ Na primeira semana depois da sementeira todos os vasos foram regados com água da torneira de modo a permitir a adaptação das plantas. A partir da segunda semana, os

vasos contendo as plantas de controle (ótimas condições de irrigação) foram regadas de dois em dois dias até ao fim da experiência para manter a capacidade de campo.

Desde a mesma semana (segunda semana após a sementeira) as plantas em stress hídrico foram igualmente regadas com água da torneira. O conteúdo volumétrico de água no solo foi medido pela diferença entre a capacidade de campo e o ponto de emurchecimento permanente. (Fitter e Hay, 1981; Larcher, 1986; Coll *et al.*, 1988), (Ver anexo 4).

Período de 4 em 2 dias?

3.4 Material e Equipamento Experimental

- Vasos
- Sementes de mapira e de milho
- Cartuchos de papel
- Mangueira
- Pá
- Placas de petri
- Relógio
- Papel absorvente
- Balança analítica
- Balde
- Proveta graduada
- Estufa de secagem
- Régua
- Instrumento de medição da área foliar (LI-3100 Área Meter modelo LI-COR, ^{from?} )
Lincoln, Nebraska, USA)
- Espectrofotómetro
- Geleira a 4°C
- Cuvetas
- Agitador
- Almofariz
- Água destilada
- Banho- Maria
- Bisturi
- Pipeta

-Tubos de ensaio

Soluções

-Ácido sulfosalcílico a 3%

-Ácido ninidrico (mistura de ninidrina com ácido glacial acético e ácido fosfórico)

-Ácido glacial acético

-Tolueno

3.5 Durante a colheita

As plantas foram colhidas mensalmente segundo o plano de colheita descrito no anexo 6.

3.6 Parâmetros medidos no Laboratório

➤ As plantas foram separadas em raiz, caule, folhas e espigas (se houvessem) e foram feitas medições isoladamente:

❖ Raiz

- Comprimento (cm), (usando uma régua)
- Volume (ml), (usando-se uma proveta graduada e água, fazendo-se a variação do volume depois de colocá-la no interior)
- Peso fresco (g), (após a colheita), peso saturado(g),(após a submersão em água destilada por 24 horas) e seco (g), (após uma secagem por 48 horas numa estufa a 80⁰ C), usando-se uma balança analítica (\pm 0.0001)

❖ Caule

- Comprimento (cm)
- Peso fresco (g), (após a colheita), peso saturado (g), (após a submersão em água destilada por 24 horas) e seco (g), (após uma secagem por 48 horas numa estufa a 80⁰ C), usando-se uma balança analítica (\pm 0.0001).

❖ Folhas

- Número de folhas

- Peso fresco (g) (após a colheita), peso saturado (g) (após a submersão em água destilada por 24 horas) e seco (g) (após uma secagem por 48 horas numa estufa a 80⁰ C), usando-se uma balança analítica (± 0.0001)
- Área foliar (cm²), (usando o LI-3100 Área Meter modelo LI-COR, in Lincoln. Nebraska. USA)

❖ Espigas

- Peso seco (g) (após uma secagem por 48 horas numa estufa a 80⁰ C), usando-se uma balança analítica (± 0.0001)

❖ Acumulação da prolina

- A prolina foi determinada usando aproximadamente 0,5 g de folhas e raízes de cada uma das plantas de mapira e de milho em ambos tratamentos.
- As folhas e raízes foram em separado moídas num almofariz e depois adicionou-se 10 ml de ácido sulfosalicílico a 3 % e o homogeneizado foi filtrado usando papel de filtro Watman # 2.
- A seguir adicionou-se a 2ml de solução filtrada ácido glacial acético e ácido nítrico (anexo3), (2ml cada) num tubo de ensaio, durante 1 hora a 100° C, e a reação foi terminada em banho gelo.
- Foram adicionados 4 ml de tolueno ao produto resultante e agitado vigorosamente num tubo de ensaio, com ajuda de um agitador durante 20 segundos.
- Seguidamente o cromóforo contendo tolueno foi aspirado da fase aquosa, colocado a temperatura ambiente e procedeu-se com a leitura da absorvância a 520 nm usando tolueno como branco.
- A concentração da prolina foi determinada a partir da curva de calibração (Claussen, 2004) (Anexo-2).- (Anexo 3, Fig. 3)
- A quantidade de prolina foi calculada segundo Bates *et al.*, (1973) citado por Magaia, (2001), usando a fórmula:

$$[(\mu\text{g prolina} / \text{ml} \times \text{ml tolueno}) / 115.5 \mu\text{g} / \mu\text{mol}] / [(g amostra)/5] = \mu\text{mol} / g$$

4.ª ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi feita com base em alguns parâmetros medidos no laboratório nomeadamente:

PfR- peso fresco da raiz (g)

PfC- peso fresco do caule(g)

PfF- peso fresco da folha (g)

PsR- peso seco da raiz (g)

PsC- peso seco do caule (g)

PsF- peso seco da folha (g)

PsE- peso seco das espigas (g)

E também calculando os parâmetros seguintes:

1. Peso Fresco Total (PFT)

$$PFT = PfR + PfC + PfF$$

Onde:

PfR ... peso fresco da raiz (g)

PfC ... peso fresco do caule (g)

PfF ... peso fresco da folha (g)

2. Peso Seco Total (PsT)

$$PsT = PsR + PsC + PsF$$

Onde:

PsR ... peso seco da raiz (g)

PsC ... peso seco do caule (g)

PsF ... peso seco da folha (g)

3. Razão da Área Foliar (RAF)

$$\text{RAF} = \text{AF} / \text{PsF} \quad (\text{Fitter e Hay, 1981})$$

Onde:

AF... Área da folha (cm²)

PsF ... Peso seco da folha (g)

4. Razão do Peso Seco das Folhas (RPF)

$$\text{RPF} = \text{PsF} / \text{P} \quad (\text{Fitter e Hay, 1981})$$

Onde:

PsF... Peso Seco da Folha (g)

P ... Peso seco total da planta (g)

5. Razão do Peso Seco da Raiz (RPR)

$$\text{RPR} = \text{PsR} / \text{P} \quad (\text{Fitter e Hay, 1981})$$

Onde:

PsR... Peso Seco da Raiz (g)

P ... Peso seco total da planta (g)

6. Razão do peso Seco da Raiz Pela parte Aérea (RPR/A)

$$\text{RPR/A} = \text{PsR} / \text{PsF} \quad (\text{Fitter e Hay, 1981})$$

Onde:

PsR... Peso Seco da Raiz (g)

PsF... Peso Seco da Folha (g)

7. Densidade da Raiz (DR)

$$\text{DR} = \text{PfR} / \text{VR} \quad (\text{Lambers e Poorter, 1992 citados por Siteo, 2004})$$

Onde:

PfR... Peso fresco das Raízes (g)

VR... Volume ocupado pelas raízes (ml)

8. Conteúdo relativo da água (CRA)

$$\text{CRA} = 100 \frac{(\text{Pf} - \text{Ps})}{(\text{Psa} - \text{Ps})} \quad (\text{Salisbury e Ross, 1992})$$

Onde:

Pf... Peso fresco da folha ou da raiz (g)

Ps... Peso seco da folha ou da raiz (g)

Psa... Peso saturado da folha ou da raiz (g)

9. Taxa de crescimento Relativo (TCR)

$$\text{TCR} = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)} \cdot \frac{1}{P_1} \quad (\text{Doddema e Quilambo, 2000})$$

Onde:

P_1 e P_2 ... pesos secos no tempo $t=1$ e $t=2$ da planta (g)

10. Índice de Tolerância (IT)

$$\text{IT} = \text{Pss} / \text{Psi} \quad (\text{Maiti et al., 1996 citado por Levi, 2004})$$

Onde:

Pss... Peso seco em condições de stress (g)

Psi... Peso seco em ótimas condições de irrigação (g)

5.0 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram digitados em Microsoft Excel 2000 e convertidos para STATA versão 8 (Stata Corporation, Texas, USA,2003).

Para cada uma das culturas fez-se a comparação dos parâmetros de crescimento pelo tratamento, ao longo do decurso da experiência, pelo teste de t-student para amostras independentes.

Para poder-se determinar o sentido e calcular a magnitude do parâmetro em estudo empregou-se um modelo de regressão linear tendo as semanas e os tratamentos como variáveis explicativas (Zar, 1999).

Considerou-se como nível de significância para um teste estatístico o valor de 5%.

6.0 RESULTADOS

6.1 Efeito do stress hídrico no crescimento da raiz, caule e folha

6.1.1 Peso fresco total da planta

Ao longo da experiência ambos tratamentos, condições óptimas de irrigação e condições de stress hídrico na mapira apresentam um peso fresco total não estatisticamente diferente ($p=0,56$), (Figura 1).

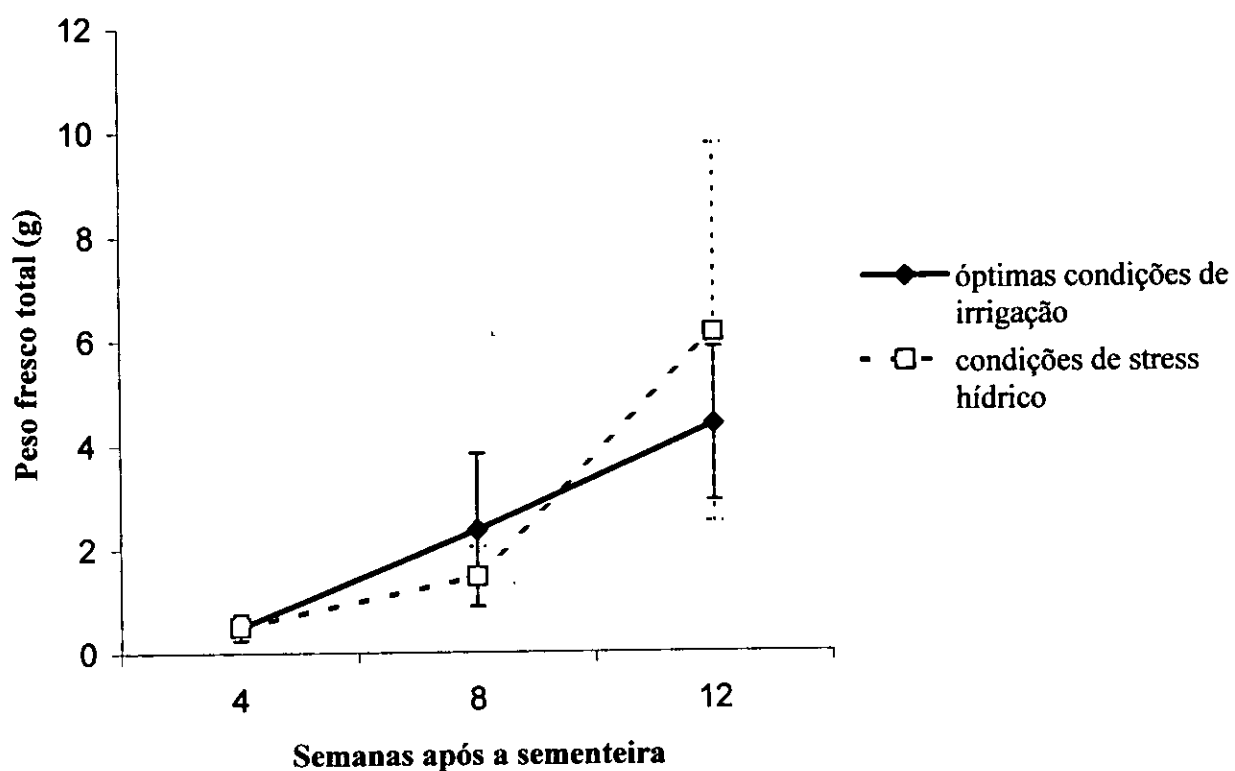


Figura 1. Efeito do stress hídrico no peso fresco total da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho o peso fresco total reduziu significativamente em 2,37 vezes ($p=0,00$) no grupo em stress hídrico no decurso da experiência. (Figura 2).

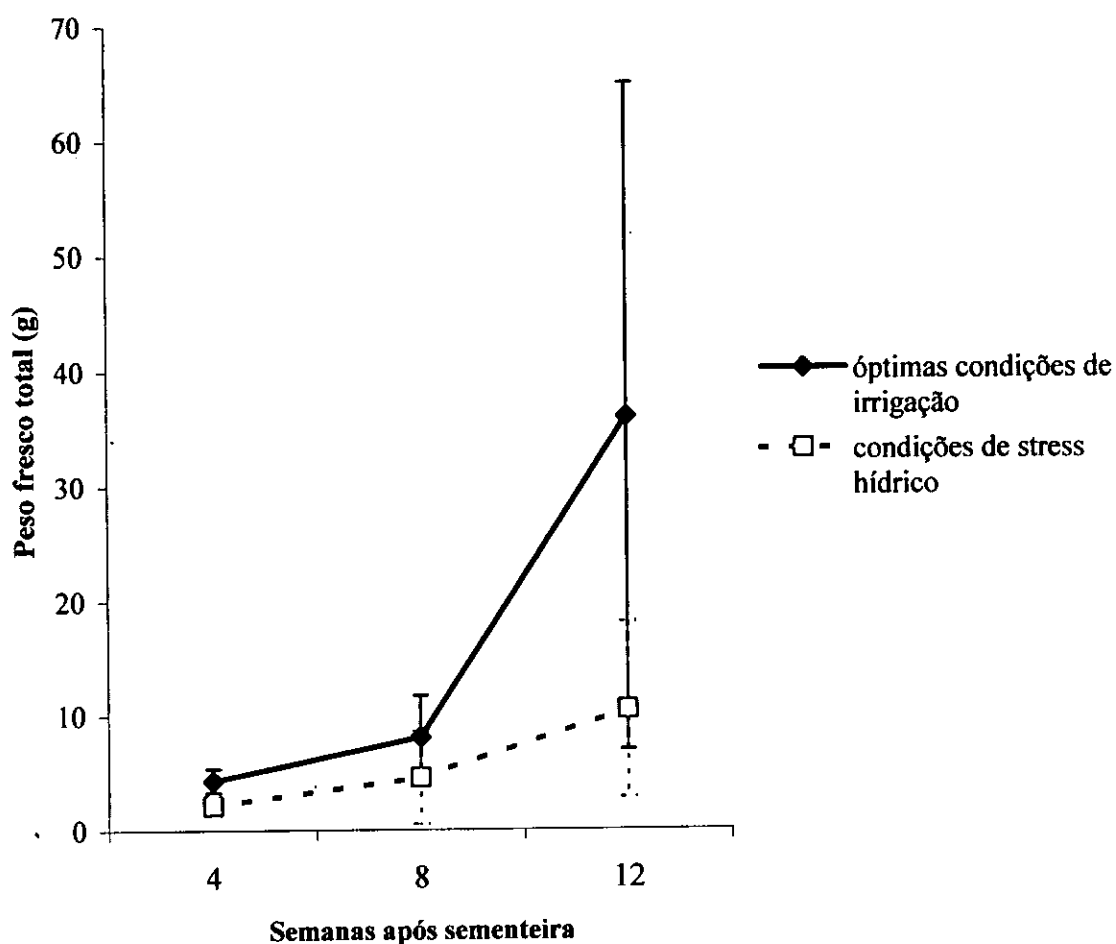


Figura 2. Efeito do stress hídrico no peso fresco total do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

O peso fresco total da mapira mostra um aumento rápido nas duas últimas colheitas. Enquanto, no milho se verifica apenas uma diferença pronunciada na 12 semana após a sementeira.

6.1.2 Peso seco total da planta

O peso seco total da planta não mudou significativamente ($p=0,80$) entre os tratamentos da mapira em stress hídrico e em condições ótimas de irrigação.(Figura 3).

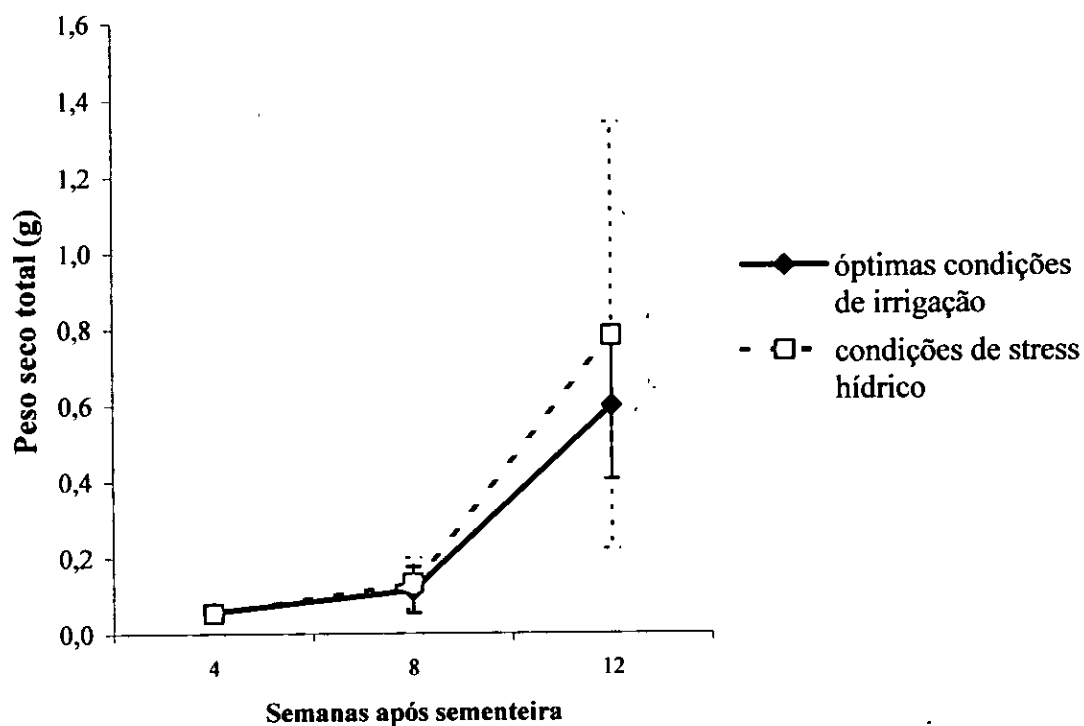


Figura 3. Efeito do stress hídrico no peso seco total da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho o crescimento do peso seco total da planta ao longo da experiência diminuiu significativamente em 2,08 vezes ($p= 0,00$) em relação ao grupo em ótimas condições. (Figura 4).

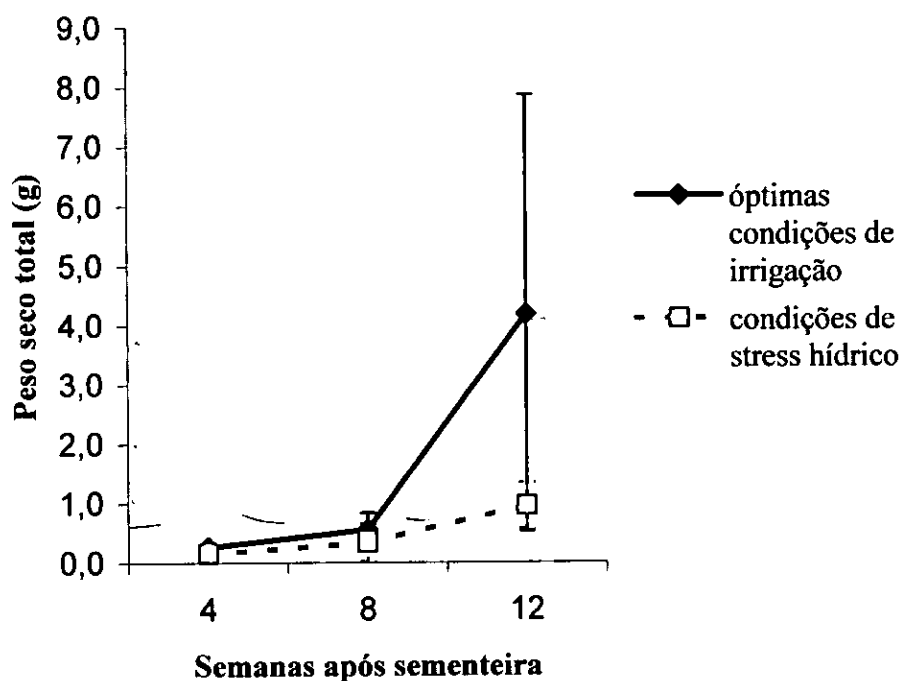


Figura 4. Efeito do stress hídrico no peso seco total do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Como se vê das Figuras 2 e 4, o padrão do aumento do peso fresco total e do peso seco total é similar.

6.1.3 Peso fresco da raiz

Ao longo das semanas de estudo constatou-se que relativamente aos dois tipos de tratamento (condições ótimas e de stress hídrico) o peso fresco da raiz não diferiu significativamente na mapira ($p = 0,78$). (Figura 5).

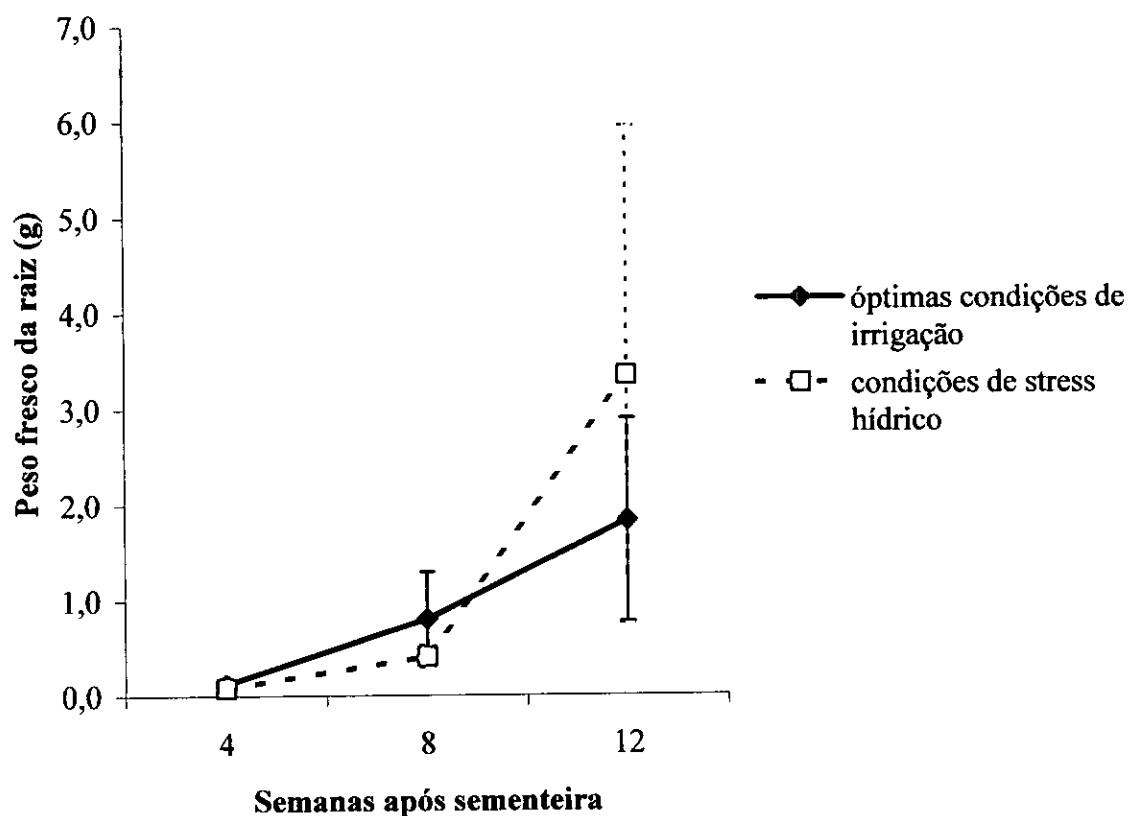


Figura 5. Efeito do stress hídrico no peso fresco da raiz da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho, o tratamento do stress hídrico reduziu significativamente ($p=0,01$) o peso fresco da raiz do milho, ao longo da experiência, em 2.64 vezes. (Figura 6).

