

633.4:631.6
Masc

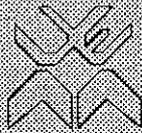
✱

01/07

PPV.127

PPV.127

17293



Universidade Eduardo Mondlane
Faculdade de Agronomia e de Engenharia Florestal
Departamento de Produção e de Protecção Vegetal

Trabalho
de
Licenciatura

17293

**Efeito da deficiência
hídrica no crescimento e
desenvolvimento de dez
cultivares de mandioca
(*Manihot esculenta* Crantz)**

Supervisores
Ton Rulkens (PPV)
Dr. Márcio C. M. Porto (ITA/SARRNET)

**Carolino António
MARTINHO**

Maputo, Julho 1996



Dedico aos meus
pais e irmãos

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Agronomia e Engenharia florestal (FAEF), como instituição que me permitiu a aquisição dos requisitos necessários a elaboração deste trabalho.

Ao Southern Africa Root Crop Research Network (SARRNET), pela disponibilidade do tema e pelo apoio prestado.

Ao projecto Plant Soil Water pelo apoio material e financeiro na realização deste trabalho.

Aos meus supervisores Dr. Marcio C.M. Porto e Eng^o Ton Rulkens pelo apoio científico e ensinamentos prestados sem os quais não teria sido possível apresentar este trabalho.

Aos meus colegas e amigos que foram prestáveis durante a minha formação e na realização deste trabalho, em particular ao Amade Muitia que sacrificou, em certas ocasiões, o seu tempo de lazer para me ajudar na colheita de dados.

Aos trabalhadores de campo de FAEF coordenados pelo Sr Luís Guambe, pelo apoio concedido durante a fase experimental.

Aos meus pais e irmãos que apesar da distância física que nos separa sempre me encorajaram para que continuasse com os meus estudos.

Seria injusto por minha parte não reconhecer a todos aqueles que directa ou indirectamente fizeram com que a realização deste trabalho fosse possível.

A todos muito obrigado.

O autor

Carolino António Martinho

RESUMO

Com o objectivo de estudar o efeito da deficiência hídrica no crescimento e desenvolvimento de dez cultivares de mandioca fez-se um ensaio no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane em 1994/1995. O ensaio consistiu na plantação de mandioca em sacos plásticos de cor preto contendo solo. Para tal foi utilizado o delineamento completamente casualizado com 5 repetições e 20 tratamentos (combinação de 10 cultivares e 2 níveis de água nos sacos).

Nas primeiras 6 semanas depois da plantação todas unidades foram irrigadas para garantir o estabelecimento das plantas. Após este período, metade dos sacos foram cobertos com plástico preto com a finalidade de evitar a entrada de água das chuvas nos sacos criando um ambiente de deficiência hídrica para as plantas. Os restantes sacos continuaram a receber água diariamente sempre que necessário.

Após a cobertura dos sacos (tempo igual a zero para as medições), várias medições foram feitas nomeadamente: altura de cada planta; comprimento do lóbulo central; número de folhas formadas e caídas por planta, longevidade foliar; data da primeira ramificação; número de ápices formados por planta. Na colheita foram determinados os pesos frescos dos diferentes órgãos por planta; número de raízes de reserva por planta. Para cada órgão determinou-se o peso seco na estufa.

Os resultados mostram que a deficiência hídrica afecta negativamente o crescimento e desenvolvimento nas dez cultivares, embora as raízes absorventes apresentassem um maior desenvolvimento em condições de falta de água. No entanto diferenças varietais foram encontradas, existindo cultivares que apresentaram poucas diferenças entre plantas irrigadas e não irrigadas, é o caso das cultivares Macia 1, Gangassol, Macia 2 e Munhaça no comprimento do lóbulo central; das cultivares Precoce D'Angola, Gangassol e Macia 2 no número de folhas formadas; das cultivares Macia 1, TMS 42025 e

Gangassol no número de folhas caídas; das cultivares H-58, Macia 1, Gangassol, Macia 2 e TMS 30395 no crescimento em altura; das cultivares Gangassol e Macia 2 no peso seco total; das cultivares Gangassol, Macia 2 e Precoce D'Angola no peso seco da parte aérea; das cultivares Macia 2, Gangassol e TMS 42025 no peso seco das estacas e das cultivares Gangassol e Macia 2 no peso seco das raízes de reserva. As cultivares Gangassol e Macia 2 foram encontradas como sendo adaptadas à condições de falta de água por apresentarem menores reduções no peso seco das raízes de reserva (a parte económica da planta).

O efeito da deficiência hídrica não foi significativo no período até a primeira ramificação nas cultivares estudadas.

O padrão de distribuição de matéria seca foi alterado nas plantas sujeitas a deficiência hídrica quando comparadas com as plantas irrigadas. Plantas sob "stress" hídrico alocaram mais matéria seca nas raízes absorventes, estacas e caule. A acumulação de matéria seca nas folhas não foi alterada quando a média é considerada.

ÍNDICE

Página

Dedicatória.....	I
Agradecimentos.....	II
Resumo.....	III
Lista de figuras.....	VI
Lista de Tabelas.....	VII
Abreviações.....	VIII
1 Introdução.....	1
1.1 Objectivos.....	1
2 Revisão Bibliográfica.....	2
2.1 Considerações gerais.....	2
2.1.1 Origem e distribuição da mandioca.....	2
2.1.2 Descrição Botânica.....	3
2.1.3 Ecologia e adaptação.....	4
2.1.4 Utilização e importância da cultura	5
2.1.5 Área e Produção.....	6
2.1.6 Factores limitantes a produção de mandioca.....	8
2.2 Crescimento e desenvolvimento.....	8
2.3 Efeito da deficiência hídrica nas plantas.....	11
2.3.1 Efeito da deficiência hídrica na mandioca.....	16
3 Materiais e métodos.....	24
3.1 Materiais.....	25
3.2 Métodos.....	26
3.2.1 Local do ensaio.....	
3.2.2 Delineamento experimental.....	
3.2.3 Condução e práticas culturais.....	
3.3 Análise estatística.....	29
4 Resultados e discussão.....	30
4.1 Crescimento e desenvolvimento.....	30
4.1.1 Crescimento foliar.....	30
4.1.2 Formação de folhas.....	37
4.1.3 Queda de folhas.....	38
4.1.4 Longevidade foliar.....	43
4.1.5 Crescimento em altura.....	44
4.1.6 Data da primeira ramificação.....	48
4.1.7 Ápices formados.....	49

4.2 Rendimentos e componentes de rendimentos.....	50
4.2.1 Peso seco total da planta.....	50
4.1.2 Peso seco total da parte aérea.....	52
4.2.3 Peso seco de estacas.....	54
4.2.4 Peso seco de raízes absorventes.....	55
4.2.5 Peso seco de raízes de reserva.....	56
4.2.6 Componentes do rendimento.....	58
4.3 Distribuição de matéria seca.....	60
4.4 Estratégias adoptadas pelas cultivares em condições de falta de água.....	62
5 Conclusões e Recomendações.....	66
5.1 Conclusões.....	66
5.2 Recomendações.....	67
6 Referências Bibliografia.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Crescimento do lóbulo central de folhas formadas por semana 6 sdp.....	35
Figura 2. Crescimento do lóbulo central de folhas formadas por 6 sdp.....	36
Figura 3. Folhas formadas e caídas por planta com e sem deficiência hídrica 6 sdp.....	41
Figura 4. Folhas formadas e caídas por planta com e sem deficiência hídrica 6 sdp.....	42
Figura 5. Crescimento em altura da planta com e sem deficiência hídrica 6 sdp.....	47
Figura 6. Esquema simplificado dos factores que determinam a aérea efectiva para a realização das fotossítese, consequentemente a produção da matéria seca total e o rendimento.	