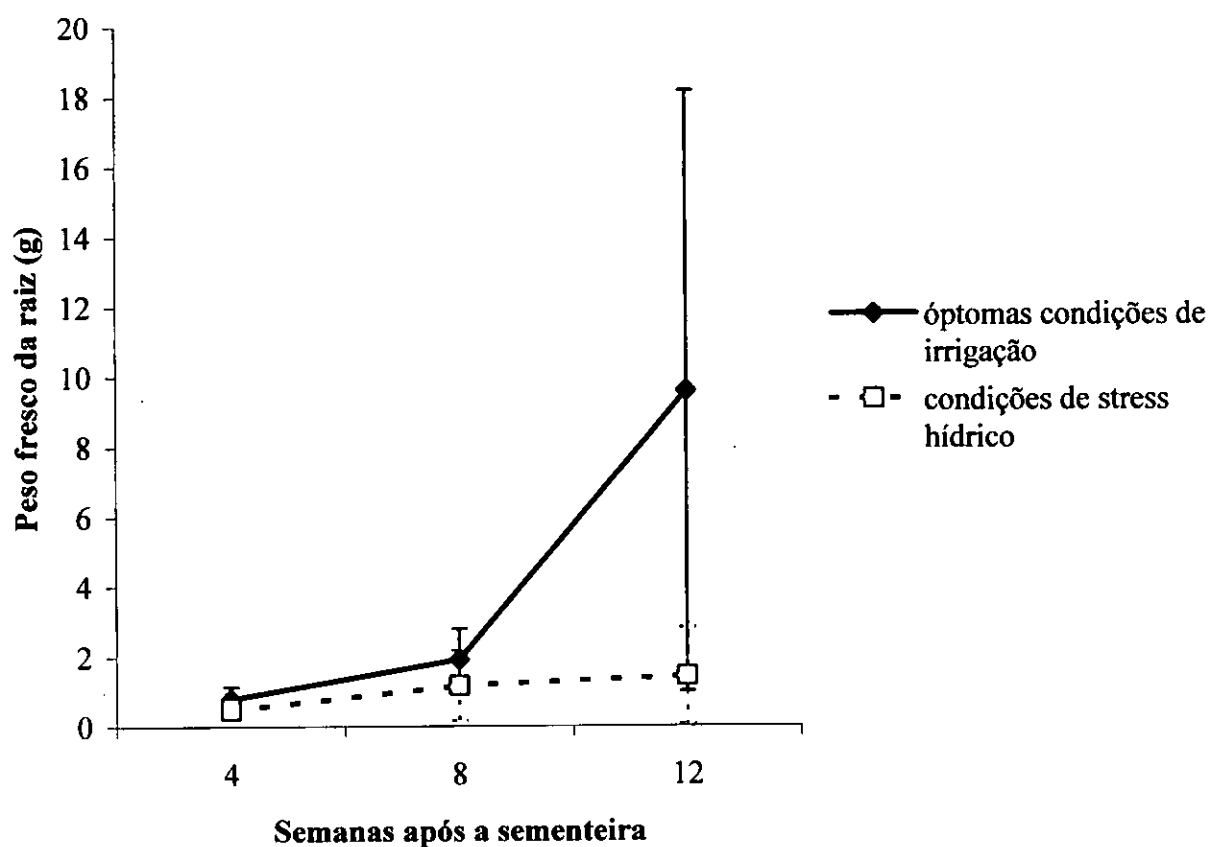


Figura 6. Efeito do stress hídrico no peso fresco da raiz do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

O padrão de crescimento do peso fresco da raiz do milho é similar ao verificado nos parâmetros anteriores.

6.1.4 Peso seco da raiz

Na mapira não existe evidência estatística ($p=0,93$) que mostre diferenças entre os pesos secos das raízes dos dois grupos ao longo das semanas da experiência. (Figura.7)

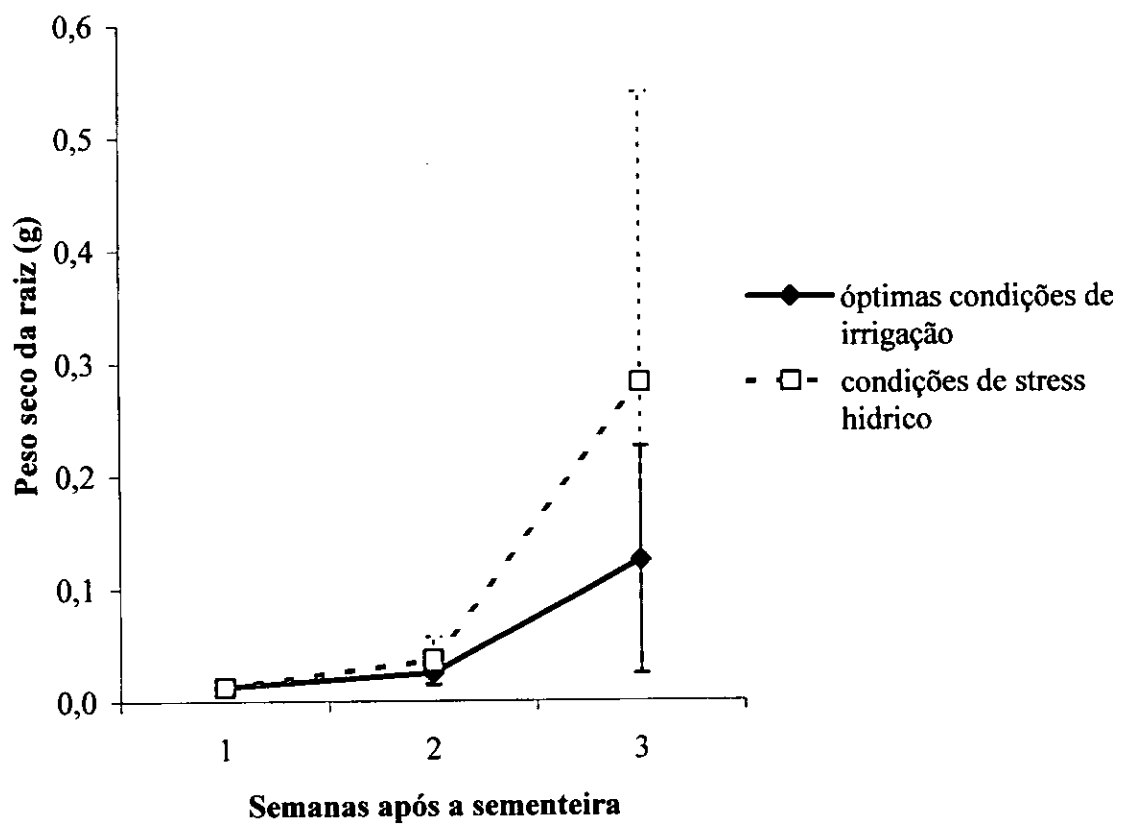


Figura 7. Efeito do stress hídrico no peso seco da raiz da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão .

No milho, o grupo em stress teve o crescimento do peso seco da raiz reduzido em 1.30 vezes, ($p = 0.01$) ao longo do curso da experiência. (Figura 8).

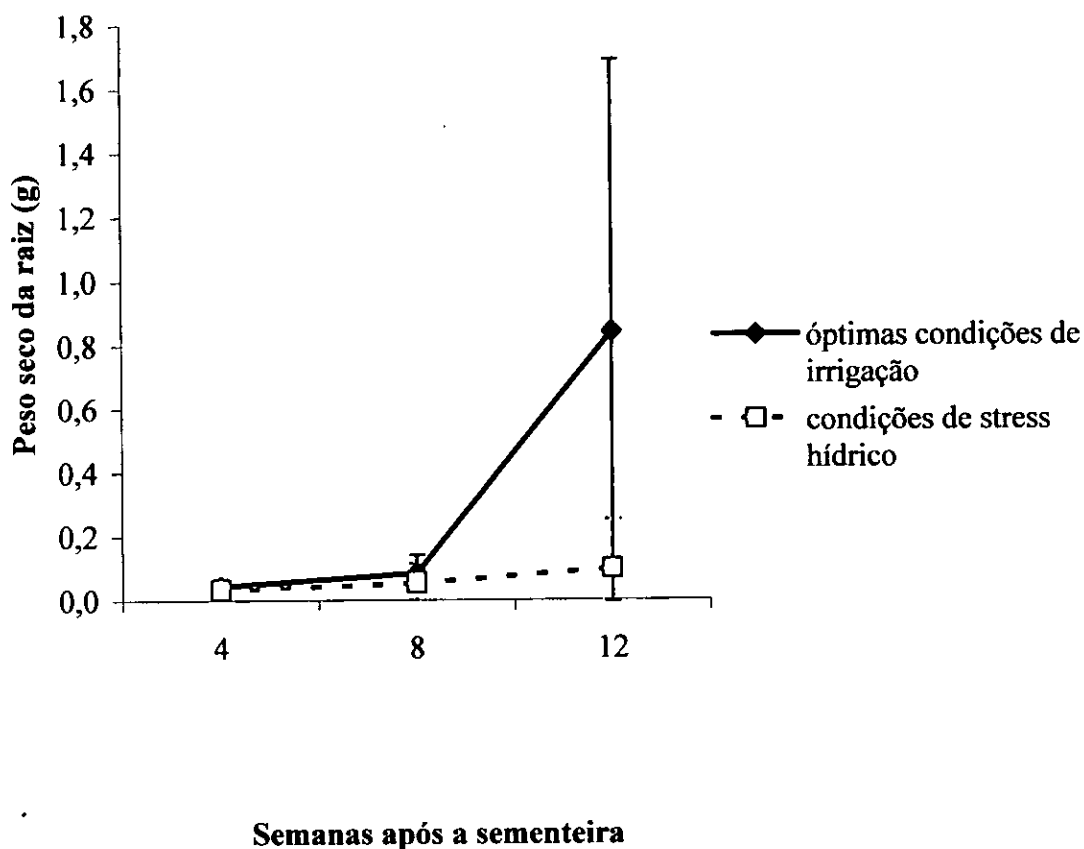


Figura 8. Efeito do stress hídrico no peso seco da raiz do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

A mapira em stress hídrico têm tendência a apresentar sempre maior peso seco da raiz que as plantas de controle, enquanto o milho aumenta muito pouco o peso seco da raiz, havendo apenas grande diferença entre os tratamentos na semana 12 depois da sementeira. (Figuras 7 e 8).

6.1.5 Peso fresco do caule

O tratamento do stress hídrico não alterou significativamente ($p = 0,61$) este parâmetro, durante o curso da experiência, comparativamente ao grupo do tratamento ótimas condições de irrigação na mapira. (Figura 9)

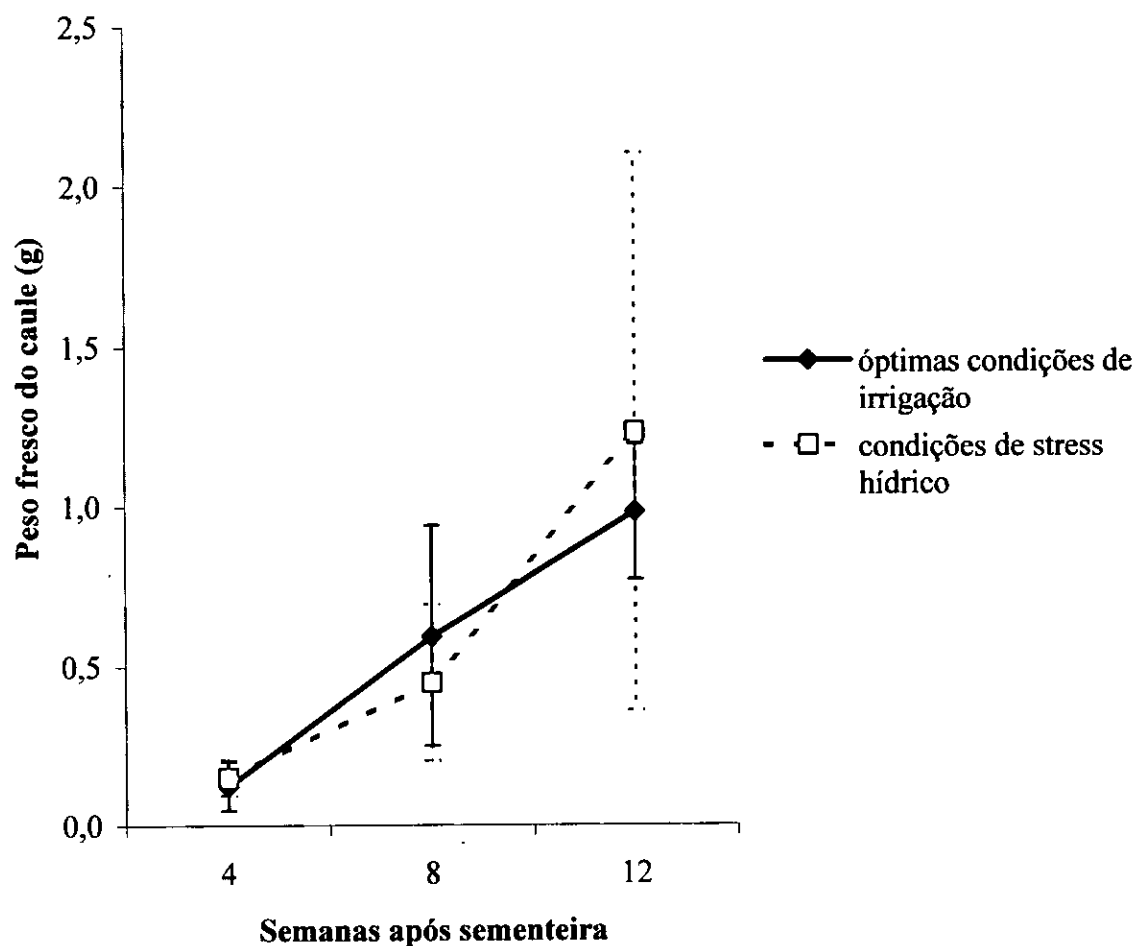


Figura 9. Efeito do stress hídrico no peso fresco do caule da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Ao longo da experiência o tratamento do stress hídrico reduziu significativamente ($p = 0,02$) o peso fresco do caule em 2.56 vezes no milho (Figura 10).

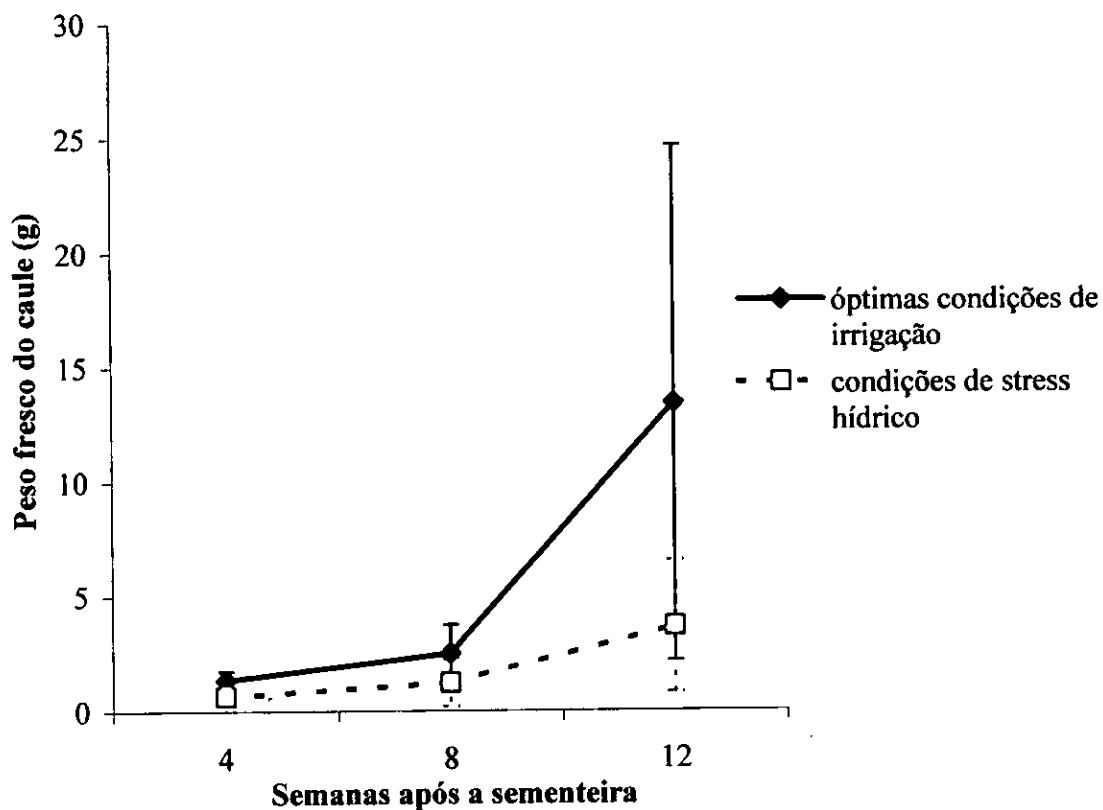


Figura 10. Efeito do stress hídrico no peso fresco do caule do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão .

Como se vê da Figura 10 há uma tendência de aumento do peso fresco do caule ao longo do estudo. Contudo, o stress hídrico reduziu o peso fresco do caule do milho, tendo sido acentuado na 12ª semana depois da sementeira.

6.1.6 Peso seco do caule

Durante o curso da experiência ^o ambos os tratamentos da mapira não mostraram ^o crescimento significativamente ^o ($p=0,64$) diferentes entre si. (Figura 11).

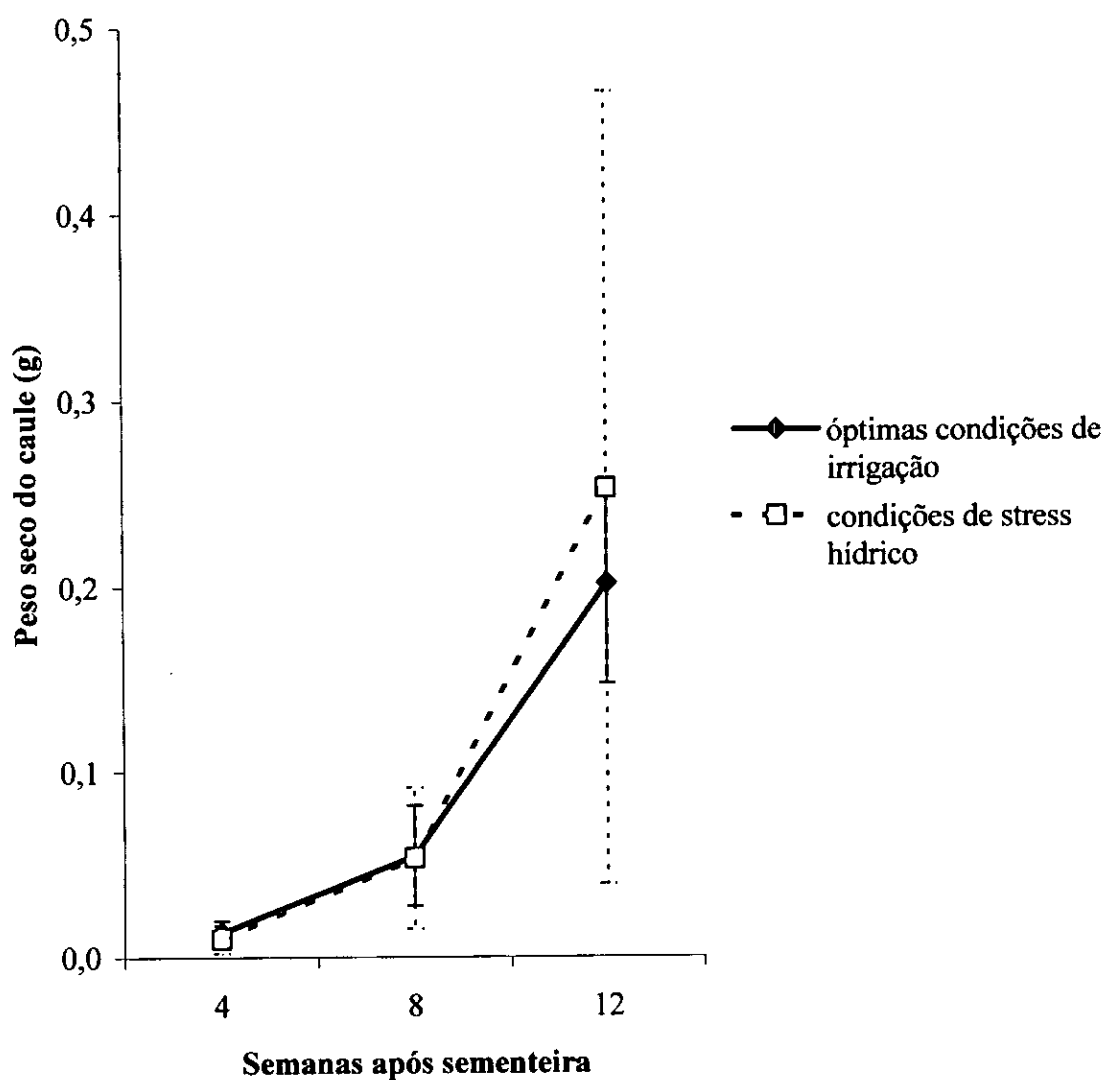


Figura 11. Efeito do stress hídrico no peso seco do caule da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão .

O milho em stress hídrico diminuiu em 2.34 vezes, ($p=0,02$) de crescimento do peso seco do caule em relação ao das condições ótimas, ao longo do decurso da experiência.

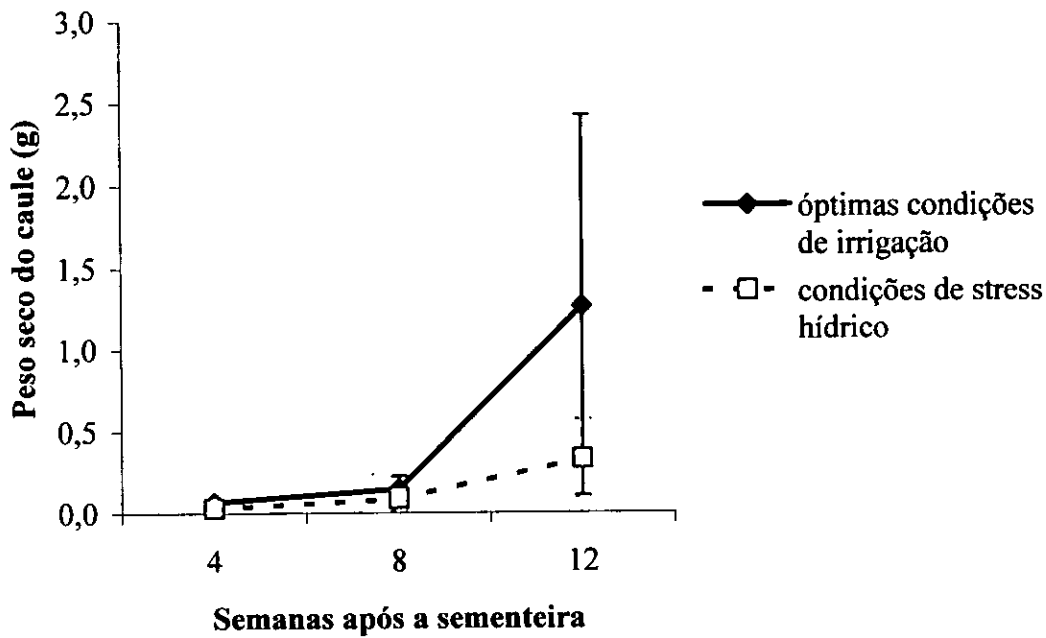


Figura 12. Efeito do stress hídrico no peso seco do caule do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

A Figura 12 mostra a redução causada pelo stress hídrico no peso seco do caule do milho sendo acentuada na semana 12 após a sementeira.

6.1.7 Peso fresco da folha

O peso fresco da folha da mapira não foi alterado significativamente ($p = 0,30$), ao longo das semanas de estudo, pelo stress hídrico, quando comparado ao tratamento nas ótimas condições de irrigação. (Figura 13).

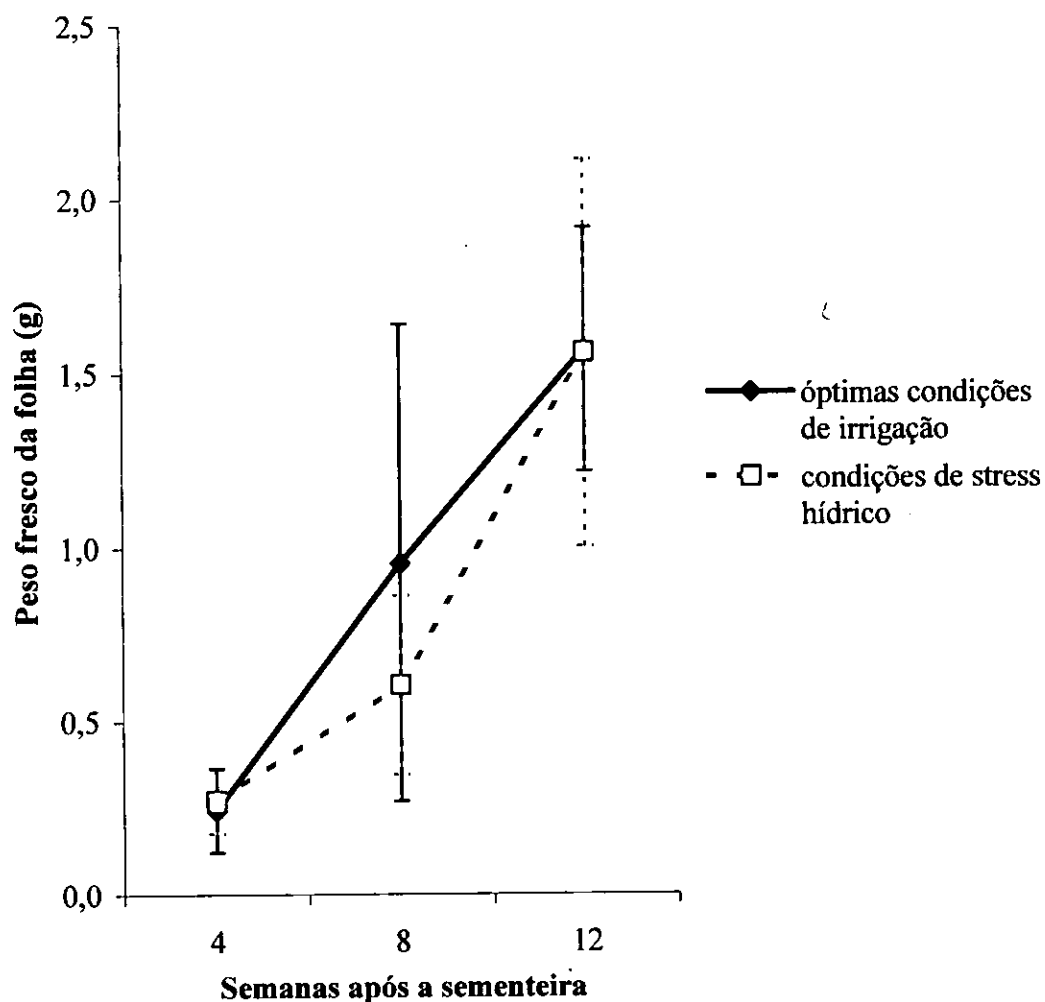


Figura 13. Efeito do stress hídrico no peso fresco da folha da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho o peso fresco da folha, ficou reduzido em 2.19 vezes, $p = (0,01)$ no grupo de stress hídrico quando comparado ao das condições ótimas, ao longo do decurso da experiência. (Figura 14).

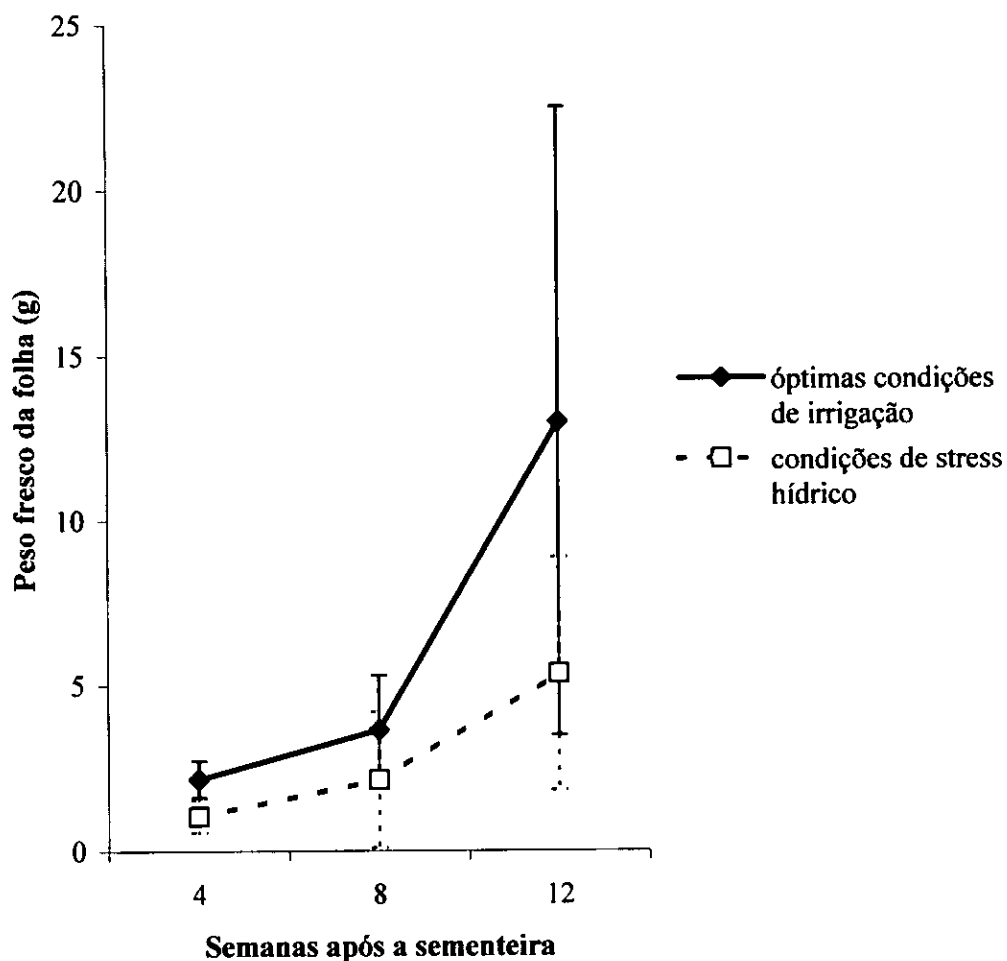


Figura 14. Efeito do stress hídrico no peso fresco da folha do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Na mapira há uma sobreposição dos gráficos de ambos tratamentos na 4^a e 12^a semanas, excepto na 8^a semana onde o peso fresco da folha das plantas em stress é menor que o das plantas bem irrigadas. (Figura 13).

No milho, porém, as plantas bem irrigadas superavam sempre as plantas em condições de stress hídrico. (Figura 14).

6.1.8 Peso seco da folha

O peso seco da folha não diferiu significativamente ($p=0,32$) nos dois tratamentos da mapira durante o decurso da experiência (Figura 15).

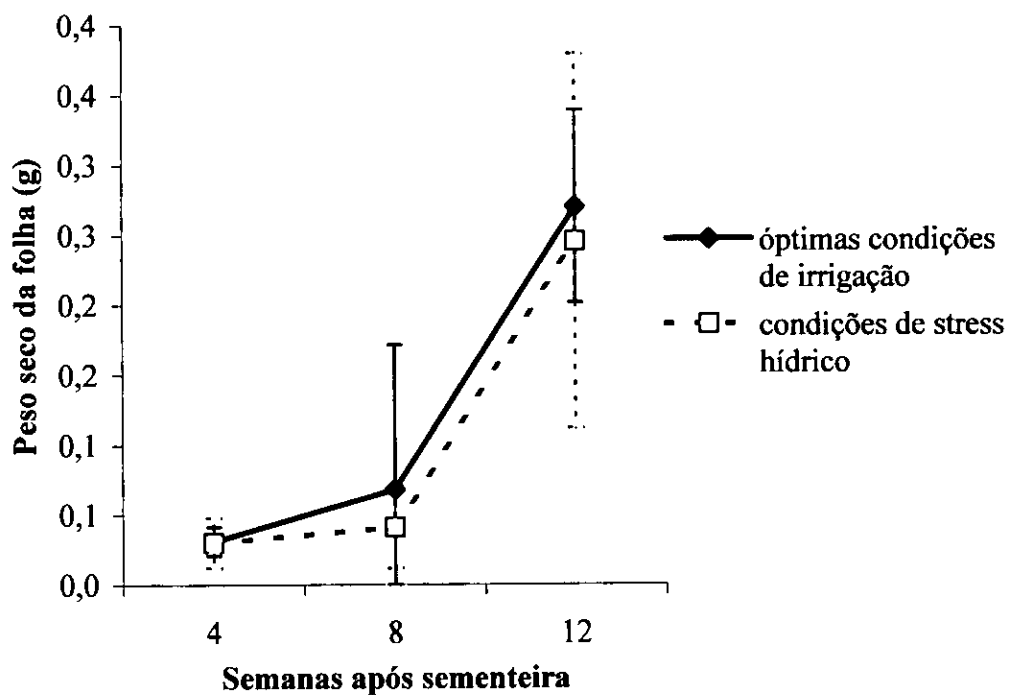


Figura 15. Efeito do stress hídrico no peso seco da folha da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

O peso seco da folha do milho diminuiu em 2,07 vezes, ($p=0,02$) no grupo em stress hídrico ao longo da experiência. (Figura 16)

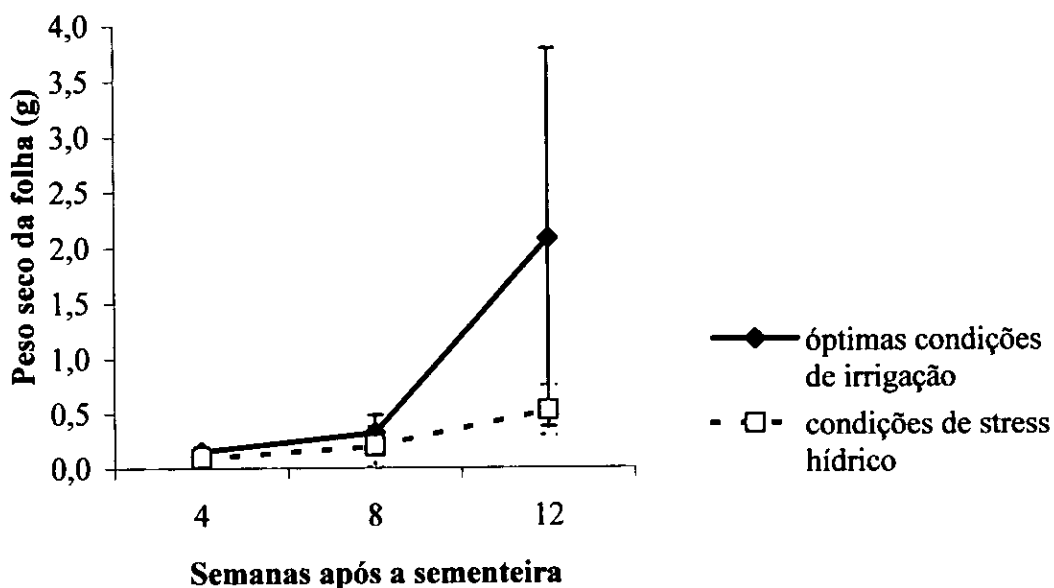


Figura 16. Efeito do stress hídrico no peso seco da folha do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Duma forma geral há uma tendência de aumento do peso seco da folha com o crescimento da planta, notando-se uma diferença acentuada no milho na última colheita entre as plantas em stress hídrico e as de controle.

6.2 Efeito do stress hídrico no número e na área da folha

6.2.1 Número de folhas

Tanto o grupo em stress hídrico como em condições ótimas na mapira não diferiram estatisticamente ($p=0,31$) no número de folhas (Figura 17).

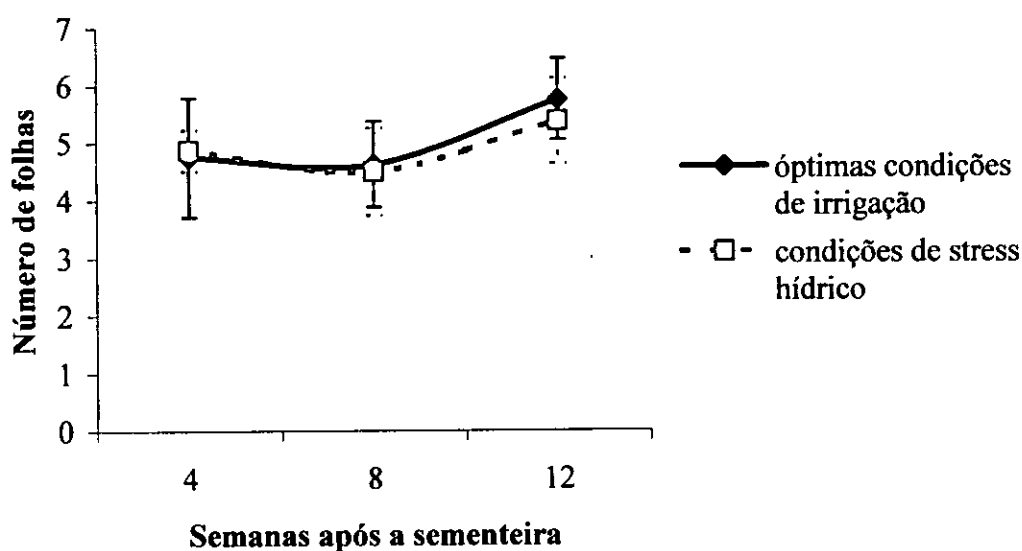


Figura 17. Efeito do stress hídrico no número de folhas da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

O milho nas condições em stress reduziu o número de folhas em 1.22 vezes, ($p=0,10$) comparativamente ao grupo em condições ótimas (Figura 18). *significativo*

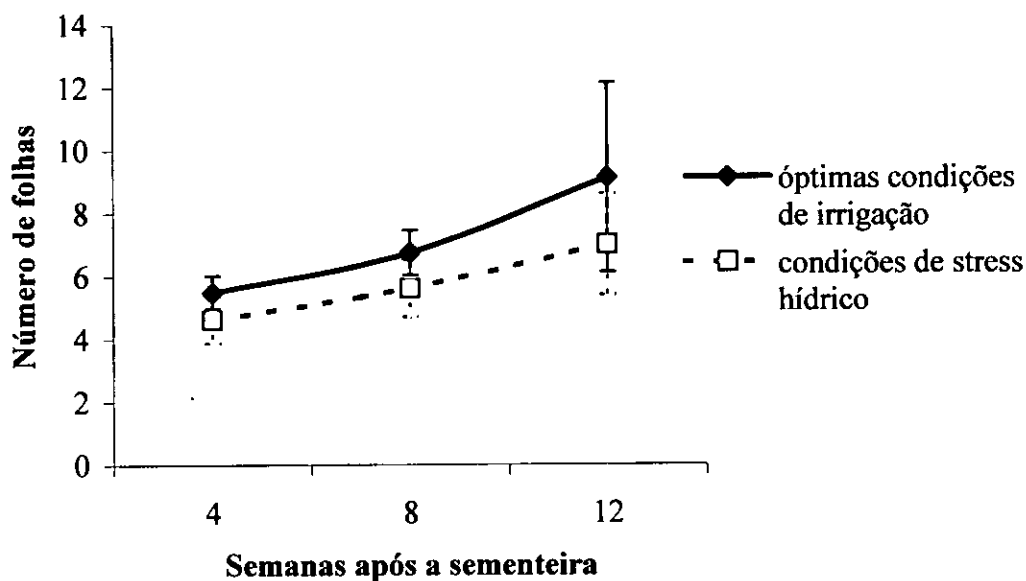


Figura 18. Efeito do stress hídrico no número de folhas do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

O número de folhas aumenta ao longo do tempo (Figuras 17 e 18). Na mapira há diminuição da semana 4 a 8 e um aumento da semana 8 a 12 em ambos tratamentos. No milho apesar de haver um aumento ao longo do tempo, há uma diferença entre as plantas de stress e as de controle, e a diferença tende a ser maior ao longo do tempo.

6.2.2 Área foliar

A área foliar aumenta no decurso da experiência (Figuras 19 e 20). Apesar deste aumento ao longo do tempo, há diferença estatisticamente significativa na área foliar, apenas nas semanas 8 e 12 após a sementeira, sendo acentuada na semana 8. No milho, a área foliar nas plantas submetidas ao stress é sempre menor em relação as plantas de controle (Figura 20).

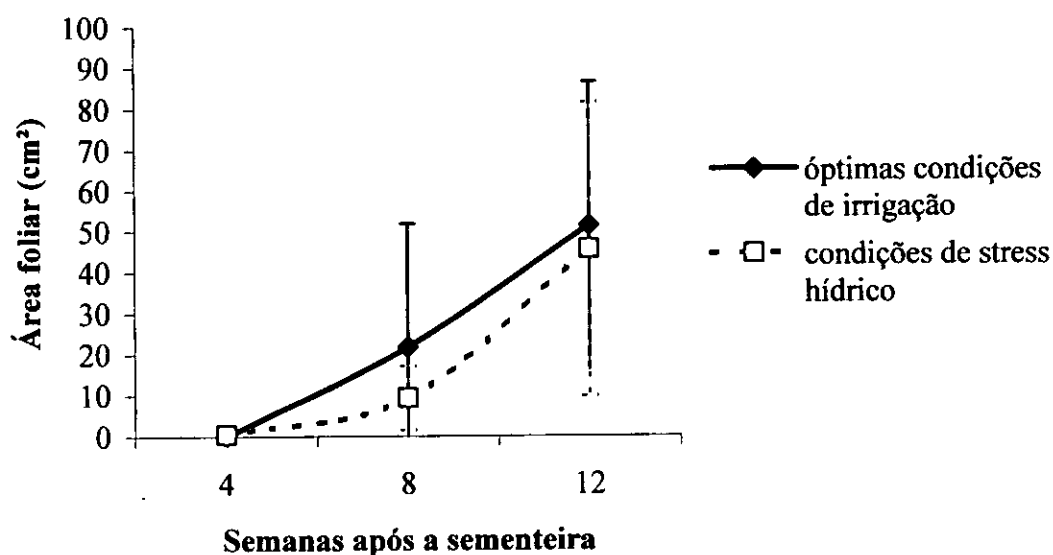


Figura 19. Efeito do stress hídrico na área foliar da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

A área foliar na mapira não diferiu significativamente ($p=0,26$) entre as plantas de stress e de controle ao longo da experiência.

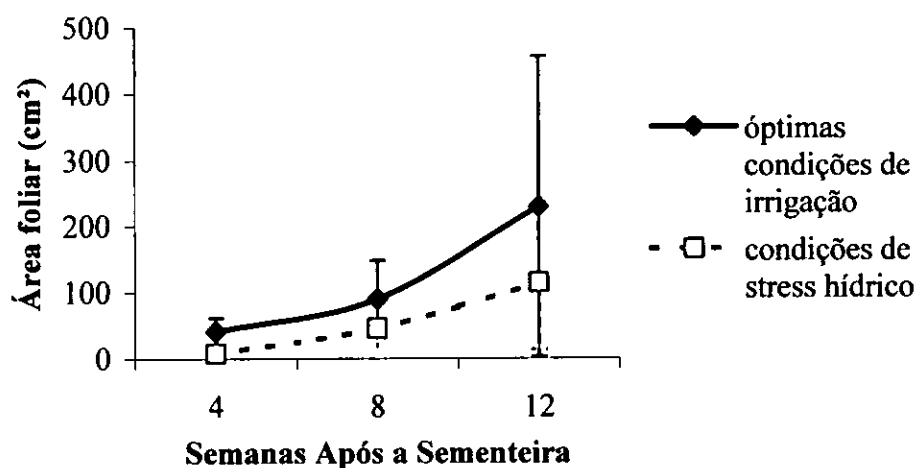


Figura 20. Efeito do stress hídrico na área foliar do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

A área foliar do milho diminuiu em 5,14 vezes ($p=0,04$) no tratamento em stress hídrico em relação ao tratamento em ótimas condições de irrigação.

6.3 Razão da área foliar

A razão da área foliar na mapira não mudou significativamente ($p=0,44$) nos dois grupos ao longo do decurso do estudo, apesar de se notar um aumento na 8ª semana, seguida de uma redução na 12ª semana. (Figura 21).

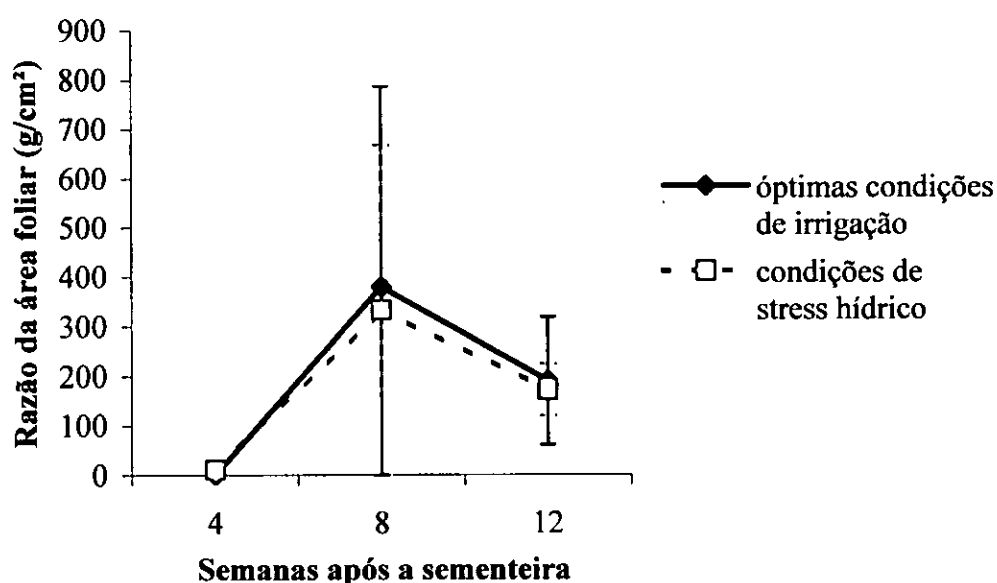


Figura 21. Efeito do stress hídrico na razão da área foliar da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

O milho reduziu significativamente a razão da área da folha em 2.48 vezes, ($p=0,07$) no grupo em stress hídrico comparativamente ao grupo em condições ótimas.

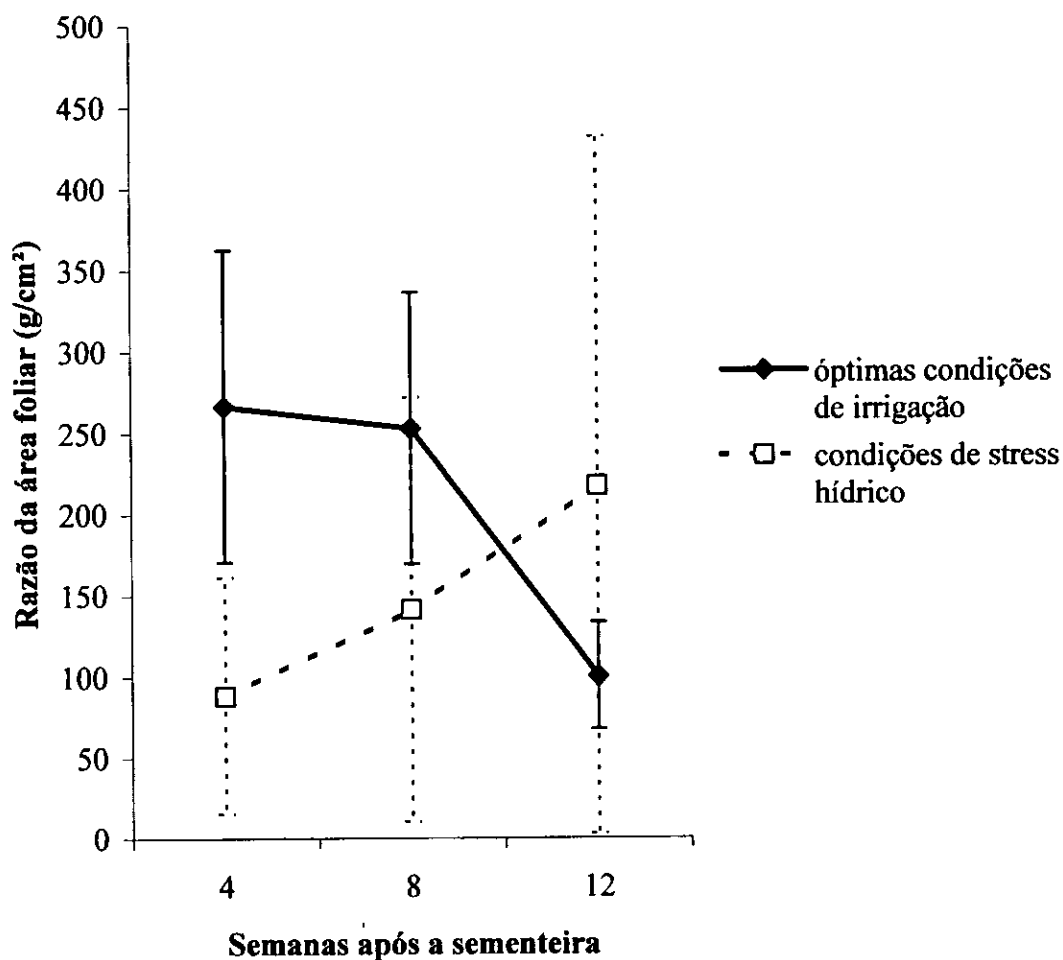


Figura 22. Efeito do stress hídrico na razão da área foliar do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

A Figura 22 mostra que na 12ª semana as plantas do milho em condições ótimas de irrigação tiveram uma razão de área foliar menor.