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1. Principais Produtores de mandioca em 1994.....	7
Tabela 2. Produção, área cultivada e rendimento de mandioca fresca em Moçambique.....	7
Tabela 3. Características das cultivares.....	24
Tabela 4. Modelo de análise de variância.....	29
Tabela 5. Resultados de análise de variância para crescimento do lóbulo central ao longo das 4 semanas de tratamento.....	33
Tabela 6. Comprimento final do lóbulo central para folhas formadas nas primeiras 7 semanas de tratamento.....	34
Tabela 7. Resultados da análise de variância para folhas formadas ao longo das semanas de tratamento.....	38
Tabela 8. Resultados da análise de variância para folhas caídas ao longo das semanas de tratamento.....	40
Tabela 9. Número de folhas formadas e caídas durante as 10 semanas de tratamento.....	40
Tabela 10. Longevidade foliar.....	43
Tabela 11. Resultados de análise de variância para crescimento em altura.....	45
Tabela 12. Altura final de 10 cultivares de mandioca 16 semanas ddp.....	45
Tabela 13. Coeficientes angulares das equações de recta calculadas para o crescimento em altura durante 10 semanas de tratamento de 10 cultivares submetidas ou não a deficiência hídrica.....	46
Tabela 14. Data da primeira ramificação.....	48
Tabela 15. Número de ápices formados.....	49
Tabela 16. Resultados da análise de variância para o rendimento e componentes do rendimento.....	50
Tabela 17. Peso seco total.....	52

Tabela 18. Peso seco da parte aérea.....	53
Tabela 19. Peso seco do caule.....	54
Tabela 20. Peso seco de folhas.....	54
Tabela 21. Peso seco de estaca.....	55
Tabela 22. Peso seco de raízes absorventes.....	55
Tabela 23. Peso seco de raízes de reserva.....	58
Tabela 24. Componentes do rendimentos.....	59
Tabela 25. Resultados de análise de variância para distribuição da matéria seca.....	61
Tabela 26. Distribuição da matéria seca	62
Tabela 27. Mecanismos de tolerância a seca.....	64

ABREVIACÕES

CIAT:	Centro Internacional de Agricultura tropical.
Col:	Colombia
Cr:	Com rega
cv:	Cultivar
ddp:	depois da data de plantação
DPV:	Deficit de Pressão de Vapor
EAU:	Estação agronómica de Umbeluzi
FAO:	Food And Agriculture Organization of the United Nations (Fundo das Nações unidas para a Agricultura e alimentação.
IITA:	Internacional Institute of Tropical Agriculture (Instituto Internacional de Agricultura Tropical)
INIA:	Instituto Nacional de Investigação Agronómica
Mex:	México
PST:	Peso seco total
PSPA:	Peso seco da parte aérea
PSC:	Peso seco do caule
PSE:	Peso seco de estaca

PSRR: Peso seco de raízes de reserva

PSRA: Peso seco de raízes absorventes

SARRNET - Southern Africa Root Crops Research Network (Rede de Investigação de culturas de raízes da África Austral).

Sr - Sem rega

1. INTRODUÇÃO

A seca tem sido reportada como sendo uma das causas responsáveis pela falta de alimentos em muitas regiões, não só de Moçambique, como também do mundo. Como consequência muitas pessoas passam fome e outras estão em risco de passar a fome.

Para a resolução deste problema duas estratégias podem ser adoptadas: a primeira, consiste no fornecimento de água às culturas através da irrigação. Este método é muito difícil de ser utilizado em grande escala em Moçambique devido aos seus elevados custos, situação agravada pelo facto de cerca de 95% da área cultivada em Moçambique estar ocupada pelo sector familiar, que se debate com falta de meios materiais e financeiros.

O segundo método consiste na utilização de espécies ou variedades tolerantes à seca que podem crescer bem sob condições limitadas de água. Esta estratégia apresenta-se mais racional e depende da existência de material resistente à seca onde haja falta de chuva ou a sua distribuição seja irregular.

Para a obtenção de material resistente a seca é necessário conhecer o comportamento das diferentes cultivares naquelas condições

1.1 Objectivo

O presente trabalho tem como objectivo avaliar o crescimento, desenvolvimento e distribuição da matéria seca de diferentes génotipos de mandioca quando submetidos a deficiência hídrica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações gerais

2.1.1 Origem e distribuição da mandioca.

A mandioca é originária da América do Sul, junto com todas as espécies do género Manihot. Segundo Rogers (1963), citado por Onwueme (1986), a mandioca é originária do Brasil, tendo como Centro de Origem Secundário a América Central. O facto de no Brasil existir um grande número de espécies do género Manihot, confirma a hipótese da espécie ter se originado naquele país. Contudo, existem poucas evidências arqueológicas que confirmem que a mandioca foi domesticada no Brasil (Cock, 1985).

A introdução da mandioca no continente africano deu-se inicialmente pela República de Congo, através de navegantes Portugueses, há cerca de 400 anos (Cock, 1985, Porto, 1986, Rulkens, 1993). Através de diferentes rotas e em ocasiões diferentes a mandioca foi introduzida na costa ocidental de África e espalhou-se rapidamente para o que actualmente é conhecido por Angola, Zaire, Gabão e Camarões (Cock, 1985).

A mandioca foi independentemente introduzida pelos Portugueses no interior da África oriental e Madagascar no século XVIII, depois generalizou-se em cultivo para todas as zonas tropicais baixas da África oriental. É, actualmente, uma cultura principal na Tanzânia, Moçambique e Madagascar (Cock, 1985).

Actualmente a mandioca está espalhada em todas as regiões situadas entre os paralelos 30° de latitude Norte e Sul. De acordo com a FAO (1982), a mandioca é cultivada em mais de 80 países na África, América, Ásia e Oceania.

2.1.2 Descrição botânica

A planta de mandioca, (*Manihot esculenta* Crantz) é uma dicotiledonea pertencente à família Euphorbiaceae e, como outros membros desta família, a mandioca produz latex. É um arbusto perene, propagado comercialmente pela plantação de estacas lenhosas mas na natureza e nos processos de melhoramento, a propagação por semente é também comum.