6.4 Razão do peso seco das folhas

A razão do peso seco das folhas na mapira não diferiu significativamente ($p=0.31$) entre os tratamentos em stress e em condições ótimas ao longo do curso da experiência.

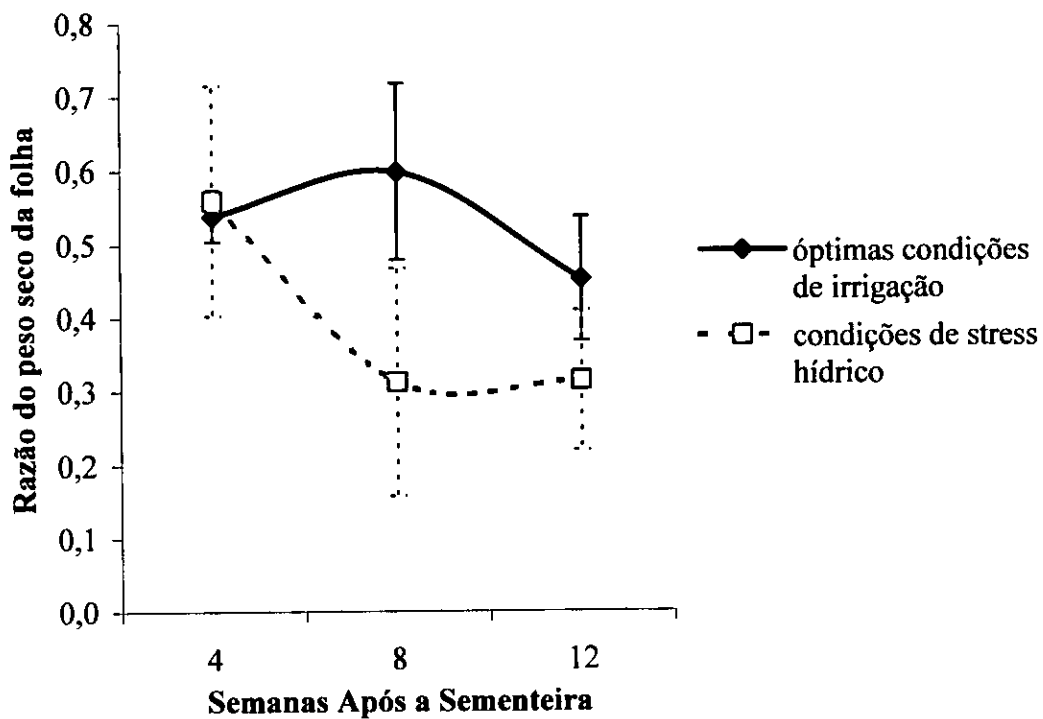


Figura 23. Efeito do stress hídrico na razão do peso seco das folhas da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Nos tratamentos de stress hídrico e ótimas condições de irrigação do milho a razão do peso seco das folhas também não mudou significativamente ($p=0,58$) entre ambos ao longo da experiência. (Figura 24).

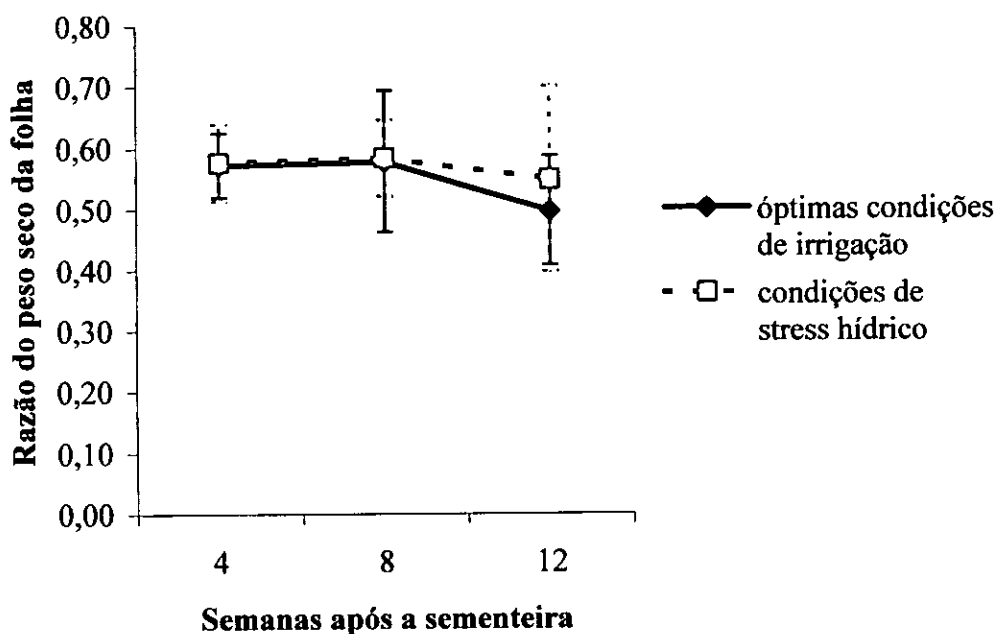


Figura 24. Efeito do stress hídrico na razão do peso seco das folhas do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Na mapira as plantas em stress hídrico apresentaram menor razão do peso seco da folha em relação as plantas de controle na 8ª e 12ª semanas após a sementeira. (Figura 23). No milho as plantas em stress tiveram sempre maior razão do peso seco da folha que as plantas de controle, acentuando-se na 12ª semana. (Figura 24).

6.5 Razão do peso seco da raiz

A razão do peso seco da raiz não mudou significativamente ($p=0,95$) entre os ambos tratamentos, stress hídrico e ótimas condições de irrigação da mapira durante o curso da experiência. (Figura 25).

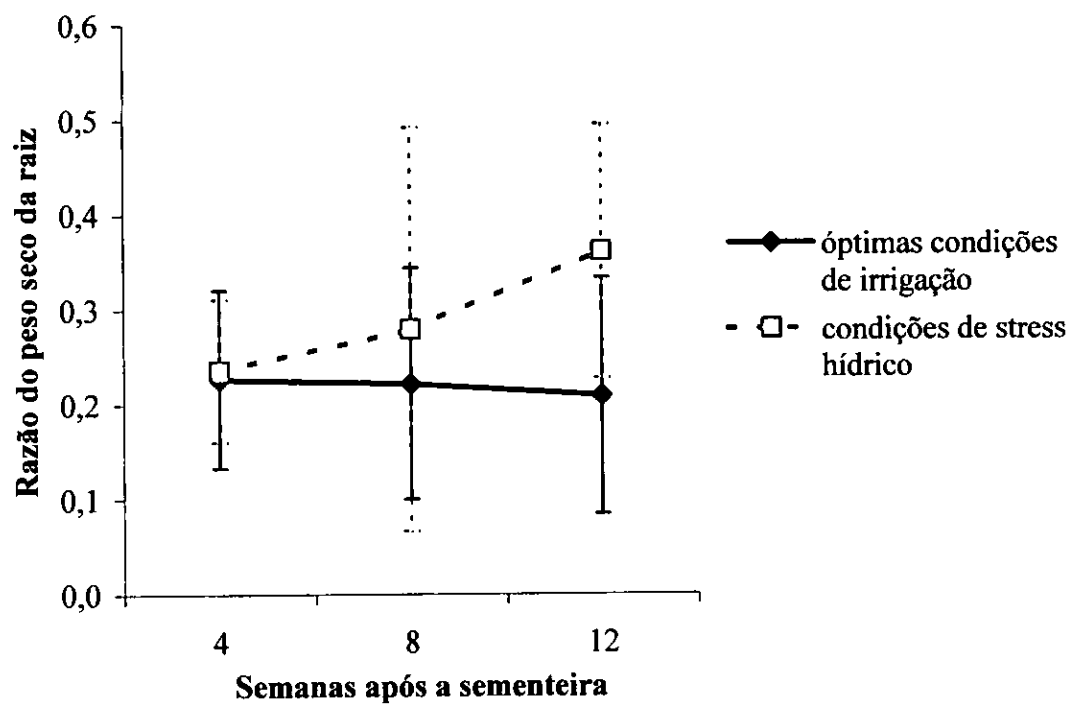


Figura 25. Efeito do stress hídrico na razão do peso seco raiz da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho não houve diferenças ($p=0,97$) na razão do peso seco da raiz ao longo do curso da experiência entre os dois tratamentos. (Figura 26).

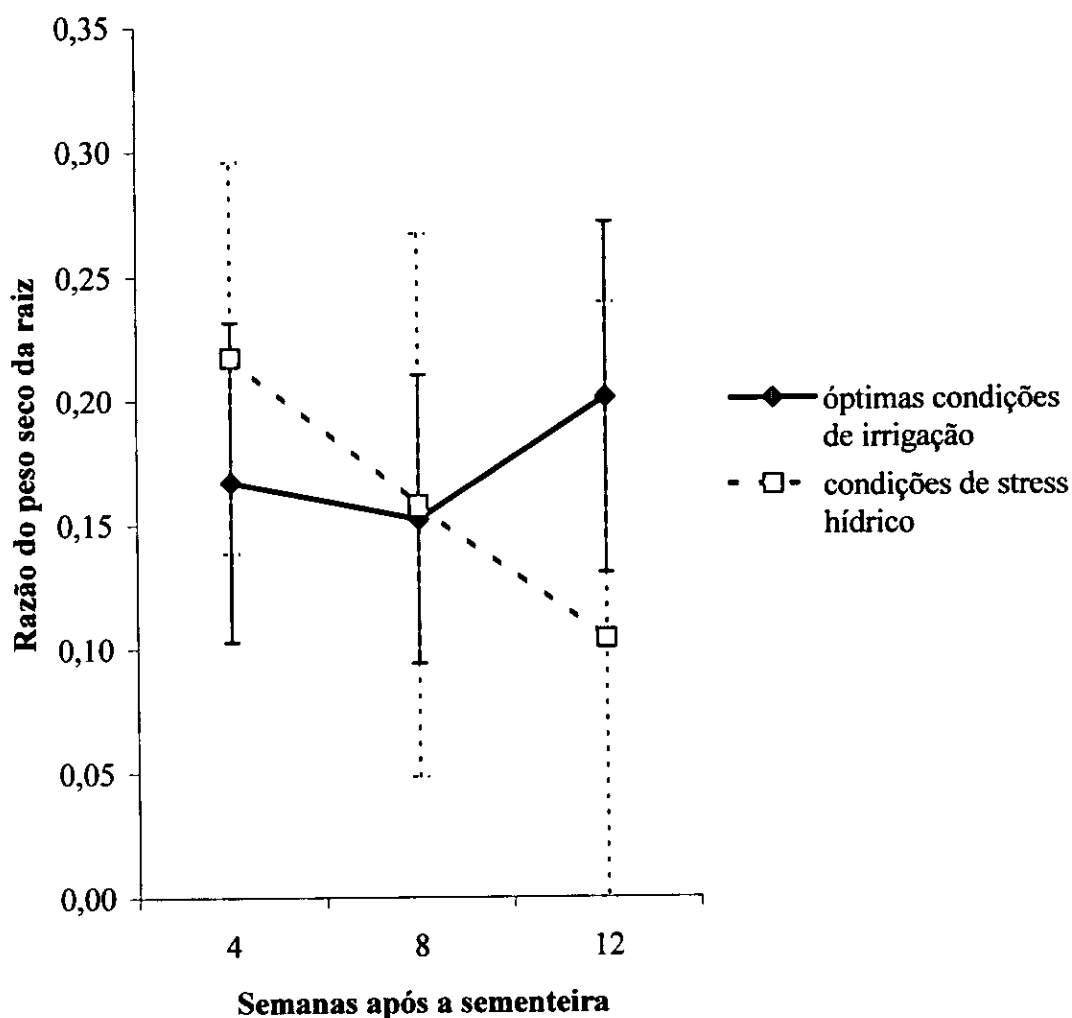


Figura 26. Efeito do stress hídrico na razão do peso seco raiz do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Observando o gráfico, as plantas em stress na mapira apresentaram sempre maior razão de peso seco da raiz em relação as plantas de controle e tende a ser maior com o tempo. (Figura 25).

6.6 Razão do peso seco da raiz pela parte aérea

Na mapira, não há diferenças estatisticamente significativas ($p= 0,92$) deste parâmetro ao longo da experiência. (Figura 27).

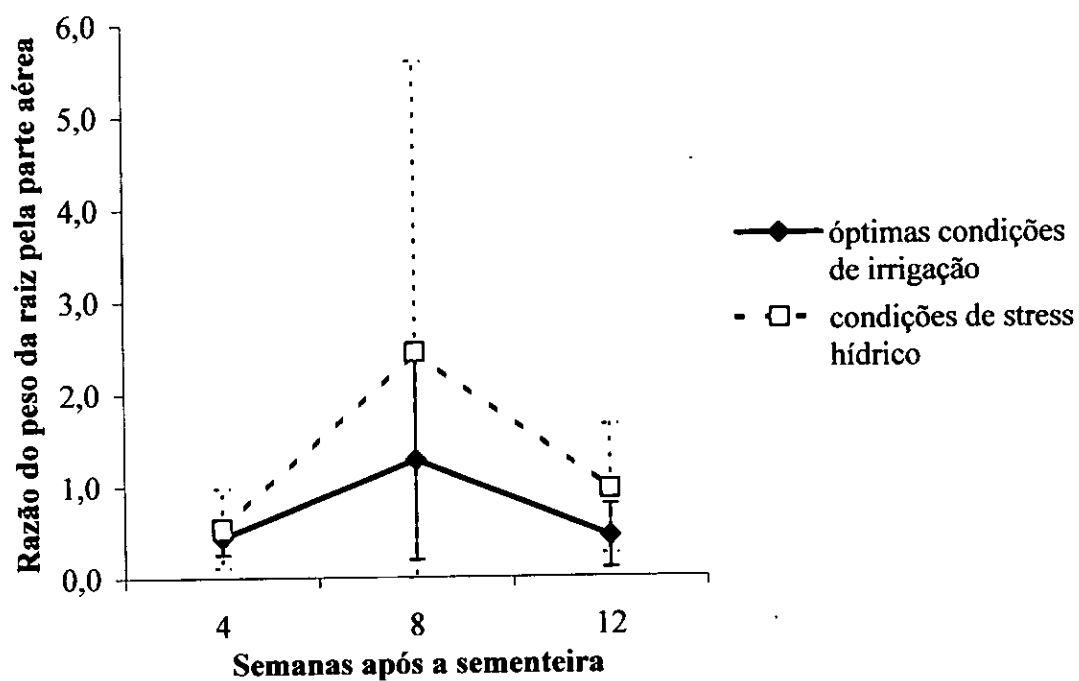


Figura 27. Efeito do stress hídrico na razão do peso raiz pela parte aérea da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho não houve diferenças significativas ($p= 0,60$) da razão do peso seco da raiz pela parte aérea.

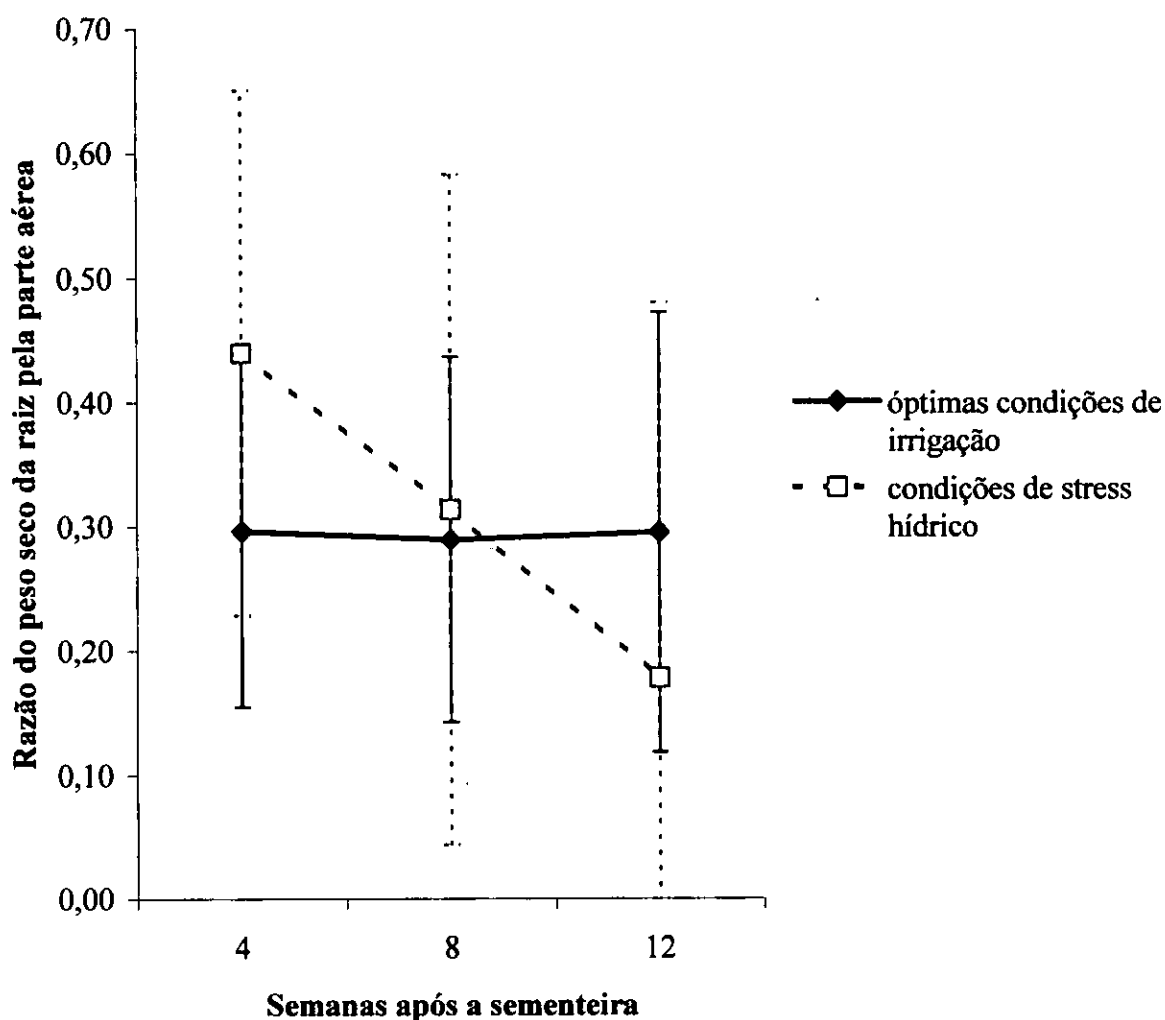


Figura 28. Efeito do stress hídrico na razão do peso raiz pela parte aérea do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Na mapira o gráfico mostra uma tendência de aumento da razão do peso seco da raiz pela parte aérea ao longo do tempo nas plantas submetidas ao stress, mas no milho há uma tendência de decréscimo. (Figura 27 e 28). *KMue¹*

6.7 Densidade da raiz

A densidade da raiz na mapira não diferiu significativamente ($p=0,43$) ao longo da experiência para ambos tratamentos. (Figura 29).

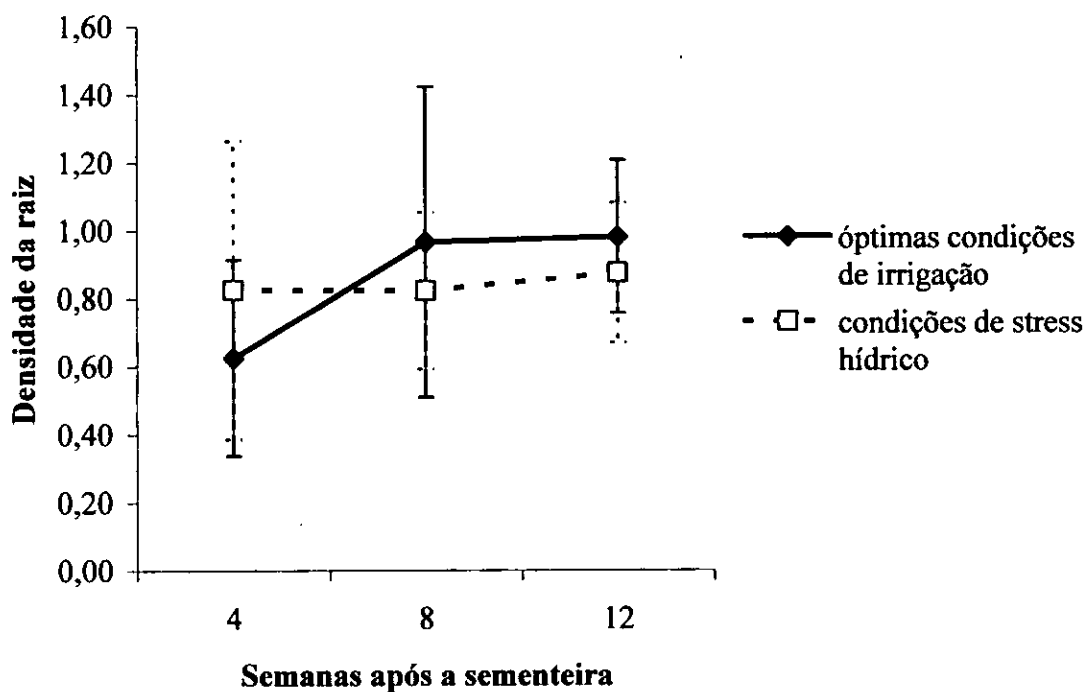


Figura 29. Efeito do stress hídrico na densidade da raiz da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho igualmente a densidade de raiz não difere significativamente para ambos tratamentos, ($p=0,44$), (Figura 30).

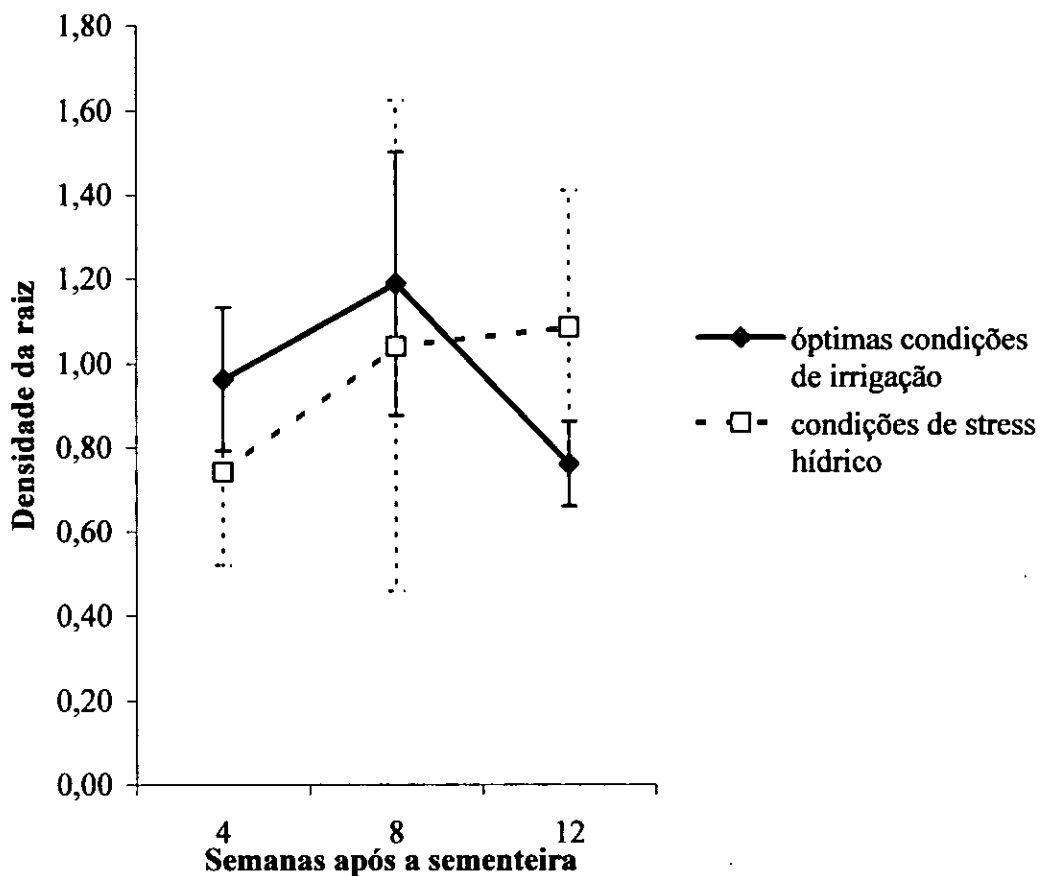


Figura 30. Efeito do stress hídrico na densidade da raiz do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Na mapira as plantas de stress hídrico a densidade da raiz tem tendência a manter-se constante ao longo do tempo. (Figura 29). Enquanto no milho a densidade da raiz aumenta e atinge o pico máximo na semana 8 depois da sementeira, e depois mantém-se constante.

6.8 Conteúdo relativo de água na folha e na raiz

6.8.1 Conteúdo relativo de água da folha

Não há evidência estatística suficiente que mostre diferenças significativas entre tratamentos da mapira em relação ao conteúdo relativo de água da folha, ($p=0.32$).

(Figura 30).

tendência do aumento, como é o milho!

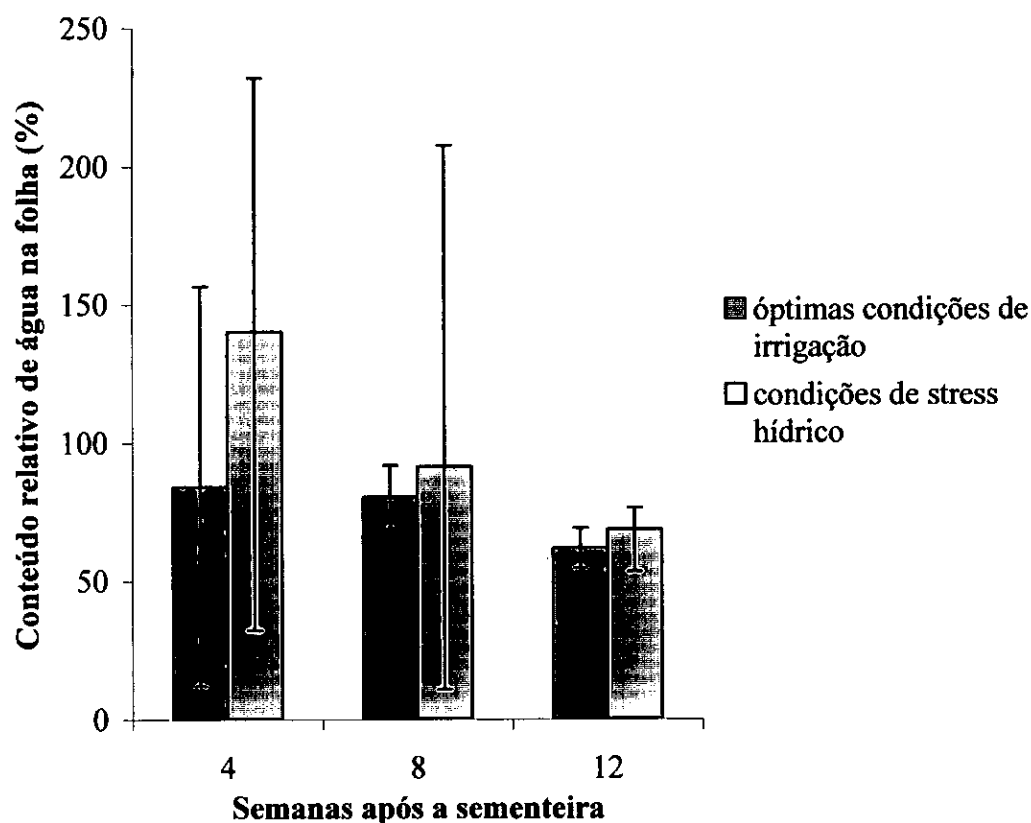


Figura 31. Efeito do stress hídrico no conteúdo relativo de água na folha da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho não há igualmente diferenças significativas ($p=0.15$) no conteúdo relativo de água da folha nos grupos muito embora se note uma tendência de decréscimo significativo ($p<0.05$) ao longo das semanas da experiência. (Figura 32).

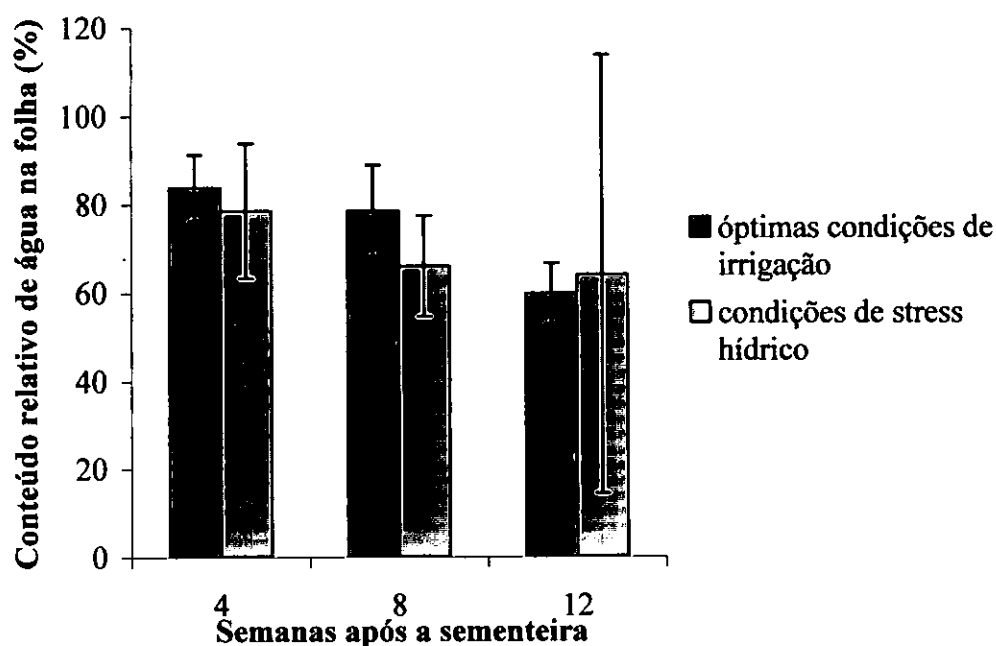


Figura 32. Efeito do stress hídrico no conteúdo relativo de água na folha do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Tanto na mapira assim como no milho, como mostram as Figuras 31 e 32 o conteúdo relativo de água reduz ao longo do tempo, sendo muito próximo no milho.

6.8.2 Conteúdo Relativo de água da raiz

Ao longo das semanas da experiência o conteúdo relativo de água da raiz da mapira nos dois tratamentos não mudou significativamente ($p=0.05$). (Figura 33).

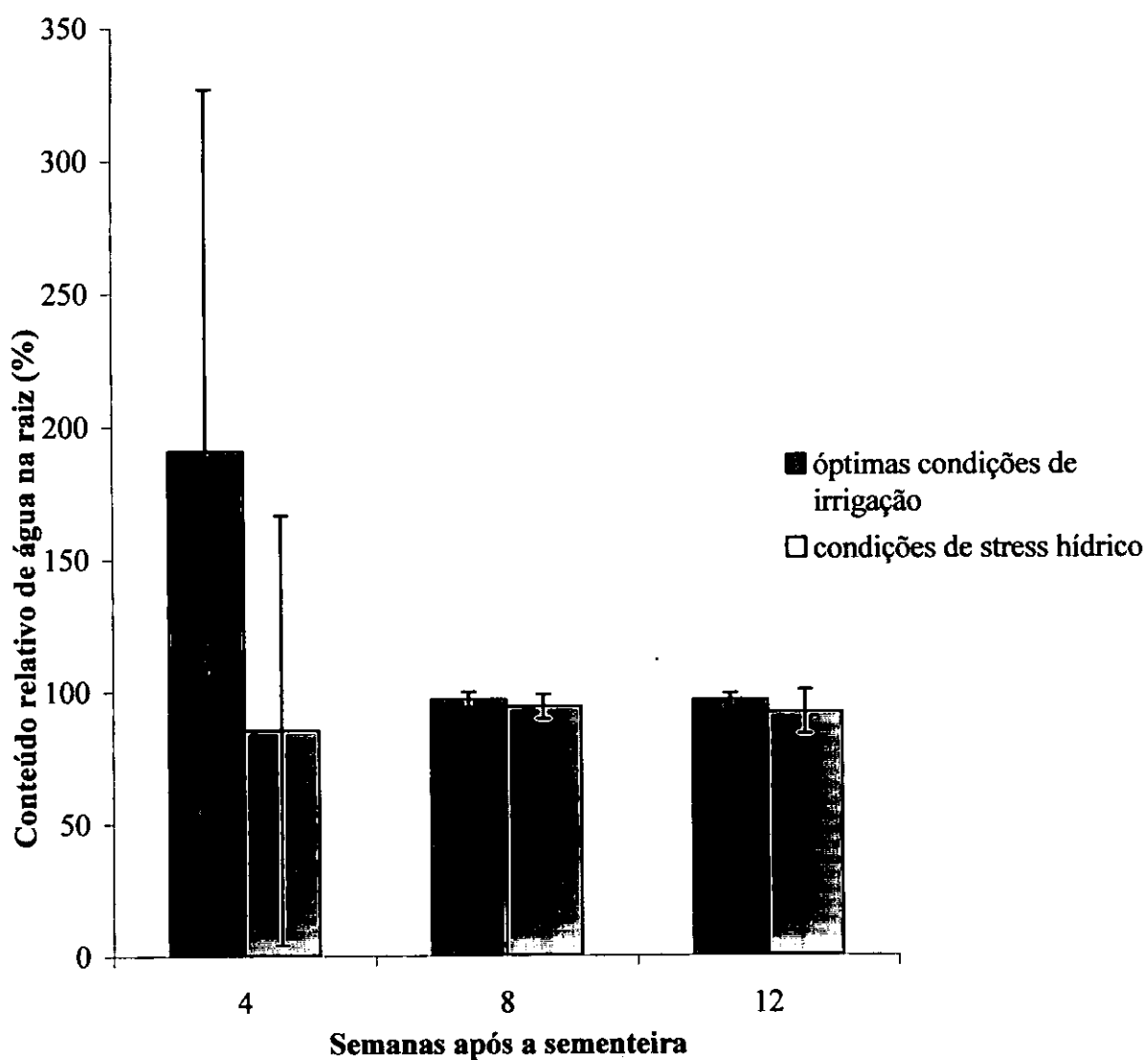


Figura 33. Efeito do stress hídrico no conteúdo relativo de água na raiz da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho o stress não mudou significativamente ($p=0.05$) o conteúdo relativo de água. (Figura 34).

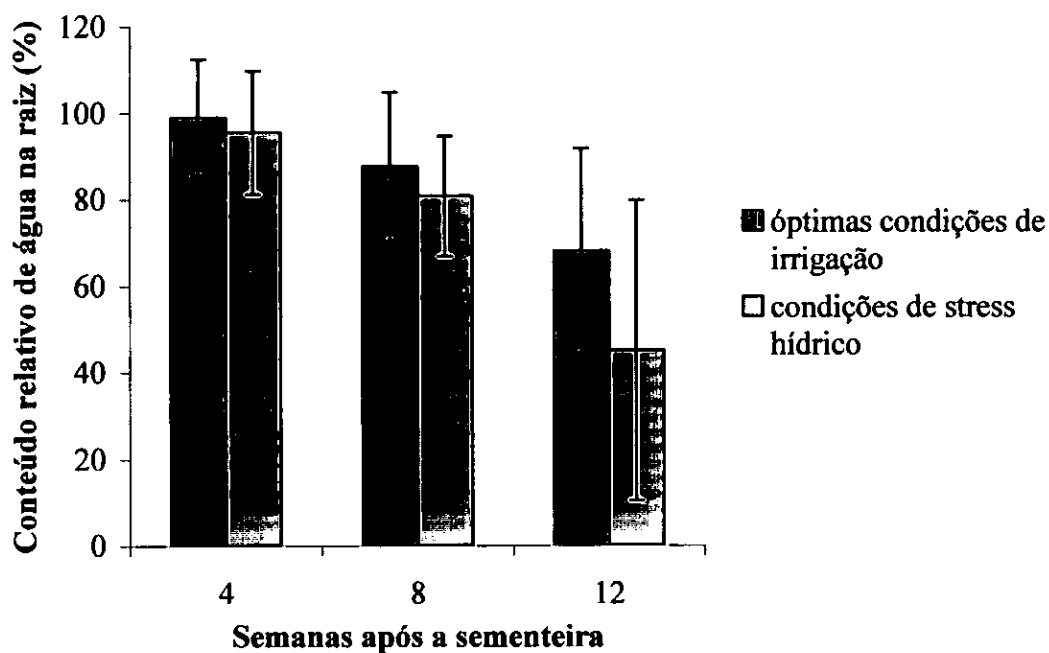


Figura 34. Efeito do stress hídrico no conteúdo relativo de água na raiz do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho o conteúdo relativo de água na raiz reduz ao longo do tempo sendo a redução acentuada na 12^a semana após a sementeira. No entanto na mapira nota-se na 4^a semana uma diferença assinalável e nas semanas a seguir vai reduzindo o conteúdo relativo de água de forma muito lenta tendendo a ser constante. (Figura 34).

6.10. Efeito do stress hídrico na Taxa de Crescimento Relativo

A taxa de crescimento relativa não mudou significativamente ($p=0.64$) entre os tratamentos da mapira em stress hídrico e em ótimas condições de irrigação. (Figura 35).

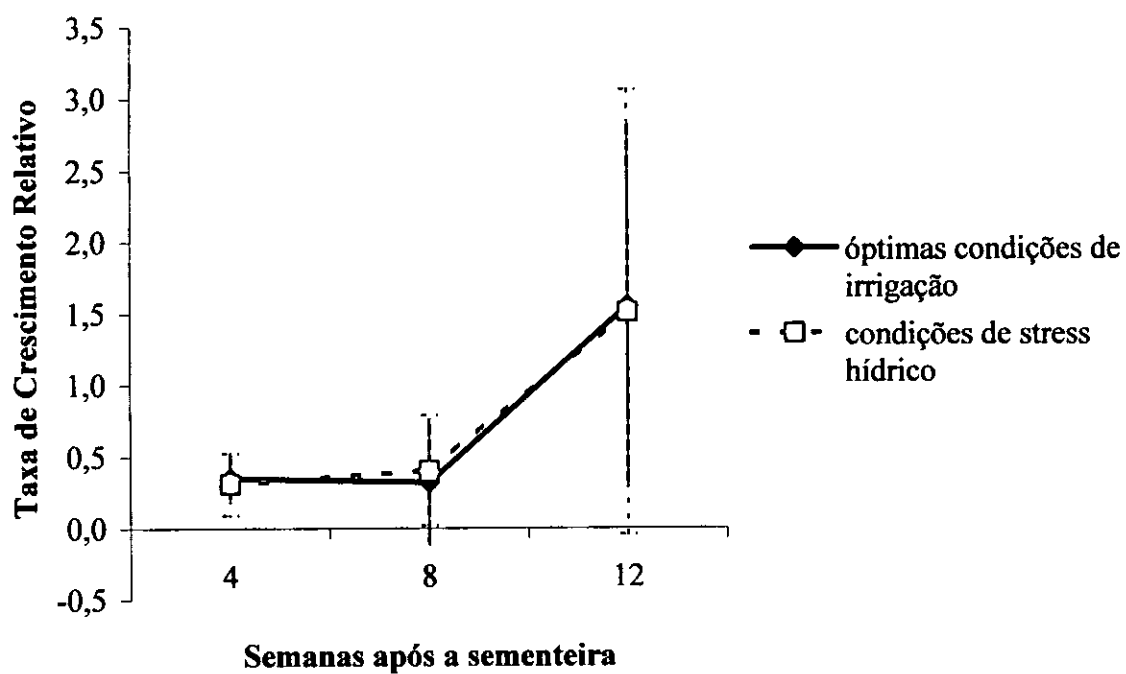


Figura 35. Efeito do stress hídrico na taxa de crescimento relativo da mapira. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

No milho a Taxa de crescimento relativo da planta ao longo da experiência diminuiu significativamente ($P=0,02$). (Figura 36). — ver RA e AG \rightarrow

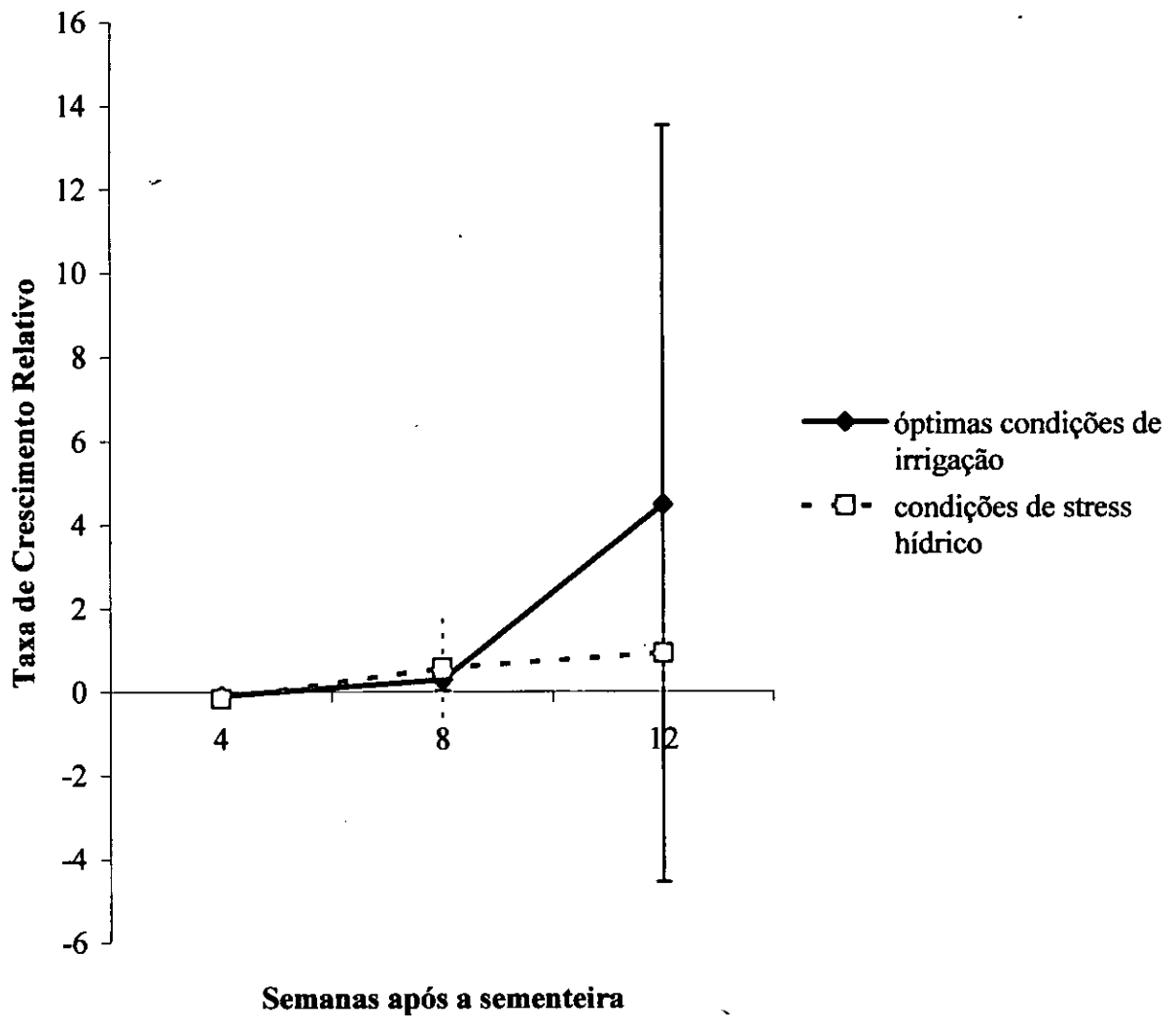


Figura 36. Efeito do stress hídrico na taxa de crescimento relativo do milho. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

6.11 Índice de tolerância da planta

A semelhança dos outros parâmetros o Índice de tolerância da mapira é sempre superior ao do milho. (Figura 37).

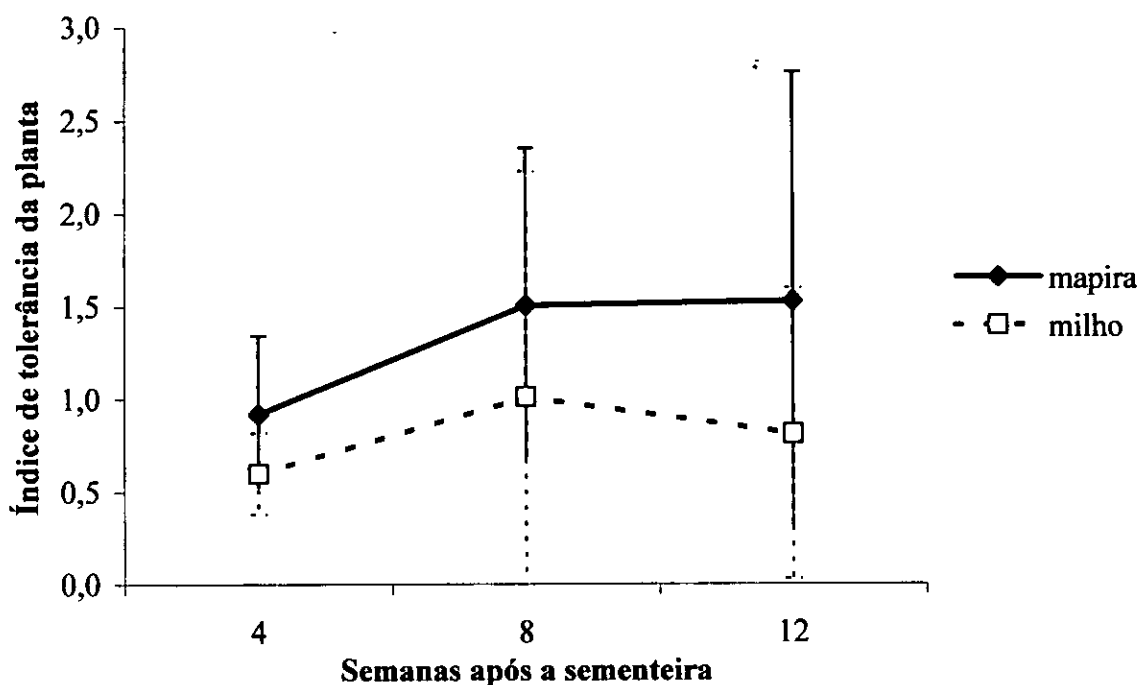


Figura 37. Índice de tolerância da planta da mapira e do milho ao stress hídrico. Cada ponto representa a média de 8 plantas \pm desvio padrão.

Da semana 4-8 a mapira aumenta o seu índice de tolerância e da semana 8-12 tende a apresentar um índice de tolerância constante.

O milho tal como a mapira da semana 4-8 aumenta o seu índice de tolerância da planta, mas da semana 8-12 mostrou uma tendência de redução do índice de tolerância da planta.

6.12. Efeito do stress hídrico na quantidade de prolina

6.12.1 Quantidade de prolina nas folhas

Na mapira, na semana 8 não houve aumento da prolina nas folhas e na semana 12 houve uma redução não acentuada, nas condições de stress hídrico. (Figura 38)

As diferenças entre as plantas de óptimas condições e as de stress hídrico não foram significativas ($p=0,09$).