Depois da plantação um ou vários tipos de gema brotam e raízes absorventes crescem na base da estaca. No estado inicial todas as raízes participam na absorção de água e nutrientes. As raízes chegam a uma profundidade de 1 m. Durante o segundo mês uma parte das raízes perde o seu caracter fibroso transformando-se em raízes de reserva. Aqui o xilema está formado seguido da acumulação de amido no tecido. Uma vez engrossada, a raiz não participa mais na absorção de água e sais minerais (Rulkens, 1993).

Cerca de três meses depois da plantação as raízes de reserva começam a expandir-se rapidamente, armazenando grande quantidade de amido (Cock, 1985).

Os rebentos mostram uma forte dominância apical que suprime o desenvolvimento de rebentos laterais. Quando o rebento principal torna-se reprodutivo e começa a florir a dominância apical é quebrada e vários (2 à 4) brotos axilares brotam abaixo do ápice e começa o desenvolvimento dando o hábito ramificado encontrado na planta (Cock, 1985).

Segundo Osiru (1990), a altura média da planta de mandioca varia de 1 à 2 m, mas algumas cultivares podem atingir 4 m. A folha é composta por um pecíolo comprido (5 à 30 cm) e uma lâmina espalmada que é profundamente lobulada. O número de lóbulos varia entre 3 e 9 (geralmente um número ímpar). A planta de mandioca é monoica, com flores masculinas e femininas na mesma planta. A floração é

frequente e regular em algumas cultivares e, em outras, é rara ou inexistente. As flores masculinas ocorrem perto do ápice e as femininas mais perto da base. O fruto maduro é uma cápsula trilocular (diâmetro 1 à 1,5 cm). O endocarpo lenhoso contém 3 lóbulos, cada um deles com uma semente. A semente de mandioca é elipsoidal e tem cerca de 1 cm de comprimento (Osiru, 1990).

2.1.3 Ecologia e adaptação

A mandioca é uma cultura tropical, cultivada em regiões que apresentam uma grande diversidade ecológica. A variação em termos de clima é ampla, principalmente no que diz respeito aos factores temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo (Porto, 1986). A sua distribuição está restrita a regiões tropicais situadas entre os paralelos 30°N e 30°S (Cock & Rosas, 1975, citado por Porto, 1986). A planta é encontrada à altitude máxima de 2300 metros acima do nível do mar (Porto, 1983).

O seu crescimento é favorecido quando as temperaturas médias anuais são maiores que 20°C (Cock, 1985). A planta de mandioca parece crescer bem entre os valores de temperaturas oscilando entre 16 à 38°C (Sena & Campos, 1975, citados por Porto, 1986), ou até 45°C (Porto, 1983). Albuquerque (1969), citado por Porto (1986), considera como limite mínimo de 10°C; como ideal a faixa compreendida em 20 e 26°C de temperatura média anual. Segundo Osiru, Porto & Ekanayake (1995) temperaturas abaixo de 19°C bem como acima de 42°C atrasam o crescimento de raízes de reserva.

A mandioca adapta-se a diferentes regimes hídricos, podendo crescer em áreas onde a precipitação varia de 750 à 3000 mm/ano (Cock, 1985). Onwueme (1986) e Osiru, Porto & Ekanayake (1995) reportam que a cultura adapta-se a condições secas e pode ser proveitosamente cultivada em áreas com precipitações abaixo de 500 mm; e pode desenvolver em áreas com períodos de seca longos como 8 meses (Osiru, Porto & Ekanayake, 1995). Apesar da sua grande

adaptação a condições de seca, a mandioca precisa de uma humidade adequada nos primeiros 2 à 3 meses após a plantação (Cock, 1985).

A planta é bem adaptada a solos com baixa fertilidade, que são predominantes nos tropicos (Cock, 1985; Onwueme, 1986). Quando cresce em solos de fertilidade baixa, o crescimento total sofre menos que as outras culturas (Cock, 1985). Segundo Onwueme (1986), solos franco-arenosos e leves, com fertilidade média e boa drenagem são melhores para a mandioca.

A planta de mandioca é mais susceptível a salinidade ou alto pH do solo que muitas outras culturas. A mandioca cresce melhor em solos com pH baixo associado com altos níveis de alumínio que são características de solos bem drenados no qual a mandioca é largamente plantada (Cock, 1985).

A formação de raízes de reserva é favorecida nas condições de dias curtos. Dias mais compridos do que 12 horas tendem a atrasar a formação de raízes de reserva. Por volta do equador o comprimento do dia sempre permite a formação de raízes de reserva. Longe do equador, os dias compridos afectam negativamente a produção (Rulkens, 1993), embora beneficiem a floração (Osiru, 1990).

2.1.4 Utilização e importância da cultura

A mandioca é produzida sobretudo para a utilização de suas raízes de reserva que consistem, principalmente, de amido. As folhas que têm um alto conteúdo de proteínas (Terra, 1964, citado por Veltkamp, 1985) são também usadas, embora menos frequentemente quando comparadas com as raízes de reserva (Veltkamp, 1985).

As raízes de reserva de mandioca são principalmente utilizadas para o consumo humano, mas também como alimento para animais, como matéria prima para a indústria de amido e na produção de álcool (Cock, 1985 e Veltkamp, 1985).

Cock (1982), citado por Veltkamp (1985) estimou que cerca de 65% do total da produção mundial de mandioca foi usada para o consumo humano no período de 1975 à 1977.

A incapacidade de muitos países de expandir rapidamente a produção de cereais de modo a responder à demanda, força esses países a utilizar divisas para a importação de cereais. A mandioca pode ajudar a resolver esta crise por ser a sua produção possível em solos que não são adaptados aos cereais e outras culturas alimentares. Além disso mandioca pode fornecer alimentos para animais, reservando terras boas para a produção de grãos a serem utilizados na alimentação humana (Porto, 1983).

Em Moçambique existem duas formas essenciais de utilização de mandioca. As variedades doces são usadas na forma fresca para a confecção de várias receitas culinárias, as raízes são também processadas para a obtenção de 3 tipos de farinha: "Karakata"-predominante na zona norte do país, nas províncias de Nampula e Zambézia; farinha branca fermentada, comum na província de Niassa; e farinha torrada, típica da província de Inhambane. As folhas de mandioca são utilizadas em muitas regiões de Moçambique. (Rulkens, 1993).

2.1.5 Área e Produção

Actualmente a cultura de mandioca é cultivada em todas regiões tropicais compreendidas entre latitude 30° Norte e 30° Sul. De acordo com a FAO (1995) a mandioca é cultivada em mais de 99 países na África, América, Ásia e Oceania. A tabela 1 mostra as áreas cultivadas, produção e os respectivos rendimentos dos principais produtores mundiais.

A Tabela 1 mostra que a África tem uma área de produção superior a qualquer outro continente. O Brasil, a Nigéria, o Zaire, a Tailândia e a Indonésia são os países com maiores produções.