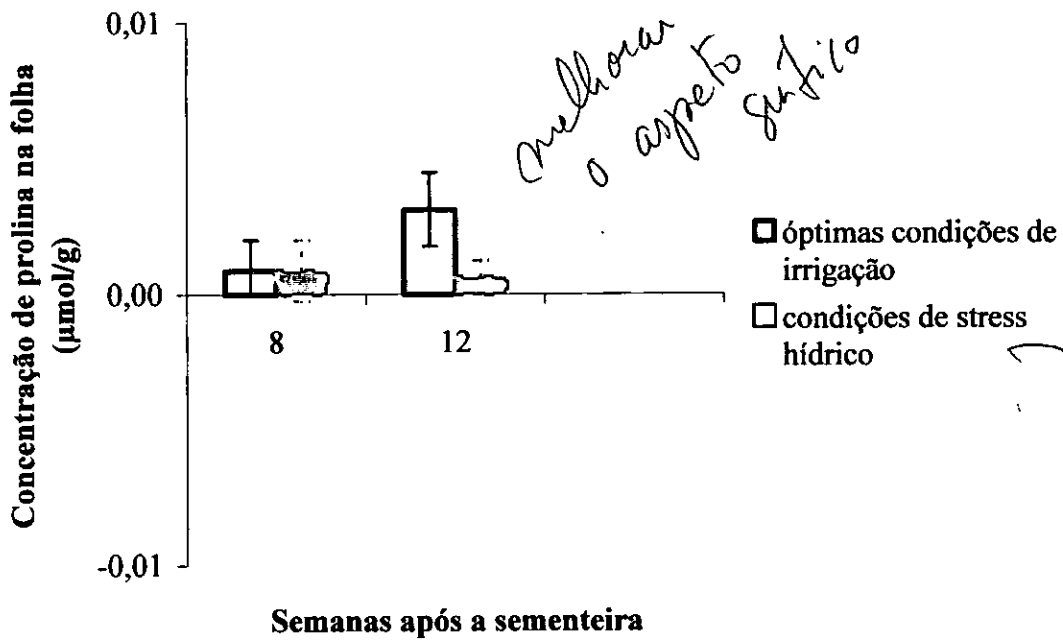


Figura 38. Efeito do stress hídrico na quantidade de prolina nas folhas da mapira. Cada barra representa a média de 4 plantas.

No milho observa-se um aumento na quantidade de prolina na semana 12 após a sementeira . (Figura 39).

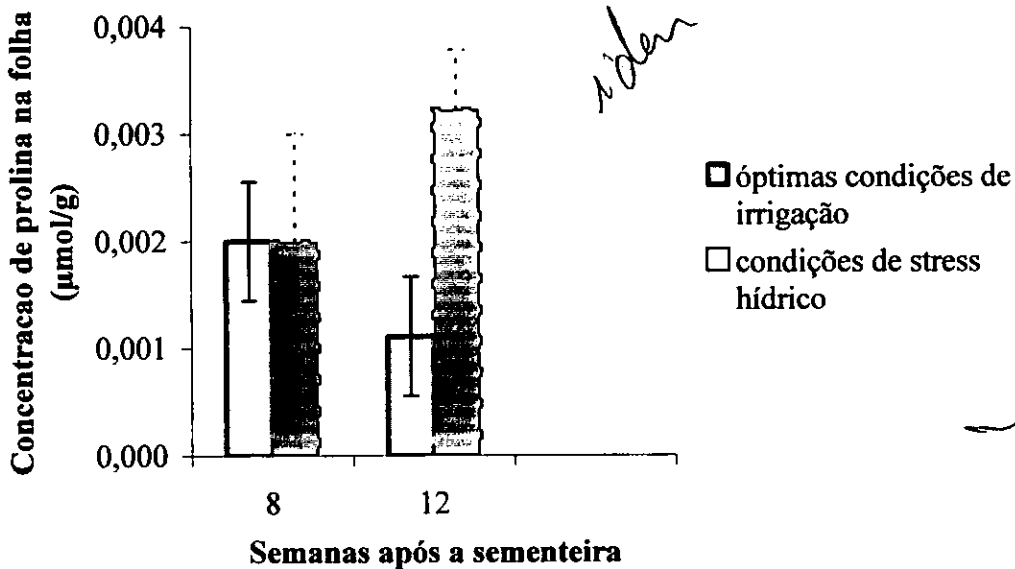


Figura 39. Efeito do stress hídrico na quantidade de prolina nas folhas do milho. Cada barra representa a média de 4 plantas.

No milho as diferenças na quantidade de prolina acumulada nas folhas das plantas sob ótimas condições e as de stress hídrico não foram significativas ($p=0,84$)

6.12.2. Quantidade de prolina nas raízes

Na mapira observa-se uma redução da quantidade de prolina na 8 semana e na semana 12 após a sementeira. (Figura 40).

Estatisticamente as diferenças na quantidade de prolina entre os tratamentos de ótimas condições e o de stress hídrico apresentaram-se significativas ($p=0,03$).

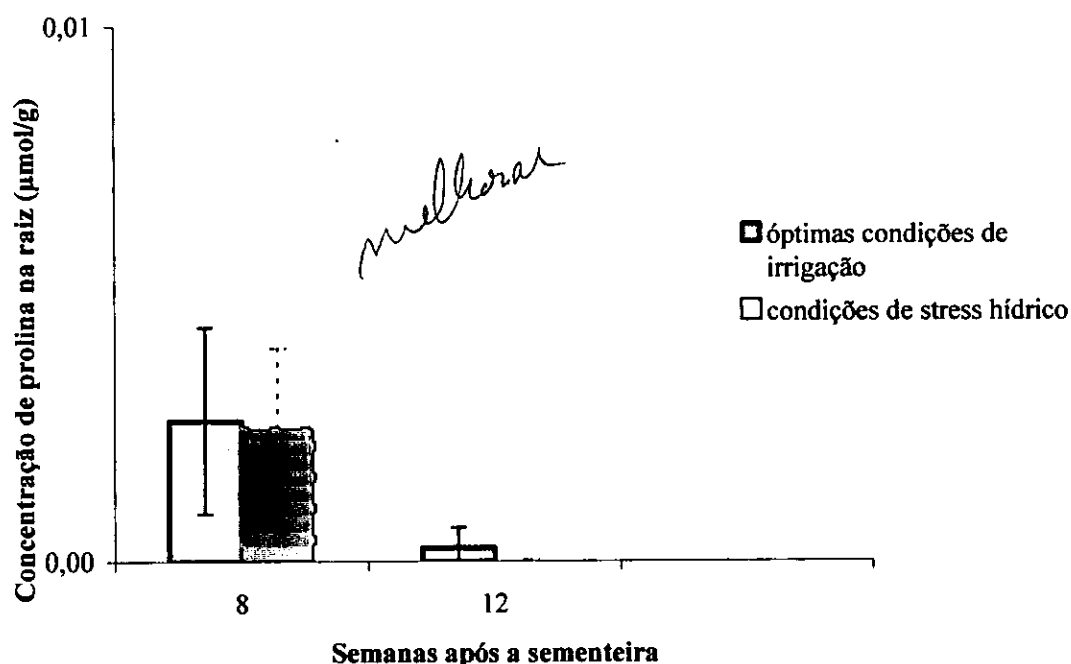


Figura 40. Efeito do stress hídrico na quantidade de prolina nas raízes da mapira. Cada barra representa a média de 4 plantas.

Na semana 8 após houve um ligeiro aumento da quantidade da prolina na raiz do milho, mas na semana 12 após a sementeira houve um aumento acentuado da quantidade de prolina no milho. A estatística mostrou que as diferenças entre os tratamentos de ótimas condições e o de stress hídrico não são significativas ($p=0,03$). (Figura 41).

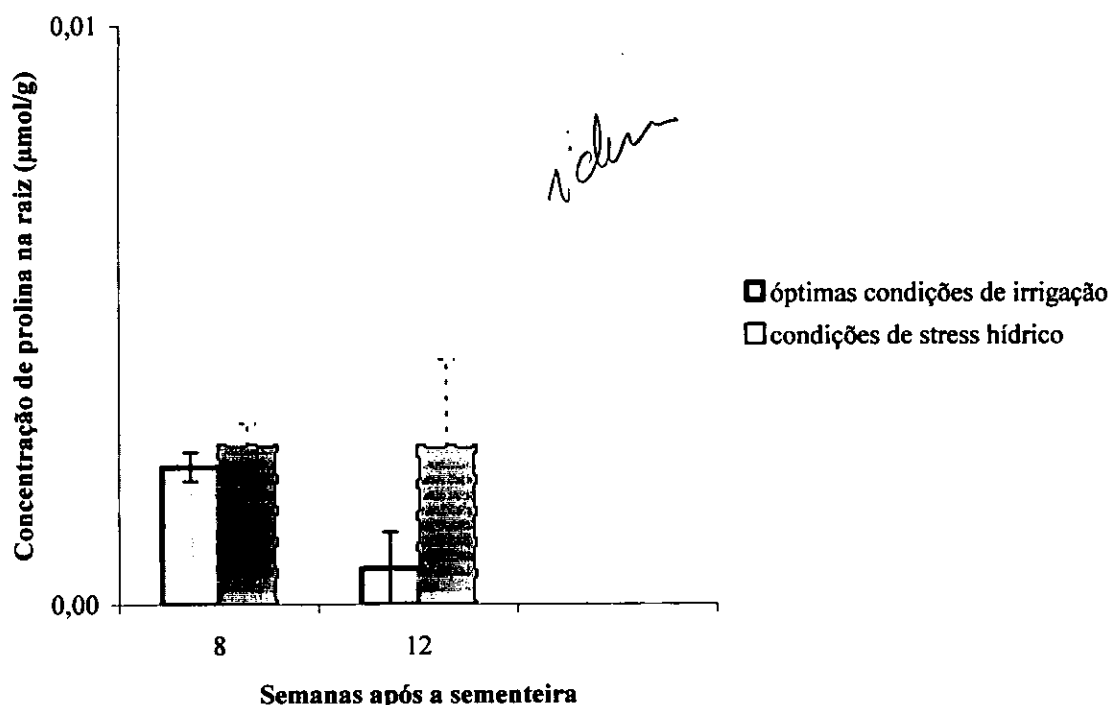


Figura 41. Efeito do stress hídrico na quantidade de prolina nas raízes do milho. Cada barra representa a média de 4 plantas \pm desvio padrão.

O padrão de acumulação de prolina nas duas culturas é diferente, a mapira apresenta menor quantidade de prolina nas plantas em stress hídrico e o milho tende a aumentar a quantidade de prolina ao longo do tempo, como mostram as Figuras 40 e 41.

6.13. Efeito do stress hídrico na formação de espigas

6.13.1 Peso seco das espigas

Na mapira observa-se uma redução do peso seco das espigas das plantas em condições de stress hídrico. (Figura 42).

A estatística mostrou que as diferenças entre os tratamentos de óptimas condições e de stress hídrico não são significativas ($p=0,01$)

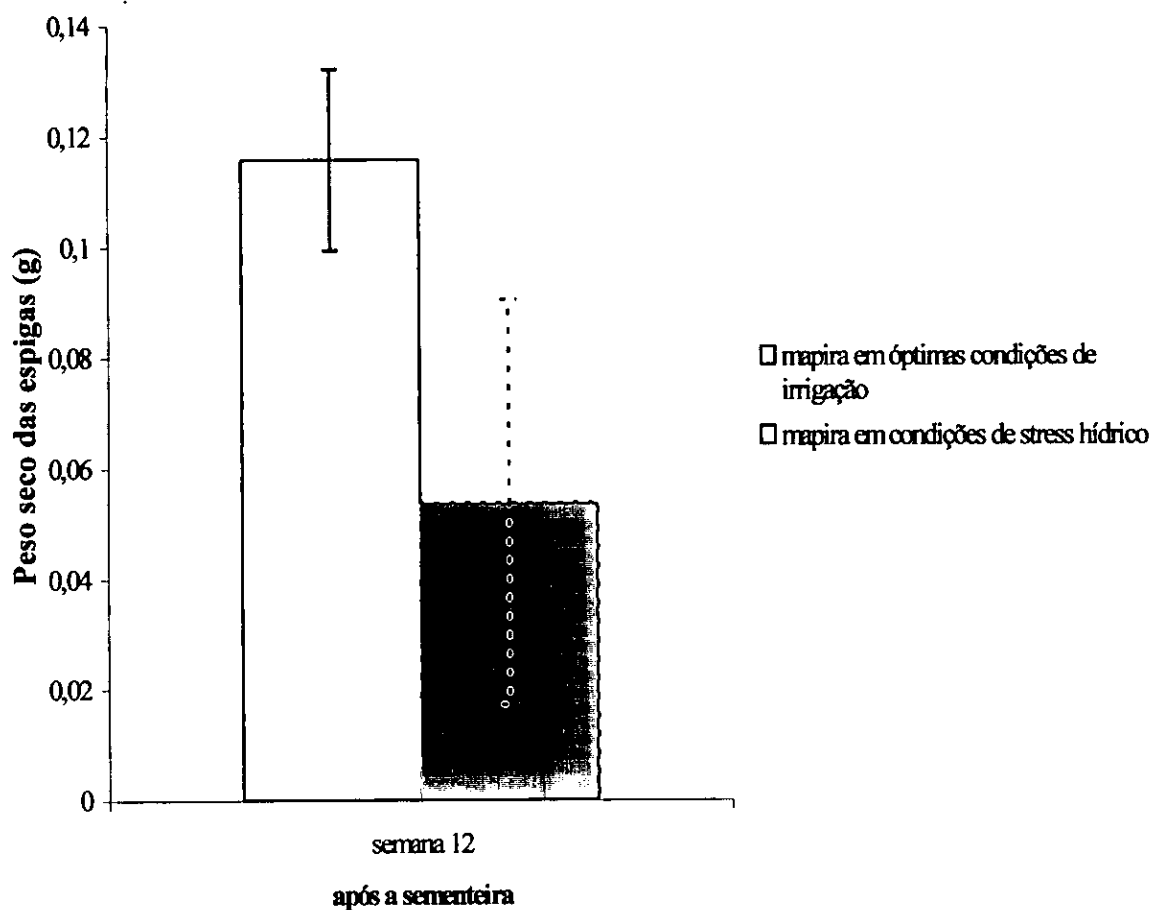


Figura 42. Efeito do stress hídrico no peso seco das espigas na mapira. O gráfico é a média de 4 plantas \pm o desvio padrão.

O milho não produziu espigas em nenhum dos tratamentos, ótimas condições de irrigação e condições de stress hídrico. Nas plantas das ótimas condições de irrigação o milho teve apenas iniciação da flor masculina (bandeira, no topo do caule) e nas plantas sob condições de stress hídrico nem sequer houve a iniciação floral.

7.0 DISCUSSÃO

7.1 Efeito do stress hídrico no crescimento da raiz, caule e folhas

Raiz

O crescimento da raiz define a extensão do solo na qual a planta explora a água e os nutrientes minerais (Hsiao & Xu, 2000).

O desenvolvimento da raiz é um processo dinâmico que responde ao stress hídrico e provavelmente seja um mecanismo adaptativo (Leskovar & Cantliffe, 1992 citados por Leskovar, 1998).

No milho o crescimento da raiz é resistente ao stress hídrico. (Westgate & Boyer, 1989 citados por Hsiao & Xu, 2000)

o que é uma raiz resistente ao stress hídrico

Na presente experiência o stress hídrico no milho reduziu o peso fresco e seco da raiz, o que esta de acordo com os resultados obtidos por Kang *et al.*, (2000), que encontrou no milho uma redução do peso seco da raiz quando houvesse deficiência de irrigação. Por outro lado a redução do peso seco da raiz, o número de raízes, o diâmetro da raiz foi medido na cultura de pimento em stress hídrico comparado com as plantas de ótimas condições de irrigação (Leskovar & Cantliffe, 1992 citados por Leskovar, 1998).

Porém, na mapira as diferenças entre as plantas em stress hídrico e as plantas bem irrigadas não foram significativas, provavelmente devido a sílica contida na endoderme das células das suas raízes e que segundo vários autores (Hill, 1986; Kochlar, 1986; Gibbon & Pain, 1991; Oot *et al.*, 1996) é tida como um factor que contribui para um alto grau de tolerância a seca.

provavelmente
nos fósforos
de raiz nas
raízes
atribuindo as diferenças de raiz

Caule

Na mapira as diferenças nos pesos fresco e seco do caule não foram significativas, provavelmente porque os tecidos do caule tem baixo teor de humidade e baixa razão de transpiração. Mas no milho o stress hídrico afectou o crescimento do caule o que esta de acordo com o reportado por Denmead & Eck, (1967) citados por Pandey *et al.* (2000) que afirmam que o stress hídrico no milho durante a fase vegetativa reduz o peso do caule.

Folha

O crescimento da folha define o tamanho da canopia da planta na captura de raios solares para a fotossíntese para ganhar carbono e energia (Hsiao & Xu, 2000).

A redução do crescimento da folha devido ao stress hídrico é bem estudada nas gramíneas (Brown, 1995 citado por García *et al.*, 2002). Acrescentado a isto Boyer, (1968) citado por Hsiao & Xu (2000) também afirma que é bem sabido o facto de a folha ser bastante inibida pelo stress hídrico.

Constatou-se que na mapira não existem diferenças significativas em relação aos tratamentos e no milho há uma redução dos pesos fresco e seco da folha. Provavelmente a mapira não perde peso das folhas com o stress porque tem nas suas folhas uma camada epicuticular cerosa que reduz efectivamente a perda de humidade do tecido da folha, evitando assim a perda de peso como reportado por Brown, (1995) citado por García *et al.* (2002) e segundo Jefferson *et al.*, (1989) citados por García *et al.*, (2002) o aumento da produção da camada epicuticular cerosa é resultado do stress hídrico.

Outra característica das folhas da mapira que a torna tolerante ao stress é a baixa concentração osmótica das suas fôlhas (Kangama & Rumej 2005).

to fue e concentra osmótica

7.2 Efeito do stress hídrico no peso seco total da planta.

O stress hídrico reduz a produção de matéria seca dos componentes vegetativos entre as plantas, a expansão das folhas e a alongação do caule (Munns & Cramer 1996, citados por Quilambo, 2000).

Na presente experiência não houve diferença significativa no peso seco entre as plantas de óptimas condições de irrigação e as de stress hídrico na mapira, porém o milho mostrou redução no peso seco da planta submetida ao stress hídrico (Figuras 2 e 4), o que está de acordo com Singh & Singh, (2000), que afirmam que em condições de stress hídrico a acumulação de matéria seca na mapira é maior que no milho.

7.3 Efeito do stress hídrico na área e no número de folhas

O efeito do stress durante o estágio vegetativo é o desenvolvimento de folhas pequenas, portanto o efeito dramático do stress durante o estágio vegetativo é a redução da área foliar como indicado por Gardner *et al.* (1985).

O stress hídrico causou redução da área foliar nas plantas de milho o que está de acordo com vários estudos realizados com o milho que sugerem que a falta de água no estágio vegetativo reduz a área foliar (Boyer, 1976; Acevedo, 1979; Neessmith, & McCullough, 1992 citados por Pandey *et al.*, 2000). O stress hídrico reduziu o número de folhas no milho, e não causou redução do número de folhas na mapira. Por outro lado, na mapira o stress hídrico não reduziu a área foliar, o que está em desacordo com (Krieg, 1983) que propõe a divisão das plantas em determinadas e indeterminadas. As plantas podem responder ao stress hídrico diminuindo o número de folhas ou reduzindo o tamanho da folha (limbo, lamina). As plantas indeterminadas são plantas tais como o algodão que reduzem o número de folhas, enquanto que as determinadas reduzem a área foliar, como por exemplo a mapira. Na mapira os estomas ocorrem numa fila ou em duas filas em ambas as superfícies da folha, e são linhas das células motoras que causam o enrolamento das folhas em condições de stress hídrico, reduzindo assim a área foliar (Hutchinson, 1965; Levitt, 1980).

7.4 Efeito do stress hídrico na razão do peso seco da folha

A razão do peso seco da folha é uma característica relativamente estável sob condições ambientais, na medida em que esta afecta mais o número e o tamanho das folhas individuais do que a razão entre o peso das folhas e o peso seco total da planta (Magaia, 2001).

A razão do peso seco da folha é o reflexo da habilidade da planta de manter as suas características de desenvolvimento normal e é encontrado constante nas plantas que são adaptadas ao stress. As plantas não adaptadas exibem uma redução na razão do peso seco das folhas (Fitter & Hay, 1987). Neste estudo, tanto a mapira como o milho não apresentaram redução da razão do peso seco da folha, o que supõe que ambas sejam resistentes à seca.

7.5 Efeito do stress hídrico na razão do peso seco da raiz pela parte aérea

O stress hídrico na mapira causou um aumento na razão do peso seco da raiz pela parte aérea, sendo um resultado a enfatizar os resultados encontrados anteriormente em outros estudos. Kang *et al.*, (2000) reportou que o stress hídrico estimula o desenvolvimento do sistema de raízes, aumenta a razão da raiz pela parte aérea. Acrescentado a este resultado, (Squire, 1990) indicou que muitas culturas de terras áridas incluindo a mapira,

quando comparadas com as culturas susceptíveis a seca, a sua resistência é atribuída a uma grande razão da raiz pela parte aérea.

O milho manifestou uma tendência de redução na razão do peso seco da raiz pela parte aérea, embora as diferenças não fossem significativas. Este resultado pode dever-se ao facto de ser uma cultura susceptível a seca a sua razão da raiz pela parte aérea não aumenta, como Squire (1990) indica.

7.6 Efeito do Stress hídrico na Densidade da Raiz

A resistência à seca depende muito da distribuição das raízes no solo (Lilley & Fukai, 1994; Keppler, 1990 citado por Kage *et al.*, 2004).

Investigações realizadas na cultura de soja mostraram que plantas com maior densidade de raiz eram mais resistentes a seca (Heggstad *et al.*, 1988) e na cultura de arroz (Price *et al.*, 2002).

No presente estudo, a densidade da raiz na mapira não aumentou com o stress hídrico (Figura 29), enquanto que no milho a densidade da raiz nas plantas em stress hídrico aumentou (Figura 30), embora as diferenças não sejam estatisticamente significativas. A razão deste resultado pode dever-se ao facto de que as plantas semeadas em vasos, as suas raízes puxam a água uniformemente e portanto não atingem grande densidade (Hutchinson, 1965)

7.7 Efeito do stress hídrico no conteúdo relativo de água

O estado da água na planta é descrita em termos de potencial de água na folha (Ψ) ou conteúdo relativo de água (CRA) que pode ser usado como indicador de susceptibilidade ou tolerância ao stress hídrico. Espécies que exibem mudanças restritas no conteúdo relativo de água por unidade de redução no potencial de água são muitas vezes consideradas resistentes ao stress (Collinson *et al.*, 1997 citado por Magaia 2001).

Estudos feitos por (Kirkham *et al.*, 1980, Clarke & McCraig 1982 e Schonfeld *et al.*, 1988, citados por Matin *et al.*, 1989) sobre o conteúdo relativo de água na cultura de trigo sob condições de stress hídrico, indicaram que as culturas com um elevado conteúdo de água são muito resistentes. Trabalhos com soja (Carter & Patterson, 1985 citados por Matin *et al.*, 1989) obtiveram os mesmos resultados.

Num estudo realizado por Jones & Turner, (1978), citado por Levitt, (1980) na mapira, plantas sujeitas ao stress mantiveram um elevado conteúdo de água do que as plantas de controle e com o mesmo potencial de água.

No presente estudo foi encontrada tanto na mapira como no milho uma pequena diferença no conteúdo relativo de água entre as plantas de controle e as plantas em stress hídrico, mas no milho houve uma tendência de redução do conteúdo relativo de água, (Figuras 31-34).

A mapira apresentou uma pequena diminuição no conteúdo de água do que o milho, provavelmente devido a baixa elasticidade da parede celular (Sanchez-Diaz & Kramer, 1973 citados por Levitt, 1980). Por outro lado, as folhas da mapira tem uma camada epicuticular cerosa, que é também um importante componente da tolerância à seca (Hutchinson, 1965, Premachandra *et al.*, 1992). A presença da cutícula é tida como reduzindo efectivamente a perda de humidade de tecido da folha (Ariyanayagam, 1983; Kochlar, 1986; Hill, 1986). Esta camada epicuticular também aumenta a eficiência do uso de água em termos de razão entre a troca de carbono e a transpiração (Chatterton *et al.*, 1975 citados por Hutchinson, 1965).