Nigéria, Zaire, Tanzânia e Moçambique são os principais produtores de África.

Tabela 1. Principais produtores de mandioca no mundo em 1994

Região	Área (*1000 ha)	Produção (*1000t)	Rendimento (t/ha)
Mundo	15819	152473	9.6
África	9481	72779	7.7
Ásia	3745	48449	12.9
América do Sul	2375	30050	12.7
Zaire	2430	19600	8.1
Nigéria	2000	21000	10.5
Brasil	1838	24009	13.1
Tailândia	1383	19091	13.8
Indonésia	1295	15000	11.6
Moçambique	909	3294	3.6
Tanzânia	693	7209	10.4
Ghana	607	4378	7.2

Fonte: *FAO Production Yearbook, 1995.*

Em Moçambique, as províncias de maior produção são, Nampula, Zambézia, Cabo Delgado e Inhambane (ver Tabela 2).

Tabela 2. Produção, área cultivada e rendimento da mandioca fresca em Moçambique (Mota, 1970).

Províncias	Áreas (*1000 ha)	Produção* (*1000 t)	Rendimento t/ha
Nampula	338.9	1415.6	15.0
Zambézia	36.9	320.1	9.4
Cabo Delgado	31.5	189.5	11.4
Inhambane	14.0	104.5	6.0
Niassa	5.4	27.3	13.0
Gaza	3.3	41.9	2.3
Manica e Sofala	0.8	2.3	4.3
Maputo	0.1	2.7	3.4
Tete	-	-	-

* Produção total da cultura extrema, consociada e dispersa.

2.1.6 Factores limitantes à produção de mandioca

Vários factores limitantes para a produção de mandioca têm sido reportados. Veltkamp (1985), citando Cock (1979) e Hahn et al, (1979), aponta a falta de clones adequados, pobre controlo de doenças e pragas, falta de fertilizantes e uso de práticas culturais inadequadas.

Para Moçambique, em particular, os rendimentos médios da cultura têm sido baixos (ver Tabela 1), devido à baixa fertilidade do solo, irregularidade das chuvas (especialmente na zona Sul) e pragas e doenças (Rulkens, 1993). A falta de cultivares adaptadas às condições agroecológicas das regiões de cultivo e práticas culturais incorrectas são também factores responsáveis para a fraca produção de mandioca em Moçambique.

2.2 Crescimento e Desenvolvimento

A planta de mandioca possui um hábito de crescimento indeterminado, alternando períodos de crescimento vegetativo, armazenamento de reservas nas raízes e, em alguns casos, até períodos de quase dormência, ocasionados por condições climáticas adversas, tais como baixas temperaturas.

De acordo com Cours (1945), citado por Porto, (1986), o ciclo de desenvolvimento da mandioca pode ser dividido em 5 fases fisiológicas:

Fase 1: Período de brotação das estacas

Caracteriza-se pela formação de raízes absorventes na região dos nós e na extremidade da estaca. Os primeiros talos aparecem logo após, sendo seguidos pelas folhas que aparecem 10 a 12 dias após plantação (Porto, 1986). A fase completa-se após 15 dias da data da plantação.

Fase 2: Formação do sistema radicular

Nesta fase ocorre a formação do sistema radicular absorvente, caracteriza-se pela formação de novas raízes absorventes, com maior capacidade de penetração no solo, chegando a uma profundidade de 40 à 50 cm (Porto, 1986). Segundo Osiru, (1990), dependendo do tipo de actividade, as raízes fibrosas podem alcançar até 100 cm. A duração média desta fase é de 70 à 80 dias (Cours, 1945 citado por Porto, 1986).

Fase 3: Desenvolvimento da parte aérea, ramificação e definição do porte da cultivar

Esta fase tem a duração de 90 dias. O tamanho das folhas completamente expandidas aumenta com a idade da planta. Em muitas variedades as folhas atingem o seu tamanho máximo 4 à 5 meses após a plantação, depois do que o tamanho diminui (Willson & Ghazul, 1969, citado por Onuwuene, 1986; Osiru, 1990).

As folhas alcançam o seu desenvolvimento máximo 12 dias depois de serem formadas e teriam a duração variável na planta de 60 à 100 dias. (Porto, 1986). As folhas podem alcançar 200 dias (Osiru, 1990).

Segundo Porto, (1986), medições feitas sob diferentes condições de disponibilidade de água no solo, mostraram que a taxa de crescimento das folhas é praticamente nula após 10 dias, contando da data do seu aparecimento, sob condições óptimas de água no solo. A medida que a água torna-se limitante, o período de crescimento é expandido, concomitantemente a uma redução nas taxas de crescimento diário. Osiru, (1990), reporta que em temperaturas elevadas (24 à 30°C) é de cerca de 2 semanas o período entre o aparecimento de uma folha e a sua expansão total.

Quanto à longevidade foliar, uma série de estudos realizados na

Colombia (Cock, Franklin & Sandoval, 1979, citado por Porto, 1986) mostra que esta depende da cultivar e da intensidade luminosa incidente. Segundo Osiru (1990), tanto a seca como alagamento causam queda rápida das folhas resultando-lhes numa vida curta. O sombreamento mútuo reduz significativamente a vida das folhas.

A floração começa aproximadamente 6 semanas após a plantação. A data da floração depende da variedade e do ambiente (Onwueme, 1986; Osiru, 1990) e continua intermitentemente para o resto da vida da planta (Onwueme, 1986).

Fase 4: Engrossamento das raízes de reserva

Nesta fase intensifica-se o movimento de carboidratos das folhas para as raízes, onde se acumulam sob a forma de grãos de amido. Segundo Cours (1955) citado por Porto (1986), esta fase tem a duração média de 5 meses e coincide também com o processo de lignificação dos ramos da planta. No entanto, a duração desta fase depende de muitos factores, dentre os quais a cultivar, as condições de chuva e temperatura, ou mesmo a ocorrência de outros factores prejudiciais ao equilíbrio da relação parte aérea/raíz na planta (Porto, 1986). O número de raízes absorventes que acabam por se transformar em raízes de reserva depende de vários factores, como o suprimento de assimilados, fotoperíodo e temperatura (Osiru, 1990).

O suprimento de assimilados é afectado negativamente pela falta de humidade, baixa fertilidade do solo, deficiente aeração e alta temperatura do solo. Muitos genótipos de mandioca desenvolvem as raízes de reserva sob condições de dias curtos. Altas temperaturas, combinadas com dias longos ou baixas temperaturas combinadas com dias curtos atrasam o desenvolvimento de raízes de reserva (Osiru, Porto & Ekanayake, 1995). Segundo os mesmos autores, o fotoperíodo interactiva com a temperatura. Alta temperatura, especialmente nocturna, atrasa a formação de raízes de reserva.

O número de raízes que eventualmente engrossam se determina nos primeiros 2 à 3 meses, na maioria das vezes. Parece que o fotoperíodo não induz ao engrossamento das raízes e que este é a resposta ao excesso de carboidratos direccionados ao desenvolvimento da parte aérea (Cock, 1973; Cock et al., 1979, citados por Cock, 1982). A formação de raízes de reserva começa 8 semanas depois da plantação dependendo das condições ambientais. As raízes começam a expandir-se rapidamente cerca de 3 meses depois da plantação (Indira & Sinha, 1970; Cours, 1951 citados por Veltkamp, 1985), continuando a aumentar até 9 a 12 meses, quando a cultura é usualmente colhida (Cock, 1982).

Fase 5: Fase de repouso

Ocorre apenas em regiões que apresentam oscilações significativas de temperatura durante o ano. Com esta fase a planta completaria um ciclo de 9 à 12 meses, o qual seria seguido por um novo período de actividade vegetativa, acumulação de matéria seca nas raízes e um novo repouso (Porto, 1986).

Na planta de mandioca, segundo resultados obtidos por Cock e seus colaboradores do CIAT, na Colombia, citado por Porto (1986), o crescimento da parte aérea tem prioridade na demanda e recepção de carboidratos, sobre o crescimento das raízes de reserva.

2.3. Efeitos da deficiência hídrica nas plantas

A água é o principal constituinte das plantas, necessário para o crescimento e multiplicação durante o ciclo vegetal. Segundo Porto (1973), citado por Porto (1986), a água desempenha funções básicas como solvente natural para absorção e movimentação de gases, minerais e outros solutos na planta; como reagente de processos importantes inerentes ao funcionamento da máquina vegetal, a exemplo do processo fotossintético, mantém a turgidez celular imprescindível para o processo de crescimento a nível celular, bem

como a manutenção da forma da planta e o mecanismo estomático.

Os efeitos de deficiência hídrica fazem-se notar em cada um dos processos que ocorrem no interior da planta; por isso, para o seu crescimento, é necessária uma disponibilidade adequada de água durante o crescimento. Quando ocorre falta de água, as plantas adoptam mecanismos capazes de reduzir ou mesmo evitar as consequências deletérias da desidratação (Porto, 1986).

X Observando a sequência de eventos, à medida que o potencial hídrico se torna mais negativo devido a deficiência de água, os processos afectados são: a síntese da parede celular e a síntese de proteínas, a formação de clorofila, os níveis da enzima Nitrato Redutase, a acumulação de ácido abscísico (ABA), os níveis de citocininas, a abertura dos estomas, a assimilação de CO₂, a respiração, a acumulação de prolina e a acumulação de açúcares (Hsiao, 1973, citado por Porto, 1983; Eastin & Sullivan, 1984, reportando Hsiao & Acevedo, 1974).

X No campo a redução de crescimento devido a deficiência hídrica é controlada por uma série de factores (Porto, 1983), incluindo diminuição na taxa de fotossíntese, área foliar, redução da absorção de minerais, translocação, respiração, transpiração (Slatyer, 1967; Porto, 1983), mudança no balanço hormonal (Porto, 1983), desnaturação de proteínas (Hsiao, 1973 e Bradford & Hsiao, 1982, citados por Porto, 1983); um aumento na relação raiz/caule, ajuste osmótico, ocorrência de movimentos foliares tais como enrolamento, seca de tecidos, senescência e, finalmente, morte causada por desidratação (Bradford & Hsiao, citados por Porto, 1986).

O crescimento ocorre como resultado da divisão e alargamento celular. Assumindo que a turgidez acima de um nível mínimo crítico é necessária para o crescimento ocorrer (Hsiao, 1973; e Zimmerman, 1978, citados por Porto, 1983), o papel da água no crescimento da

planta é crucial. Através de alguns factores que afectam o metabolismo celular, a deficiência de água pode afectar negativamente o alargamento da célula e o crescimento da planta (Slatyer, 1967). A redução na turgidez causa a redução no alargamento da célula (Kramer, 1969). Esta redução tem implicações indirectas como na redução do tamanho da célula resultando finalmente na redução da área foliar (Slatyer, 1967).

O estado de turgidez das células-guarda regula directamente a abertura de estomas (Slatyer, 1967 e Kramer, 1969).

A deficiência de água afecta praticamente muitos aspectos do crescimento da planta, modifica a anatomia, morfologia, fisiologia e bioquímica. A falta de água modifica a estrutura particularmente da folha (Kramer, 1969; Porto, 1983, citando Clegg, Sullivan & Eastin, 1978). Sob deficiência hídrica, o tamanho das células e o volume intracelular diminuem (Stocker, 1960 e Kramer, 1969). Stocker (1960), acrescenta afirmando que a sinuosidade das paredes da epiderme, o tamanho dos seus pêlos, estomas e células do mesofilo e a extensão do parenquima esponjoso são diminuídos. As folhas tornam-se grossas (Stocker, 1960; Kramer, 1969; Porto, 1983, citando Jones, Turner e Osmond, 1981). Outras adaptações incluem o aumento do número de pêlos (Stocker, 1960; Kramer, 1969; Porto, 1983, citando Hsiao, 1973), abundância de camadas de cutina, suberina e resina (Hsiao, 1973, citado por Porto, 1983) e aceleração do processo de abscisão (Slatyer, 1967; Porto, 1983 citando Kaufman, 1981). Estes mecanismos, junto com a mudança no mecanismo estomatal, distribuição e tamanho (Connor & Palta, 1981; e Porto 1983 citando Burrow & Milthorpe, 1968; Hsiao, 1973; Bradford & Hsiao, 1982), têm a habilidade para reduzir a quantidade de água perdida por transpiração e os efeitos do calor pela absorção excessiva da radiação (Crats, 1968; Gates, 1968; Hsiao, 1973; Turner, 1979; Turner, 1981; Jones, Turner & Osmond, 1981; Bradford & Hsiao, 1982, citados por Porto, 1983).

A redução da fotossíntese em condições de falta de água, reduz o tamanho da planta e a matéria seca produzida (Porto, 1983, Moss, 1994).

Dois modos principais de acção da falta de água na fotossíntese são: primeiro, o fecho de estomas (Slatyer, 1967; Porto, 1983, citando Boyer & Bowen, 1970; Hsiao, 1973, Bradford e Hsiao, 1982), influenciando o suprimento em CO_2 (Slatyer, 1967, Porto, 1983, citando Boyer, 1976) e baixando a carboxilação (Boyer, 1976, citado por Porto, 1983). Segundo, os efeitos de deficiência hídrica nos processos bioquímicos envolvendo a fotossíntese podem ser esperados (Slatyer, 1967). Por exemplo, o processo fotoquímico associado com a utilização de energia solar para a finalidade fotossintética; o processo químico do escuro associado à redução de CO_2 ; e o processo de transporte de fotossintatos para fora dos sítios de síntese (Slatyer, 1967).