7.8 Efeito do stress hídrico na taxa de crescimento relativo

Um dos efeitos do stress hídrico é a inibição do crescimento da planta no geral (Fitter & Hay, 1981 citado por Levi, 2004).

Estudos realizados com algodão mostraram a redução da taxa de crescimento relativo em condições de stress hídrico, (Conde *et al.*, 1998), o mesmo foi encontrado por Quilambo, (2000), na cultura de amendoim.

Na presente experiência a mapira não mostrou redução na taxa de crescimento relativo (Figura 35) mas o milho sofreu redução na sua taxa de crescimento relativo (Figura 36), o que mostra que a mapira é mais tolerante ao stress hídrico que o milho, conforme vários autores indicaram (Hill, 1986; Kochlar, 1986; Gibbon & Pain, 1991; Ooi *et al.*, 1996).

7.9 Efeito do stress hídrico no índice de tolerância

O milho e a mapira são plantas C4 por isso geralmente toleram temperaturas mais elevadas e condições de seca (Raven *et al.*, 1996)

Neste estudo a mapira apresentou maior índice de tolerância que o milho, o que está de acordo com vários estudos que apontam que a mapira é mais tolerante a seca que o milho (Hill, 1986; Kochlar, 1986; Gibbon & Pain, 1991; Oot *et al.*, 1996; McWilliams, 2002).

7.10 Efeito do stress hídrico na quantidade de prolina

O ajuste osmótico é um dos mecanismos de tolerância a seca que evita a perda de turgescência através do aumento e manutenção de concentrações elevadas de solutos compatíveis no citosol e vacúolo (Coll, 1988; Cushman, 2001 citado por Nayyar, 2003). Existem muitos estudos que têm mostrado a correlação entre a concentração de prolina e a resistência a seca (Levitt, 1980; Turner & Jones 1980, citados por Premachandra *et al.*, 1992; Ober *et al.*, 1994).

Ao longo desta experiência a mapira manteve constante a concentração de prolina na semana 8 depois da sementeira e reduziu a concentração de prolina na semana 12. Este resultado foi o mesmo nas folhas e nas raízes (Figuras 38 e 40).

No milho há uma elevação do conteúdo de prolina tanto nas folhas como nas raízes na semana 12 pós sementeira (Figuras 39 e 41).

A redução de prolina, na mapira na semana 12 pode dever-se ao facto de as plantas já estarem a iniciar a fase reprodutiva, porque durante um stress terminal (fase reprodutiva), o efeito benéfico da prolina pode não acontecer nestas condições, a acumulação da prolina até pode ter influência negativa no rendimento pelo desvio de recursos para outros processos do que a produção de grão (Sánchez *et al.*, 1998). Assim é vantajoso não acumular prolina que pode resultar na redução da produção do grão. Enquanto que o milho por ter uma duração de crescimento maior que a mapira (Farré & Faci, 2004), provavelmente continue a acumular prolina até chegar a fase de produção de grão.

Problema discutido

Há grandes evidências de que o ajuste osmótico contribui para a diminuição do efeito da seca no rendimento do trigo, mapira, milho e grão-de-bico (Morgan *et al.*, 1986 citados por Sánchez *et al.*, 1998).

Aparentemente ocorre no milho um activo ajuste osmótico (Ranieri *et al.*, 1989; Nayyar, 2003), o qual aumenta a concentração de açúcar até 42%.

O papel dos açúcares na tolerância a seca ainda não foi provada (Levitt, 1980). Mas (Zhu *et al.*, 2004) sugerem que o papel da prolina é de protecção das plantas.

Há todavia razões para acreditar que a acumulação da prolina desempenha um papel na tolerância a seca, nomeadamente:

- É um osmólito acumulado sob condições de stress bastante distribuído não só nas plantas, mas também nas algas, invertebrados marinhos, protozoários e bactérias (Delauney & Verna, 1933 citado por Sánchez *et al.*, 1998). Está demonstrado que a prolina é um potente osmoprotector nas bactérias (Csonka, 1989 citado por Sánchez *et al.*, 1998) e os mutantes de *Escherichia coli* que possuem prolina, mostram uma grande osmotolerância.

- Uma elevada concentração de prolina tem sido descrita em órgãos que naturalmente tem uma baixa quantidade de água (CRA) como as sementes, inflorescência e síliquas (Chiang & Dandekar, 1995 citados por Sánchez *et al.*, 1998).

- A acumulação da prolina é correlacionada com a expressão do gene P5CS (Yoshida *et al.*, 1995 citado por Sánchez *et al.*, 1998), a enzima principal do ciclo biossintético que não é necessária para a biodegradação das proteínas.

- A acumulação da prolina deve ajudar a planta a sobreviver pequenos períodos de seca, e recuperar do stress, com um positivo efeito no rendimento (Sánchez *et al.*, 1998).

Na mapira, quando as condições normais são restabelecidas ela recupera, facto que pode ser atribuído ao elevado nível de prolina acumulado aquando do stress (Blum & Ebercon, 1976 citado por Hutchinson 1965)

O papel da prolina neste respeito pode ser o de promover um ajuste osmótico, ou no suprimento de energia para a recuperação dos tecidos (Mussel & Staples, 1977).

7.11 Efeito do stress hídrico no aparecimento de espigas

O rendimento e a qualidade da silagem do milho é determinado pela acumulação/ quantidade de carboidratos produzidos que depende de 2 factores de rendimento:

- 1- a quantidade de Biomassa produzida

2- o número de maçaroca e de grãos maduros/para produzir farinha na colheita (Kierchgessner, 1981 citado por Asch *et al.*, 2001).

Muitas experiências realizadas com o milho, sob condições de stress hídrico, durante diferentes fases de crescimento, mostraram que o milho é muito susceptível ao stress na floração, polinização e quando ocorre a formação do fruto (Otegui, 1995; Pandey *et al.*, 2000; Çakir, 2004), causando uma acentuada redução no tamanho e número do grão.

Segundo Campos *et al.* (2004), o stress atrasa mais o crescimento da espiga e conseqüentemente a emergência do tecido, do que o cabelo do milho ou o desabrochar da flor (floração), isto resulta num largo intervalo entre a floração e a formação do tecido. O rendimento da planta mostra grande dependência do número de grãos por planta, esterilidade e o intervalo entre a floração e a formação do tecido no milho tropical.

Na mapira o stress hídrico também tem um efeito negativo no momento da floração.

A mapira é relativamente insensível ao calor e ao stress hídrico durante a fase vegetativa. O stress tem efeitos variáveis durante o desenvolvimento da panícula, sendo muito sensível 3-6 dias depois da diferenciação floral (microsporogénese), e 7-11 dias depois da diferenciação floral (megasporogénese), (Eastin *et al.*, 1984).

✓ O rendimento da mapira reduz até 3,8 toneladas por hectare sob stress comparado com 10,7 toneladas por hectare em plantas bem irrigadas. O número de panículas por unidade de área é muito influenciado pela quantidade de água. (Olufayo *et al.*, 1997).

No presente estudo a mapira teve espigas na semana 12 após a sementeira, apresentando maior peso seco as plantas em ótimas condições de irrigação do que as plantas em stress hídrico (Figura 42), o milho porém não produziu espigas, apenas algumas plantas em ótimas condições de irrigação apresentaram flor masculina (bandeira, no topo da planta), o que está de acordo com Farré & Faci, (2004) que afirmam que o milho tem uma longa duração de crescimento do que a mapira, e acrescentam que a deficiência de água reduz mais a biomassa e rendimento, no milho do que na mapira, a mapira em condições de stress hídrico é mais eficiente na conversão de biomassa para a produção de grão do que o milho, mas em ótimas condições de irrigação o milho supera a mapira na produção de grão, e explicam esta superioridade do milho na produção de grão em ótimas condições de irrigação como devida a longa duração de crescimento do milho e alta eficiência no uso da radiação solar.

Portanto, o milho é preferível que a mapira quando o suprimento de água não for limitado, mas a mapira pode ser uma alternativa no lugar do milho sob condições de deficiência de irrigação. (Farré & Faci, 2004).

8.0 CONCLUSÕES

- O milho e a mapira diferem na sua resposta ao déficit de irrigação ou stress hídrico.
- A mapira é mais tolerante em condições de stress hídrico em relação ao milho.
- O stress hídrico na mapira aumenta a razão da raiz pela parte aérea, e não reduz significativamente os pesos frescos e secos da planta, a densidade da raiz, o conteúdo relativo de água e o déficit de saturação de água, a razão da área foliar, razão do peso seco das folhas e a razão do peso seco da raiz.
- No milho o stress hídrico não reduz significativamente o conteúdo relativo de água, o déficit de saturação de água, razão do peso seco da raiz, razão da raiz pela parte aérea, razão do peso seco da raiz, razão do peso seco das folhas, reduz a área das folhas, o número de folhas, os pesos frescos e secos da planta.
- O milho acumulou maior quantidade de prolina que a mapira.

9.0 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

- Não foi medida a quantidade de prolina na semana 4, devido ao reduzido número de folhas, tamanho e peso das folhas e raízes da mapira, porque segundo Ariyanayagam, (1983) a mapira cresce muito devagar durante as primeiras 4 ou 5 semanas do seu ciclo de vida.

10. RECOMENDAÇÕES

- A mapira é ^{mais} tolerante a seca, do que o milho. Propõe-se com este trabalho que naquelas regiões marginais, frequentemente assoladas pela seca em vez do milho se semeie mapira.
- Realizar mais estudos acerca da resposta da mapira ao stress, não só stress hídrico como também stress salino e elevadas temperaturas.
- Realizar as próximas experiências sob o efeito do stress hídrico num campo experimental.

11.0 BIBLIOGRAFIA

*Corrigir os erros de
ordenação alfabética*

- ✓ > Ariyanayagam, R. R. (1983). Guia para a Investigação e produção de Mapira em Moçambique, 2ª edição. 50pp, Ministério da agricultura, I. N. I. A., FAO.
- ✓ > Asch, F., M. N. Andersen, C.R. Jensen & V.O. Mogensen (2001). Ovary Abscisic Acid Concentration Does Not Induce Kernel Abortion in Field- Grown Maize Subjected to Drought. European Journal of Agronomy. 15(2): 119-129.
- ✓ > Awika, J. M. & L. W. Rooney. (2004). *Sorghum* Phytochemicals and Their Potential Input on Humans Health. phytochemistry. 65 (9): 1199-1221
- ✓ > Bland, B. F. (1971). Crop Production: Cereals and Legumes, 466 pp, Academic Press, London, New York.
- ✓ > Belton, P. S. & J. R. N. Taylor. (2003). *Sorghum and Millets* : Protein Sources for Africa. Field Crop Journal. 79 : 213-218
- ✓ > Berenguer, M. J. & J. M. Faci (2001). Sorghum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) Yield Compensation Process Under Different Plant Densities and Variable Water Supply. European Journal of Agronomy. 15 (1): 43 – 55
- ✓ > Campos, H. M. Cooper, J. E. Habben, G. U. Edmeades & J. R. Schussler (2004). Improve drought Tolerance In Maize: A View From Industry. Field Crop Research. 90 (1): 19 - 39
- ✓ > Çakir, R. (2004). Effect of Water stress at Different Development Stages on Vegetative and Reproductive Growth of corn. Field Crop Research. 89(1): 1-16

✓> Claussen W. (2004). Proline as a Measure of Stress in Tomato Plants. Plant Science. 168 (1): 241- 248

✓> Conde-F, M. E. , L. Haba, P. Fontés-G. & J. M. Maldonado (1998). Effects of Drough (Water stress) on Growth and Photosythetic Capacity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). INABIS' 98.

✓> Coll, J. B., G. N. Rodrigo, B. S. García & R. S. Tamés (1988). Fisiologia Vegetal. quinta edición. 823 pp, Ediciones Pirámide, S. A. - Madrid

✓> Cumba, R.D. (2001) Estrátégia de sementeira do Milho na Agricultura de Sequeiro em Moçambique. Tese de Licenciatura. FAEF.UEM 63pp.

✓> Dekker, M. (1994). Hand Book of Plant and Crop Physiology, 1004pp, edited by Moltammad Pessaraki, New York, Hong Kong.

✓> Doddema, H., O. A. Quilambo (2000). Fisiología Vegetal II, Manual de Aulas Laboratoriais. UEM.

✓> Eastin, J.D., C.Y. Sullivan, J. M. Bennett, A. M. Dhopte, T. J. Gerik, V.A. Gonzalez-Hernandez, K.-W. Lee, V. Ogunlela, and J.R. Rice (1984). Sorghum Sensitivities to Environmental Stresses. In: Mughogho, L. K. & Ronsenberg, G. (editores). Sorghum Root and Stalk Rots. pp 131-142. Pantancheru, India.

✓> FAO. (1993). El Maiz en la Nutrición Humana.

✓> FAO. (1995). El Sorgo y el Mijo : En la Nutrición Humana

✓> FAO. (1997). La Economía del Sorgo y del Mijo en el Mundo : Hechos, Tendencias y Perspectivas.

✓> Farré, I. & J. M. Faci. (2004). Comparative Response of Maize (*Zea mays* L.) and Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to Irrigation Deficit in a

Mediterranean Climate. 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia, ISBN 1920842 209.

- ✓ ➤ Fitter, A. H. e K. R. Hay (1981). Environmental Physiology of Plants. Academic Press. New York. 355 pp. ISBN 1 225 7760 4.
- ✓ ➤ Fitter, A. H. e K. R. Hay (1987). Environmental Physiology of Plants. 2nd edition. 423 pp, Academic press.
- ✓ ➤ García, M.G., Busso, C.A., Polci, P. G. L. G. & Echenique, V. (2002). Water Relations and Leaf Growth Rate of Three Agropyron Genotypes Under Water Stress. Biocell. 26(3): 309-317
- ✓ ➤ Gardner, F. P., R. B. Pearce and R. L. Mitchell (1985). Physiology of Crop Plants, first edition, 327pp, The Iowa State University Press.
- ✓ ➤ Gibbon, D. & A. Pain. (1991). Crops of the Drier Regions of The Tropics, 156 pp, Educational low- priced book scheme.
- ✓ ➤ Gnansounou, E. Dauriat, A. & C. E. Wyman (2005). Refining sweet *sorghum* to ethanol and sugar : economic trade-offs in the context of North China. Bio resource Technology. 96(9): 985-1002.
- ✓ ➤ Heggstad, H. E., E. L. Anderson, T. J. Gish & E. H. Lee (1988). Effects of Ozone and Soil Water Deficit on Roots and Shoots of Field- Grown Soybeans. Environmental Pollution. 50(4): 259-278.
- ✓ ➤ Hill, A. F. (1986). Economic Botany, A Textbook of Useful Plants and Plant Products. 2nd edition, 560pp. New York, Tata McGraw-Hill Publishing Company - LTD.

- ✓ > Hsiao, T. C. & Xu, L. K. (2000). Sensitivity of Growth of Roots versus to Water Stress: Biophysical Analysis and Relations to Water Transport. Journal of Experimental botany. 51 (350): 1595-16116.
- ✓ > Hutchinson, J. (1965). Essays Crop Plant Evolution. 204 pp. London, Cambridge University press.
- ✓ > INE (Instituto Nacional de Estatística), (2003). Censo Agropecuario 1999 – 2000: Resultados Temáticos. INE, Maputo.
- ✓ > Kage, H., M. Kochler & H. Stützel (2004). Root Growth and Dry Matter Partitioning of Cauliflower Under Drought Stress Conditions: Measurement and Simulation. European Journal of Agronomy. 20(4): 379-394.
- ✓ > Kangama, C. O. & X. Rumei (2005). Introduction of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Into China. Africa Journal of Biotechnology, 4(7): 575-579.
- ✓ > Kang, S., W. Shi & J. Zhang (2000). An Improved Water- Use Efficiency for Maize Grown Under Regulated Deficit Irrigation. Field Crop Research. 67(3): 207-214
- ✓ > Kenga, R., S. O. Alabi e S. C. Gupta. (2004). Combining Ability Studies in Tropical Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). European Journal of Agronomy. 88 (2): 251-260.
- ✓ > Kent, N. L. (1975). Technology of Cereals With Special reference to Wheat. 2nd edition 306 pp. Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt, Pergamon Press,
- ✓ > Kochlar, S.L. (1986). Tropical Crops; A Textbook of Economic Botany. 467pp. Hong Kong, Macmillan Publishers.
- ✓ > Krieg, D. R. (1983). Photosynthetic Activity During Stress. Agricultural Water Management. 7(1-3): 249- 263.

- ✓ > Larcher, W. (1986). Ecofisiologia Vegetal. 319 pp, São Paulo, EPU- Editora Pedagógica e Universitária.
- ✓ > Leskovar, D. I. (1998). Root and Shoot Modification by Irrigation. Hort Technology. 8(4).
- ✓ > Levi, A. M. (2004) Efeitos da Pré-hidratação no Crescimento do Feijão Jugo (*Vigna subterranean*) em Condições de Stress Hídrico. Tese de Licenciatura. DCB. UEM 53 pp.
- ✓ > Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Enviromental Stresses: Water, Radiation, Salt and other stresses. Volume II, 607pp, New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco, Academic Press. INC.
- ✓ > Magaia, M. A. (2001) Estudo das Relações Hídricas e da Acumulação da Prolina em Duas Variedades de Feijão Jugo (*Vigna subterranea*) que Diferem na Cor da Testa da Semente. Tese de Licenciatura. DCB. UEM 55pp.
- ✓ > Martin, M. A., J. H. Brown & H. Ferguson. (1989). Leaf Water Potential, Relative Water Content, and Diffusive. Resistance as Screening Techniques for Drought Resistance in Barley. Agronomy Journal. 81: 100-105
- ✓ > McWilliams, D. (2002). Drought Strategies for Corn and Grain Sorghum. New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico. 5c:1-6.
- ✓ > Mussel, H. and R. Staples. (1977). Stress Physiology in Crop Plants. 510 pp. New York- Chichester, Brisbane- Toronto, A Wiley – Interscience Publication.

- ✓ > Nayyar, H. (2003). Accumulation of Osmolytes and Osmotic Adjustment in Water-stressed Wheat (*Triticum aestivum*) and Maize (*Zea mays*) as Affected by Calcium and its Antagonists. Environmental and Experimental Botany. 50(3): 253-264.
- ✓ > Noggle, G. R. & G. J. Fritz (1976). Introductory Plant Physiology, 2nd edition. 627 pp, Prentice – Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- ✓ > Ober, E.S. & R. E. Sharp (1994). Proline Accumulation in Maize (*Zea mays* L.) Primary Roots at Low Water Potentials I. Requirement for Increased Levels of Abcisic Acid. Plant Physiol. 105: 981-987.
- ✓ > Olufayo, A. A., P. Puelle, C. Baldy & A. Aidaoui (1997). Biomass of Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Under Variable Water Regime. Biomass & Bioenergy. 12(5): 383-386.
- ✓ > Oot, D. A., J. Hicks e N. Borton. (1996). Lost Crops of Africa, volume I. 383 pp, Washington, National Academic Press.
- ✓ > Otegui, M. E., F. H. Andrade & E. E. Suero. (1995). Growth, Water Use, and Kernel Abortion of Maize to Drought at Silking. Field Crop Research. 40(2): 87-94.
- ✓ > Pandey, R. K., J. W. Maranville & M.M. Chetina. (2000). Deficit irrigation and Nitrogen effects on maize in Sahelian Environment. II: Shoot growth, Nitrogen uptake and Water extraction. Agricultural Water Management. 46(1): 15-27
- ✓ > Pietro, A. S. (1974). Experimental Plant Physiology, 174pp, Mosby Company, Saint Louis.
- ✓ > Premachandra, G. S., H. Saneoka, K. Fujita & S. Ogata (1992). Leaf Water Relations, Osmotic Adjustment, Cell Membrane Stability, Epicuticular Wax

Load and Growth as Affected by Increasing Water Deficits in *Sorghum*. Journal of Experimental Botany. 43(257): 1569-1576.

- ✓ > Price, A. H., K. A. Steele, J. Gorham, J. M. Bridges, B. J. Moore, J. L. Evans, P. Richardson & R. G. W. Jones (2002). Upland Rice Grown in Soil- Filled Chambers and Exposed to Contrasting Water- Deficit Regimes. Field Crop Research. 76(1): 11-24.
- ✓ > Pursglove, J. W. (1985). Tropical Crops Monocotyledons, 607 pp, Singapore, Longman.
- ✓ > Quilambo, O. A. (2000). Function of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) under Nutrient Deficiency and Drought Stress in Relation to Symbiotic Associations. 168 pp. Van Denderen B. V., Groningen. ISBN 90367 1284x.
- ✓ > Ranieri, A., R. Bernardi, P. Lanese & G. Soldatini (1989). Changes in Free Aminoacid Content and Protein Pattern of Maize Seedlings Under Water Stress. Environmental and Experimental Botany. 29(3): 351-357.
- ✓ > Raven, P. H., R. F. Evert. & S .E. Eichhorn (1996). Biologia Vegetal, 5ª edição. 728 pp, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, AS.
- ✓ > Sánchez, F.J., M. Manzanares, E.F. de Andres, J. L. Tenorio & Luis Ayerbe (1998). Turgor Maintenance, Osmotic Adjustment and Soluble Sugar and Proline Accumulation in 49 Pea Cultivars in Response to Water Stress. Field Crop Reseach. 59(3): 225-235.
- ✓ > Salisbury, F. B. & C. W. Ross. (1992). Plant Physiology, fourth edition. 682 pp, Belmont, California, Wadsworth Publishing Company.
- ✓ > Schouwenaars, J. M. (1988). Rainfall Irregularity and Sowing Strategies in Southern Mozambique. Agricultural Water Management. 13(1): 49-64.

- ✓> Singh, B. R. & D. P. Singh (2000). Agronomic and Physiological Responses of *Sorghum*, *Maize* and *Pearl Millet* to Irrigation. Field Crops Research. 42(2-3): 57-67.
- ✓> Siteo, A. M. (2004) Efeito da Deficiência de Elementos Nutrientes no Desenvolvimento do Amendoim (*Arachis hypogaea*) e Feijão Jugo (*Voandzeia subterranea*). Tese de Licenciatura. DCB. UEM. 69 pp.
- ✓> Squire, G. R. (1990). The Physiology of Tropical Crop Production. 236pp. International for the Overseas Administration.
- ✓> Zar, J.H. (1999). Bio statistical Analysis. 122pp. Prentice-Hall Incorporation. ISBN 0-13-081542-X.
- ✓> Zhu, X., H. Gong, G. Chen, S. Wang & C. Zhang (2004). Different Solute Levels in Two Spring Wheat Cultivars Induced by Progressive Field Water Stress at Different Developmental Stages. Journal of Arid Environment. 62(1): 1-4.

Anexos

Os anexos devem ser numerados em conformidade com a ordem em que são referidos no texto!

Os nºs anexos devem, em alguma altura, ser referidos no texto!

Anexo 1. A CULTURA DE MILHO

1.1 Classificação Taxonômica e Botânica

Tabela 1. Classificação Taxonômica e Botânica do milho - *Zea mays* (L.)

Categoria	Nome
Reino	Plantae
Divisão	Anthophyta
Classe	Monocotyledonae
Ordem	Commelinales
Família	Poaceae
Gênero	<i>Zea mays</i>
Espécie	<i>Zea mays</i>

(Bland, 1971; Kochlar, 1986; Raven, *et al.*, 1996)

1.2 Clima e Solos

O milho produz-se em climas que variam desde zonas temperadas até às zonas tropicais, durante o período em que as temperaturas médias diurnas são superiores ^aque 15° C. Quando as temperaturas médias durante a estação vegetativa são superiores a 20° C, as variedades temperadas tardam a amadurecer 80 a 110 dias e as variedades médias 110 a 140 dias (Joy & Wibberley, 1979). - não consta da bibliografia

O milho é tolerante às condições quentes e secas desde que se disponha de água suficiente para as plantas, as temperaturas sejam inferiores a 45° C.

Preferencialmente o milho tem um bom desenvolvimento em solos bem drenados e arejados, com o lençol freático profundo e um pH ótimo entre 5 e 7 (Purseglove, 1985).