Há algumas evidências de que a deficiência hídrica afecta a habilidade dos cloroplastos para a realização da fotossíntese (Hsiao, 1973; Boyer, 1976, citados por Porto, 1983). É importante realçar que a acção das enzimas da reacção de fotossíntese pode ser limitada pela deficiência hídrica (Boyer, 1976, citado por Porto, 1983).

A redução da fotossíntese total também é esperada quando a deficiência hídrica ocorre, pela redução no crescimento da folhagem (Slatyer, 1967, Kramer, 1969 e Bradford & Hsiao, 1982, citado por Porto, 1983) e senescência (Hsiao, 1973 e Jones, Turner & Osmond, 1981, citado por Porto, 1983). Isto causa eventualmente a redução na superfície fotossintética da planta. A larga diminuição da fotossíntese por unidade de área que ocorre em plantas sujeitas a deficiência hídrica é usualmente atribuída ao fecho de estomas. Este ponto de vista é suportado pelo facto da transpiração e fotossíntese serem sempre reduzidas (Slatyer, 1967, Kramer, 1969).

A diminuição da transpiração causa efeitos secundários, como o aumento na temperatura da folha, o que pode destruir o aparato fotossintético (El-Shakarawy e Cock, 1986; e Gates 1968, citado por Porto, 1983).

É provável que muitos dos outros efeitos de deficiência hídrica, além daqueles causados por redução de turgidez, possam ser atribuídos à desidratação do protoplasma. A remoção da água que circunda as moléculas de proteína pode causar mudanças na sua configuração afectando a permeabilidade, hidratação, viscosidade e actividade enzimática (Kramer, 1969).

O "stress" hídrico produz mudanças importantes no tipo e quantidade de carboidratos nas plantas. Folhas de plantas sujeitas a deficiência hídrica sempre mostram uma diminuição no conteúdo do amido (Kramer, 1969). A mudança na proporção de açúcares é presumível devido a mudanças na actividade de enzimas (Kramer, 1969). Spoeln & Milner (1939), citados por Kramer (1969), reportam que a actividade da enzima amilase aumenta nas folhas sujeitas a deficiência hídrica.

Reduções na síntese de reguladores de crescimento tais como citoquininas e giberelinas nas raízes é um importante factor na redução de crescimento observado nas plantas sujeitas a deficiência hídrica e podem ser responsáveis pela rápida senescência das folhas (Kramer, 1969).

Há aparências de ser considerável a redução na translocação de compostos orgânicos nas plantas sujeitas a deficiência hídrica. Há também mudanças no padrão de translocação. Parece que a redução na translocação de fotossintatos para fora das folhas pode ser um factor na redução de fotossintatos observada nas plantas, em condições de "stress" hídrico (Kramer, 1969).

O crescimento é afectado negativamente pela falta de água (Slatyer,

1967; Kaufman, 1981, citado por Porto, 1983). No entanto uma das muitas aparentes consequências da deficiência hídrica nas plantas é o maior crescimento das raízes absorventes em busca de água nas camadas profundas do solo (Kaufman, 1981, citado por Porto, 1983 e Osiru, 1990). Segundo Stocker (1960); e Porto (1983), citando Bradford & Hsiao (1982) em solos secos o crescimento das raízes é menos reduzido que o crescimento vegetativo.

Os efeitos da deficiência hídrica nas culturas de raízes são mais pronunciados durante a formação ou engrossamento das raízes, visto que esses órgãos de reserva representam a parte económica da planta (Porto, 1983).

2.3.1 Efeitos da deficiência hídrica na mandioca

No início do período seco a planta de mandioca reduz a sua área pela produção de poucas folhas enquanto morrem as folhas velhas (Cock, 1985), o aumento das raízes de reserva é paralizado (Onweuene, 1986). Se o período de seca continuar, mais folhas são mortas, debilitando a área foliar para um nível mínimo e tanto o crescimento radicular como aéreo cessam. A planta torna-se essencialmente dormente (Cock, 1985).

A falta de água reduz o tamanho da folha, aumenta o intervalo entre as ramificações (Connor e Cock, 1981; e Osiru, 1990). Períodos secos prolongados podem quase suprimir a produção de novos nós (Connor & Cock, 1981). Os nós continuam aumentando seu peso durante o período de crescimento (Tan & Cock, 1979, citados por Cock, 1982), porém as taxas de incremento são menores em períodos secos (Cock, 1982).

Efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento se fizeram notar nas mudanças na área foliar através da redução nas taxas de formação e expansão foliar e, em plantas mais velhas, na queda significativa das folhas (Porto, 1989).

Geralmente se crê que durante o período seco as folhas de mandioca caem, mas parece que a área total produzida é menor e que a vida da folha não é reduzida significativamente (Connór & Cock, 1981). Isto sugere que a planta reduz a perda de água por transpiração, num caminho económico, pela redução de crescimento e não pela queda de folhas que deveriam ser repostas mais tarde à custa de energia. Resultados parcialmente conflituosos foram encontrados por EL-Sharkawy (1981), que observou maior queda de folhas por planta, causada pelo "stress" hídrico imposto a duas cultivares de mandioca (Porto, 1983).

Resultados obtidos por Porto (1983), mostram que, quando plantas jovens enfrentam um período de seca, (por exemplo aos 3 meses do seu ciclo), há uma redução na taxa de crescimento foliar, modificando o tamanho das folhas formadas o que concorda com Connor e Cock (1981); plantas que sofreram uma deficiência hídrica aos 6 meses de idade mostraram uma maior queda de folhas o que concorda com os dados de El-Sharkawy (1981). Isto quer dizer que a estratégia adoptada pela planta depende do período em que a deficiência hídrica se estabelece e relaciona-se com o estágio de desenvolvimento da planta (Porto, 1983 e Baker, Fukai & Wilson, 1989)

Estudos realizados na Colombia, com duas cultivares de mandioca (M Mex 59 e M Col 22), com estabelecimento de um período de 70 dias de "stress" hídrico após de 12 semanas da data de plantação, mostraram uma redução substancial na produção da biomassa total (Connor & Cock, 1981; Connor & Palta, 1981 e Connor, Cock & Parra, 1981). Vários ensaios foram realizados para estudar as respostas da planta de mandioca à deficiência hídrica. Um dos ensaios foi realizado no ano de 1981, em Santander de Quilichão, estação experimental do CIAT, Colombia (CIAT, 1983, citado por El-Sharkawy & Cock, 1987), num lisímetro de drenagem 30 m de comprimento * 15 m de largura * 2.3 m de profundidade. Foram estudadas duas cultivares, M Col 1684 e CM 507-37 (um híbrido de M Col 1684 * M Col 1438). Metade da área

foi coberta por um plástico preto 3 meses depois da plantação para evitar água da chuva. Neste ensaio verificou-se que no início da estação seca, a cultura de mandioca reduziu a sua área foliar pela produção de poucas folhas e pela diminuição no tamanho das folhas e pela maior queda de folhas velhas (El-Sharkawy & Cock, 1987). A redução da área foliar na estação seca pode ser considerada como um recurso pelo qual a mandioca reduz as perdas de água por transpiração. No entanto, a redução da área foliar por um período longo de duração de seca reduz a taxa de crescimento da cultura (El-Sharkawy & Cock, 1987). A redução do crescimento é mais pronunciada na parte aérea que em raízes, particularmente em cultura com vigor vegetativo (El-Sharkawy & Cock, 1987).

Em outros ensaios feitos também num lisímetro de campo de drenagem por El-Sharkawy & Cock, 1987, foram estudados dois clones, M Col 1984 e CM 507-37, submetidos ao mesmo tratamento de controlo de água descrito acima. Neste ensaio verificou-se que a deficiência de água reduz significativamente a canópia foliar em ambos cultivares comparadas com plantas das mesmas variedades, sem deficiência de água. A redução da canópia foliar não pode ser atribuída apenas pela morte de folhas, visto que as plantas com deficiência de água produzem poucas folhas em relação as que não tinham deficiência de água.

A redução da área foliar é positiva pelo facto de reduzir a perda de água por transpiração. Contudo, o seu aspecto negativo é a redução da área total fotossinteticamente activa (Porto, 1994).

Segundo Connor & Cock (1981), num ensaio feito com as cultivares M Col 22 e M Mex 59, induzidas a um curto período de deficiência hídrica verificou-se uma restrição na produção de folhas por ápice. De acordo com os mesmos autores a falta de água reduz a expansão das folhas, existindo diferenças varietais. Também o número de folhas senescentes aumenta.

As folhas mortas afectam negativamente a biomassa total pela redução da área de fotossíntese e conseqüentemente a matéria seca produzida (Cock, Porto & El-Sharkawy, 1985).

Experimentos realizados com estabelecimento de períodos de "stress" hídricos com duração de 60 dias em diferentes estágios de desenvolvimento de mandioca, mostraram que maiores reduções ocorriam quando a deficiência hídrica era imposta nos primeiros 5 meses do ciclo. Períodos de deficiência hídrica imposto após 5 meses não causaram reduções significativas no rendimento (Porto, 1989).

Oliveira, Macedo & Parta, (sem ano), citados por Porto, (1983), notaram reduções no rendimento de raízes de reserva acima de 80% quando o período de 60 dias de "stress" hídrico foi imposto a partir do 2º ao 5º mês do ciclo de crescimento da planta. Períodos de "stress" após 5 meses de idade reduziram o rendimento em aproximadamente 20%.

Em adição a redução na canopia foliar e crescimento do topo, a mandioca reage a deficiência hídrica no solo e na atmosfera pelo fecho parcial dos seus estomas (Connor et al., 1981; Connor & Palta, 1981; Palta, 1984; El-Sharkawy & Cock, 1984; Cock, et al., 1985 e Ike, 1982, citado por Backer, Fukai e Wilson, 1989).

Através da combinação do efeito da redução da canopia foliar e fecho de estomas a mandioca pode melhorar a eficiência do uso de água pela depleção lenta de água no solo (El-Sharkawy et al., 1984; El-Sharkawy & Cock, 1986, citados por El-Sharkawy, Hernandez & Hershey, 1992). Esta combinação pode também conduzir a redução na biomassa total e produção de raízes de reserva (Connor et al., 1981, e El-Sharkawy e Cock, 1987).

Segundo El-Sharkawy, Hernandez & Hershey (1992), a mandioca fecha parcialmente seus estomas reduzindo a perda de água no entanto

mantém razoável a taxa de absorção de CO_2 e continuação de acumulação da matéria seca nas raízes de reserva.

A resposta de estomas a mudanças na humidade de ar é independente da capacidade do potencial da água no solo (Q_s) e sugere um mecanismo directo (através da transpiração peristomal) diferente do bem conhecido *feed-back* fechando os estomas induzido pela redução no potencial da água na folha (Q_L) (Cock, Porto & Ek-Sharkawy, 1985). Contudo, as condições ambientais prevalentes durante o crescimento da cultura podem influenciar o grau de sensibilidade dos estomas a humidade do ar (El-Sharkawy & Cock, 1984).

Resultados obtidos em laboratórios controlados, demonstraram que a conductância foliar decresce rapidamente com a exposição das folhas ao ar seco (El-Sharkawy & Cock, 1984 e Cock, Porto & El-Sharkawy, 1985, citando El-Sharkawy et. al., 1984) e que a resposta é independente da água no solo (Cock, Porto & El-Sharkawy, 1985).

El-Sharkawy & Cock (1984) trabalhando com 2 cultivares, M Col 90 e M Col 88, mostraram uma redução na taxa de absorção de dióxido de carbono (CO_2) quando as folhas de ambas cultivares com e sem deficiência de água foram expostas a alta humidade de ar e depois de 15 min à humidade baixa. Esta resposta foi mais pronunciada nas plantas com deficiência hídrica com 40% de redução de fotossíntese comparando com 20% em plantas com disponibilidade de água. Neste mesmo ensaio (El-Sharkawy & Cock, 1984), observou-se que a taxa máxima de fotossíntese das plantas com deficiência hídrica a alta humidade do ar foi mais baixo (13,3 micromol $\text{CO}_2/\text{m}^2\text{s}$) do que em plantas com água disponível (19.6 micromol $\text{CO}_2/\text{m}^2\text{s}$). Baixa fotossíntese em plantas com deficiência hídrica pode ser atribuída, em parte, ao fecho de estomas em resposta a diminuição do volume potencial de água nas folhas (El-Sharkawy & Cock, 1984).

A deficiência hídrica afecta a conductância foliar. Segundo um experimento feito por El-Sharkawy e Cock (1984) a conductância do

mesófilo no intervalo de 1 à 1,4 Kpascal DPV (Déficit de Pressão de Vapor) foi de 6,0 e 3,6 mm/s em plantas sem e com deficiência hídrica respectivamente.

Baseando-se nos resultados de um ensaio realizado no CIAT, Cock, Porto e El-Sharkawy (1985) verificaram que em plantas não irrigadas a redução em conductância foliar teve resultado em grande redução na taxa de transpiração e tem conduzido ao potencial foliar (Q_r) mais alto ao meio-dia e ao princípio da tarde que em plantas com suprimento de água. A transpiração das folhas, bem como a fotossíntese, foram sempre baixas em plantas não irrigadas a qualquer DPV (Cock, Porto & El-Sharkawy, 1985).

Resultados obtidos por Connor & Palta (1981), mostram que sob condições de seca há um aumento drástico na resistência à difusão de vapor de água da planta para a atmosfera, uma redução do tamanho dos poros e aumento substancial no número de estomas por superfície foliar.