Os terrenos fortemente calcáreos e pesados e os solos muito arenosos dificultam o desenvolvimento da cultura do milho por não garantirem um bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Xabregas, 1967). *idem*

1.3 Descrição morfológica

É uma planta anual, tem um caule elevado e vertical (40 cm a 3,5m de altura), com folhas largas, longas e lanceoladas e duas espécies de flores (masculinas e femininas), agrupadas em panículas terminais (as masculinas) chamadas bandeiras, e em forma de espiga (femininas), no eixo das folhas. Os frutos apresentam-se reunidos em espigas muito apertadas (Gibbon & Pain, 1991).

O grão é na maioria das vezes branco ou amarelo, embora também haja variedades de cor preta, vermelha ou com manchas coloridas (jaspeado), (FAO; 1997).



Figura 1. A planta de milho. a. Planta inteira mostrando a inflorescência masculina (bandeira) no topo da planta e a inflorescência feminina (maçaroca ou espiga) na região mediana, b. Maçaroca, c. bandeira. (Hutchinson, 1965; Jimenez e Picciotto, 1994)

inconstante
da bibliografia

Anexo 2. A CULTURA DE MAPIRA

2.1 Classificação Taxonômica e Botânica

Tabela 2. Classificação Taxonômica e Botânica da mapira - *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Categoria	Nome
Reino	Plantae
Divisão	Anthophyta
Classe	Monocotyledonae
Ordem	Commelinales
Família	Poaceae / Gramineae
Gênero	<i>Sorghum</i>
Espécie	<i>Sorghum bicolor</i>

(Matz, 1969) Purselove, 1985

em consta da Bibliografia

2.2 Clima e Solos

A mapira adapta-se a varias condições ambientais, usualmente a condições secas e quentes (Gnansounou *et al.*, 2005). Tolera um ^{PH} de solo entre 5.0-8.5 (Kangama & Rumei, 2005), tolera o excesso de sal, por outro lado, a mapira não é tolerante ao frio, cresce muito lentamente a temperatura de 20° C, mas a germinação e crescimento pode ocorrer em algumas variedades a temperaturas baixas como de 12 °C. Em terrenos com muita água a mapira cresce com muita dificuldade, isto é ela não tolera excesso de água. Requer 40 – 120 dias para a maturação (Hutchinson, 1965)

2.3 Descrição morfológica

É uma planta herbácea anual, semelhante ao milho, mas que se diferencia deste por ter um pendão terminal e espiguetas germinadas (Doggett, 1988). *Nden*
O caule é fino e a mesma planta pode ter vários pés (caules juntos/afilhamento). O caule e as folhas encontram-se cobertas de cera (como a cana-de-açúcar) (Kochlar, 1986). As folhas podem ter de 30 – 135 cm de comprimento, são estreitas, não tem pêlos e são

ásperas nas margens, as margens podem ser lisas ou onduladas, flores em panícula pouco densa, grande e direita, espessa em forma de cacho e pendente (Hill, 1986). As folhas no caule principal variam de 7 a 24 de acordo com a variedade. O sistema radicular é fibroso (Doggett, 1988).

A altura da planta varia de 40 cm a 4 metros, dependendo do período de tempo entre a emergência da plântula e a iniciação floral (Ariyanayagam, 1983).

O grão de mapira varia de cor, que vai desde a branca a tonalidades escuras de vermelho e pardo, passando pelo amarelo pálido, até ao pardo púrpura profundo. As cores mais comuns são a branca, bronze e parda. Os grãos são geralmente esféricos, mas variam em dimensão e forma, e estão parcialmente cobertos de glumas (Purseglove, 1985). É uma das culturas que tem uma maturação rápida (alguns tipos 75 dias).

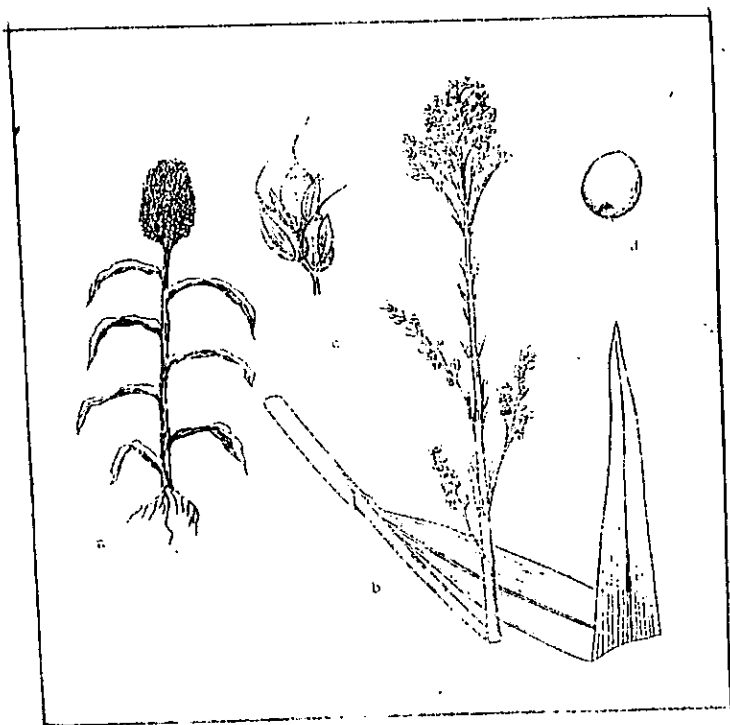


Figura 2. A planta de mapira. a. Planta inteira, b. Inflorescência da mapira (panícula), c. Racimo, d. Grão.

(House, 1985; Doggett, 1988)

em Costa da Beira

Tabela 3. Preparação de soluções de concentrações diferentes para a construção da curva de calibração.

Tubo número	Solução mãe (ml) + água destilada (ml)	Concentração (mg/ml)
1	0.02 + 1.98	0.0005
2	0.04 + 1.96	0.001
3	0.10 + 1.90	0.0025
4	0.20 + 1.80	0.005
5	0.30 + 1.70	0.0075
6	0.40 + 1.60	0.01
7	0.50 + 1.50	0.0125
8	0.60 + 1.40	0.015
9	0.70 + 1.30	0.0175
10	0.80 + 1.20	0.02
11	0.90 + 1.10	0.0225
12	1.0 + 1.0	0.0250

Foram feitas 3 réplicas para cada tubo de ensaio e foi adicionado em cada um tubos ácido nítrico e ácido glacial acético (1ml cada). Seguidamente foram colocados em banho Maria durante 1 hora a 100°C terminando a reacção em banho de gelo. Ao produto resultante foi-lhe adicionado 5 ml de tolueno, e agitado vigorosamente durante 15 minutos num agitador. O cromóforo contendo tolueno foi aspirado da fase aquosa, colocado a temperatura ambiente e procedeu-se a leitura da absorvância a 520 nm usando tolueno como branco. A média dos três tubos foi usada para a construção da curva padrão.

Anexo 3. DETERMINAÇÃO DA PROLINA E PREPARAÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO

3.1. Determinação da prolina

- mas consta da bibliografia*
- As folhas usadas para a determinação da prolina foram as mais velhas, pois segundo Lacerda et al., (2004) a concentração da prolina e dos carboidratos solúveis é elevada nas folhas velhas e muito sofridas.
 - O conteúdo de prolina foi medido nas folhas e nas raízes e não no caule porque muitos estudos apontam que as folhas e raízes são os lugares onde ocorre o ajuste osmótico (Cabuslay et al., 2003). *idem*
 - O ácido ninídrico foi preparado por aquecimento de 1,25 g de ninidrina em 30 ml de ácido glacial acético e 20 ml a 6 M de ácido fosfórico com agitação até dissolução. Em seguida guardou-se na geleira a 4° C durante 24 horas para a estabilização.
 - Foi usado para a homogeneização, o ácido sulfosalicílico por este ser incolor, ser um precipitante efectivo de proteína em soluções aquosas e não interferir na reacção com o ácido ninídrico.
 - A extracção do cromóforo ninidrina-prolina foi realizada em tolueno pois este é um solvente menos nocivo e efectivo quando comparado ao benzeno, o solvente orgânico comumente usado.

3.2 Preparação da curva de calibração

Em primeiro lugar pesou-se 25 mg de prolina e fez-se reagir com 500ml de água destilada, obtendo-se uma solução com 0,05 mg/ml de concentração (solução- mãe). A partir desta solução foram preparadas soluções de concentrações diferentes segundo a tabela:

3.3 Curva de calibração para a determinação da concentração da prolina

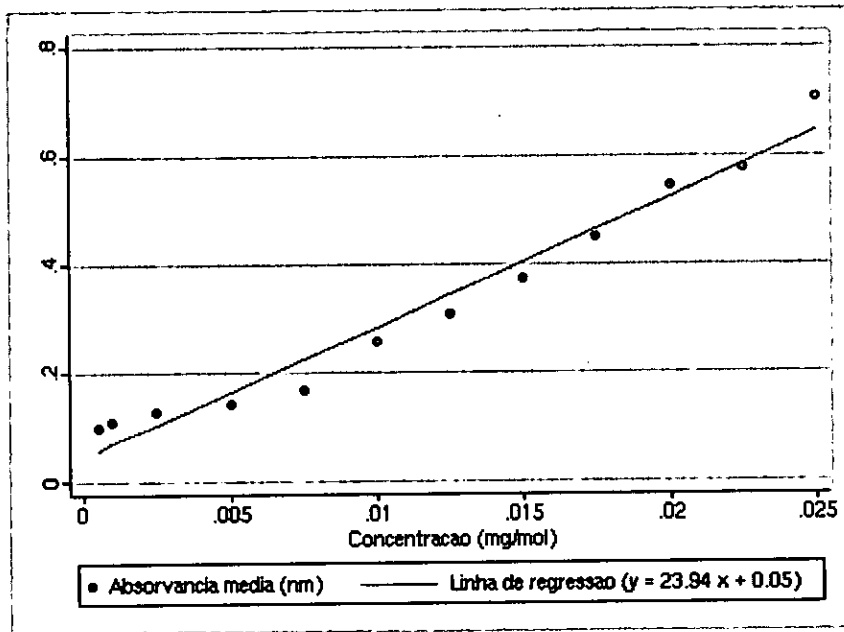


Figura 3. Curva de calibração para a determinação da prolina.

Anexo 4. MEDIÇÃO DO CONTEÚDO VOLUMÉTRICO DE ÁGUA NO SOLO

O conteúdo volumétrico de água é igual a diferença entre a capacidade de campo e o ponto de emurchecimento permanente.

1. Capacidade de campo

Pode ser definido como o conteúdo de água saturado no solo em suas localizações naturais, após a água gravitacional passar através dele (Larcher, 1986).

A capacidade de campo foi determinada numa amostra recolhida no solo

- 1- Pesou-se o vaso (peso 1)
- 2- Pesou-se o vaso juntamente com o solo (peso 2)
- 3- Adicionou-se água ao solo contido no vaso deixando a água escorrer e voltou-se a pesar (peso 3)
- 4- Por fim fez-se a diferença entre o peso 1 e o peso 3.

$$P_2 - P_1 = P_3 - P_1$$

2. Ponto de emurchecimento permanente

É o ponto onde as plantas não recuperam mais (devido a seca que sofreram) nem mesmo a noite ou protegidas da evaporação (Larcher, 1986)

- 1- Para determinar o ponto de emurchecimento permanente primeiro semeou-se uma planta num vaso.
- 2- Determinou-se o peso do vaso mais a irrigação suficiente das plantas, deixou-se crescer durante algum tempo
- 3- Voltou-se a deitar água quando a planta murchou, deixou-se crescer outra vez sem deitar água até murchar e assim sucessivamente.

Quando murchou de vez obteve-se o ponto de emurchecimento permanente.

Resultado: O conteúdo volumétrico de água foi de 13,5kg.

$$\underline{C.V.A} = C.C - P.E.P$$

Anexo 5 . SOLO

Tabela 5. Características físicas e químicas do solo usado na experiência.

parâmetros (unidades)	valor
Textura	
Areia(%)	95,21
Argila(%)	1,91
Limo(%)	2,81
PH	6,08
Condutividade eléctrica (ms/cm)	0,031
Capacidade de troca cationica (me/100g)	Ca ²⁺ 2 Mg ²⁺ 0,4 K ⁺ 0,07
Matéria orgânica	0,7
Carbono (%)	0,16
Nitrogénio total (%)	0,03
Fósforo total (%)	1,39

Anexo 6. COLHEITA

Tabela 6. Plano de colheita mensal das plantas.

Semanas após a sementeira	Número de plantas/ Tratamento				Total de plantas
	Plantas de Mapira		Plantas de Milho		
	Controle	Stress	Controle	Stress	
4	8	8	8	8	32
8	8	8	8	8	32
12	8	8	8	8	32
Total de plantas por tratamento	24	24	24	24	96

Anexo 7. DADOS

Tabela 7. Médias \pm desvio padrão dos diferentes parâmetros medidos ao longo da experiência, na mapira em ótimas condições de irrigação.

Cultura	Parâmetro	Média \pm Desvio padrão ao longo do tempo (semanas após a sementeira)		
Mapira		4	8	12
em				
ótimas				
condições				
de				
irrigação				
	PfR	0,1251 \pm 0,0576	0,8035 \pm 0,4889	1,8338 \pm 1,0644
	PfC	0,1251 \pm 0,0788	0,5963 \pm 0,3439	0,9830 \pm 0,2121
	PfF	0,2437 \pm 0,1208	0,9562 \pm 0,1208	1,5689 \pm 0,3503
	PfT	0,4939 \pm 0,2508	2,3550 \pm 1,4729	4,3857 \pm 1,4718
	PsR	0,0131 \pm 0,0054	0,0253 \pm 0,0110	0,1248 \pm 0,2045
	PsC	0,0135 \pm 0,0062	0,5450 \pm 0,0269	0,2017 \pm 0,0541
	PsF	0,031 \pm 0,0102	0,0682 \pm 0,1031	0,2703 \pm 0,0689
	PsT	0,0576 \pm 0,0163	0,1139 \pm 0,0601	0,5968 \pm 0,1934
	Nf	4,7500 \pm 1,0351	4,6250 \pm 0,7440	5,7500 \pm 0,7071
	Af	0,0600 \pm 0,0374	21,8175 \pm 29,9395	51,3388 \pm 35,0896
	RAF	2,1382 \pm 1,3887	379,8162 \pm 405,9787	189,6293 \pm 128,0876
	RPF	0,5332 \pm 0,1562	0,2442 \pm 0,1198	0,4674 \pm 0,8465
	RPR/A	0,4407 \pm 0,1889	1,2776 \pm 1,0881	0,4421 \pm 0,3455
	RPR	0,2337 \pm 0,9381	0,2607 \pm 0,1221	0,1826 \pm 0,1243
	DR	0,6253 \pm 0,2881	0,9662 \pm 0,4569	0,961 \pm 0,2256
	TCR	0,3502 \pm 0,1695	0,3218 \pm 0,4363	1,5556 \pm 1,2665
	CRAF	68,1937 \pm 72,2457	79,7772 \pm 11,5278	60,3492 \pm 7,3636
	CRAR	91,5777 \pm 135,9878	72,7875 \pm 2,8249	63,8782 \pm 2,5229
	PsE	-	-	0,1117 \pm 0,0173

Tabela 8. Médias \pm desvio padrão dos diferentes parâmetros medidos ao longo da experiência, na mapira em condições de stress hídrico.

Cultura	Parâmetro	Média \pm Desvio padrão ao longo do tempo (semanas após a sementeira)		
		4	8	12
Mapira				
em				
condições				
de stress				
hídrico				
	PfR	0,0825 \pm 0,0438	0,4115 \pm 0,1154	3,3459 \pm 2,5999
	PfC	0,1543 \pm 0,0578	0,4506 \pm 0,2451	1,2328 \pm 0,8715
	PfF	0,2740 \pm 0,0957	0,6056 \pm 0,2576	1,5613 \pm 0,5562
	PfT	0,5109 \pm 0,1727	1,4677 \pm 0,5670	6,1400 \pm 3,6261
	PsR	0,0127 \pm 0,0060	0,0368 \pm 0,2046	0,2821 \pm 0,2584
	PsC	0,0100 \pm 0,0075	0,0535 \pm 0,0380	0,2527 \pm 0,2132
	PsF	0,0301 \pm 0,0103	0,0411 \pm 0,0293	0,2456 \pm 0,1337
	PsT	0,0537 \pm 0,0208	0,1313 \pm 0,0677	0,7803 \pm 0,5597
	Nf	4,8750 \pm 0,3535	4,5000 \pm 0,7559	5,3750 \pm 0,7440
	Af	0,5800 \pm 0,6058	9,3600 \pm 7,7645	45,6275 \pm 35,8782
	RAF	12,2821 \pm 10,9532	332,7294 \pm 335,3203	170,9603 \pm 52,2734
	RPF	0,5539 \pm 0,1562	2,4461 \pm 0,1551	0,9532 \pm 0,0951
	RPR/A	0,5439 \pm 0,4319	0,8950 \pm 3,1513	1,1484 \pm 0,6981
	RPR	0,2463 \pm 0,0752	0,3165 \pm 0,2126	0,3008 \pm 0,1340
	DR	0,8254 \pm 0,4382	0,8230 \pm 0,2307	0,8751 \pm 0,2061
	TCR	0,3098 \pm 0,2173	0,4061 \pm 0,3852	1,5083 \pm 1,5517
	CRAF	80,9917 \pm 107,8953	97,9869 \pm 80,6272	95,6613 \pm 15,2166
	CRAR	61,4134 \pm 81,0995	94,0457 \pm 4,5992	92,8401 \pm 8,3948
	PsE	-	-	0,0662 \pm 0,0331

Tabela 9. Médias± desvio padrão dos diferentes parâmetros medidos ao longo da experiência, no milho em ótimas condições de irrigação.

Cultura	Parâmetro	Média ± Desvio padrão ao longo do tempo (semanas após a sementeira)		
Milho em		4	8	12
ótimas				
condições				
de				
irrigação				
	PfR	0,7998±0,3366	1,9212±0,8696	9,585±8,5882
	PfC	1,3568±0,3823	2,5294±1,2114	13,4356±11,2651
	PfF	2,1722±0,5500	3,6528±1,6407	12,9850±9,5100
	PfT	4,3287±1,045	8,1033±3,5971	36,0057±29,0599
	PsR	0,0451±0,0212	0,0840±0,0572	0,8428±0,8479
	PsC	0,070±0,0165	0,1497±0,0770	1,2647±1,1578
	PsF	0,1545±0,0379	0,3208±0,1634	2,0846±1,7098
	PsT	0,269±0,0607	0,5548±0,3187	4,1921±3,6680
	Nf	5,5000±0,5345	6,7500±0,7071	9,1250±2,9970
	Af	41,6925±19,5785	89,7213±58,0379	229,6350±226,6887
	RAF	266,4424±95,7729	252,8481±83,4697	100,4194±32,9458
	RPF	0,5729±0,0525	0,5613±0,0407	0,5630±0,0896
	RPR/A	0,2966±0,1417	0,2895±0,1468	0,2953±0,1769
	RPR	0,1646±0,0644	0,1486±0,0580	0,1531±0,0707
	DR	0,9624±0,1697	1,1882±0,3124	0,7607±0,1003
	TCR	0,0855±0,03701	0,2915±0,2628	4,4798±9,0316
	CRAF	83,9883±7,5206	76,0063±10,3848	57,5562±6,8689
	CRAR	98,3884±14,3155	88,8813±13,8643	82,2966±34,5909
	PsE	-	-	-

Tabela 10. Médias \pm desvio padrão dos diferentes parâmetros medidos ao longo da experiência, no milho em condições de stress hídrico.

Cultura	Parâmetro	Média \pm Desvio padrão ao longo do tempo (semanas após a sementeira)		
Milho em condições de stress hídrico		4	8	12
	PfR	0,4889 \pm 0,1921	1,1757 \pm 1,0039	1,4399 \pm 1,3749
	PfC	0,6494 \pm 0,3117	1,2405 \pm 1,0217	3,6706 \pm 2,8742
	PfF	1,054 \pm 0,4812	2,1454 \pm 2,0513	5,3451 \pm 3,5252
	PfT	2,1921 \pm 0,8854	4,5616 \pm 4,0568	10,4555 \pm 7,6795
	PsR	0,0344 \pm 0,0082	0,536 \pm 0,0618	0,0995 \pm 0,1515
	PsC	0,0326 \pm 0,0136	0,0875 \pm 0,0781	0,3320 \pm 0,2384
	PsF	0,0914 \pm 0,0380	0,1983 \pm 0,1822	0,5251 \pm 0,2264
	PsT	0,1583 \pm 0,0566	0,3394 \pm 0,3187	0,9566 \pm 0,3802
	Nf	4,6250 \pm 0,7440	5,6250 \pm 0,9161	7,0000 \pm 1,6936
	Af	8,5175 \pm 7,2749	45,8625 \pm 65,7832	114,2250 \pm 100,1576
	RAF	88,5175 \pm 72,9691	141,3415 \pm 83,4697	217,4892 \pm 32,9458
	RPF	0,5621 \pm 0,0628	0,5783 \pm 0,06213	0,5729 \pm 0,1514
	RPR/A	0,4398 \pm 0,1417	0,3136 \pm 0,2694	0,1782 \pm 0,3020
	RPR	0,2367 \pm 0,0786	0,1674 \pm 0,1093	0,9041 \pm 0,1354
	DR	0,7430 \pm 0,2232	1,0410 \pm 0,5829	1,0847 \pm 0,3249
	CRAF	77,8264 \pm 15,2501	69,6736 \pm 11,4372	51,0722 \pm 49,6892
	TCR	0,1534 \pm 0,3452	0,5827 \pm 1,2719	0,9340 \pm 0,8906
	CRAR	61,4134 \pm 14,3155	94,0457 \pm 13,8643	92,8401 \pm 39,5909
	PsE	-	-	-

Tabela 13. Média \pm desvio padrão do peso seco das espigas

Cultura	Média \pm desvio padrão do peso seco das espigas ao longo do tempo		
	4	8	12
Mapira em ótimas condições de irrigação	-	-	0,1117 \pm 0,0173
Mapira em condições de stress hídrico	-	-	0,0662 \pm 0,0331
Milho em ótimas condições de irrigação	-	-	-
Milho em condições de stress hídrico	-	-	-

4. CRONOGRAMA:

DIAS	ACTIVIDADES
10 de Abril de 2008 a 20 de Abril de 2008	Revisao da literaria
21 de Abril 2008 a 30 de Abril 2008	Levantamento de dados
1 de Maio de 2008 a 8 de Maio de 2008	Analise de dados
9 de Abril de 2008 a 15 de Maio de 2008	Elaboracao do relatorio preliminar
16 de Maio de 2008 a 20 de Maio de 2008	Relatoria final

Tabela 11. Médias \pm desvio padrão do índice de tolerância da mapira e do milho

Cultura	Média \pm desvio padrão do índice de tolerância ao longo do tempo (Semanas após sementeira)		
	4	8	12
Mapira	0,9211 \pm 0,4207	1,5061 \pm 0,8419	1,5271 \pm 1,2285
Milho	0,6004 \pm 0,2198	1,0121 \pm 1,2125	0,8118 \pm 0,7836

Tabela 12. Média \pm desvio padrão da quantidade de prolina nas folhas e raízes da mapira .

Mapira em ótimas condições de irrigação	Abreviatura	Média \pm desvio padrão da quantidade de prolina na folha e raiz da mapira na semana 8 e 12 após a sementeira	
		8	12
Prolina na folha	PROLF	0,0007 \pm 0,0009	0,0025 \pm 0,0011
Prolina na raiz	PROLR	0,0021 \pm 0,0014	0,0002 \pm 0,0003
Mapira em condições de stress hídrico			
Prolina na folha	PROLF	0,0007 \pm 0,0009	0,0005 \pm 0,0005
Prolina na raiz	PROLR	0,0020 \pm 0,0012	0,3333 \pm 0,5773

Tabela 13. Média \pm desvio padrão da quantidade de prolina nas folhas e raízes do milho .

Milho em ótimas condições de irrigação	Abreviatura	Média \pm desvio padrão da quantidade de prolina na folha e raiz do milho na semana 8 e 12 após a sementeira	
		8	12
Prolina na folha	PROLF	0,0018 \pm 0,0005	0,0010 \pm 0,0004
Prolina na raiz	PROLR	0,0019 \pm 0,0002	0,0005 \pm 0,0005
Milho em condições de stress hídrico			
Prolina na folha	PROLF	0,0018 \pm 0,0005	0,0009 \pm 0,0005
Prolina na raiz	PROLR	0,0022 \pm 0,0003	0,0022 \pm 0,0012