Ensaio realizado em Santander de Quilichão e Palmira, Colombia, 1983, mostram que sob condições de limitação de água no solo e altos DPVs a planta de mandioca reduz as taxas de fotossíntese de forma notável entre 9:00 e 15:00 horas (Porto, 1989). Assim, comprovou-se a alta sensibilidade do aparelho estomático da planta de mandioca em relação a disponibilidade de água no solo e a variação do DPV (El-sharkawy et al., 1984, citado por Porto, 1989). A grande resposta dos estomas à mudança de DPV pode ser vantajoso quando a limitação de água no solo for por um longo período. Nestas condições, uma directa resposta à mudança na humidade de ar, poderá levar a restrição da água no solo. Neste caso a optimização da eficiência do uso da água poderá ser de grande importância, que maximiza a produtividade da cultura (Cock, Porto & El-Sharkawy, 1985).

Com objectivo de comparar a sensibilidade da mandioca e outras 7

espécies de clima quente a umidade do ar, EL-Sharkawy, Cock & Held (1984), mediram trocas de CO_2 e H_2O , num largo intervalo de DPV's da conductância difusiva da folha (1.0 à 4.0 KPa). Em todas as espécies com a exceção de *Adropogon gayanus* Kunth a conductância foliar mostrou uma redução com o aumento de DPV. O grau de sensibilidade dos estomas diminuiu segundo a ordem *Manihot esculenta* Crantz > *Macroptilium atropurpureum* (DC) Urb, *Amaranthus retroflexus* L., *Eucalyptus deglupta* Blume, *Phaseolus vulgaris* L. > *Sorghum bicolor* (L) Moench, *Oryza sativa* L. > *Adropogon gayanus*. A grande sensibilidade em mandioca foi associada com reduções na transpiração e potencial foliar (Q_L) estável a largo DPV. Valores calculados de eficiência de uso de água na planta mostraram um alto aumento neste parâmetro nas plantas de mandioca, quando comparadas com outras espécies C₃ estudadas no experimento (*Phaseolus vulgaris* L., *Oryza sativa*, *Eucalyptus deglupta* e *Macroptilium atropurpureum*). A eficiência do uso da água em espécies C₃ estudadas (*Sorghum bicolor*., *Amaranthus retroflexus* e *Adropogon gayanus*) foi mais alto do que em espécies C₃, principalmente mais impostos por suas altas taxas de fotossíntese do que para uma alta transpiração (El-Sharkawy, Cock & Held, 1984).

Mudanças no potencial (Q) causadas por deficiência de água na mandioca são reportadas como sendo mínimas (Connor, Cock & Parra, 1981), e a sensibilidade do aparato estomatal na redução do efeito da deficiência hídrica é também alto, com significantes efeitos na fotossíntese, transpiração e na eficiência do uso da água (Connor & Palta, 1981; El-Sharkawy, Cock & Held, 1984). É importante notar que sob condições de "stress" hídrico a planta de mandioca pode manter o seu crescimento e foi reportado que, depois de um período de recuperação que segue ao de "stress" hídrico, a produção das raízes de reserva foi beneficiado pelo "stress" como resultado da mudança no padrão de partição de matéria seca (Connor & Palta, 1981).

Em ensaios realizados na estufa e no campo, Baker, Fukai e Wilson

(1989), demonstraram que a alocação de matéria seca para órgãos subterrâneos é pouco alterada pelo suprimento de água. Resultados obtidos por Connor et. al.(1981) no CIAT, citados por Baker, Fukai e Wilson (1989), indicam que o "stress" hídrico induz permanente aumento de matéria seca para as raízes de reserva e uma redução do potencial de crescimento dos topos, reduzindo a capacidade de acumulação dos topos principalmente nas cultivares vigorosas.

Segundo Porto (1994), a deficiência hídrica afecta a anatomia da folha de mandioca, contribuindo para o incremento da espessura das folhas formadas. O incremento da espessura das folhas foi resultante de um aumento da camada paliçádica do mesófilo foliar, com pequenos efeitos na espessura da cutícula e epiderme. O aumento da espessura da folha tem sido reportado como uma característica que aumenta a resistência em xerófitas e pode ser importante para a mandioca crescer em condições de seca. Diferenças varietais foram encontradas.

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

- * 120 sacos plásticos de cor preto de 1m*0.6m de tamanho
- * Solo
- * Cascalho
- * Estacas de mandioca de 20 cm de comprimento (20 estacas por cultivar)
- * Regador
- * Régua graduada de madeira de 2 m de comprimento
- * Régua graduada plástica transparente de 30 cm de comprimento
- * Etiquetas
- * Marcador permanente
- * Cartuchos de 1kg de conteúdo
- * Estacas de 10 cultivares de mandioca provenientes da Estação Agronómica de Umbeluzi utilizadas no ensaio de rendimento pelo INIA (Tabla 3).

Tabela 3. Características das cultivares.

Cultivares	Ano de introdução	Ciclo (meses)	Sabor	Origem
Fernando Pó		12	D	local (Norte)
Precoce D'Angola	**	12	A	Angola
Munhaça		12/18	D	local(Sul)
Macia 1		12	D	Seleccção local*
Macia 2		12	D	Seleccção local*
Gangassol	**	18	A	Angola
H-58	**	12	A	Madagascar
TMS 30001	1986	12	MD	IITA
TMS 30395	1986	12	MD	IITA
TMS 42025	1986	12	MD	IITA

Legenda: A - Amarga D - Doce MD - Moderadamente doce
 * Programa de melhoramento no Sul de Moçambique
 ** Antes de 1986

3.2 MÉTODOS

3.2.1 LOCAL DO ENSAIO

O ensaio foi conduzido no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane situado na cidade de Maputo, a 60 metros acima do nível do mar, latitude 25° 58' Sul e o de longitude 32° 35' Este.

3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As unidades experimentais consistiram de sacos plástico contendo solo (Anexo 3) resultante de uma mistura de um solo retirado da camada superficial debaixo das mangueiras na Estação Agrícola de Umbeluzi com um solo arenoso retirado no local onde se fez o ensaio. Foi utilizado o delineamento completamente casualizado (DCC) com 20 tratamentos (combinação de 10 cultivares e dois níveis de água nos sacos) com 5 repetições, (Anexo 1).

3.2.3. CONDUÇÃO E PRÁTICAS CULTURAIS

Enchimento dos sacos: Foi colocada na base interior dos sacos uma camada de 10 cm de cascalho para evitar que o solo no interior dos sacos entra-se em contacto com o solo fora dos sacos através dos furos de drenagem na base dos sacos, prevenindo o efeito de capilaridade entre o solo exterior e dos sacos não irrigados e garantias de uma óptima drenagem nos sacos irrigados.

Plantação de estacas : A plantação foi feita posicionando-se a estaca na vertical, enterrando-se 2/3 do comprimento total no solo. Duas estacas foram plantadas por vaso para a prevenção de falhas na brotação. Após 15 dias da data da plantação, fez-se o desbaste, deixando uma planta por vaso.

A plantação foi feita no dia 29 de Dezembro de 1994 e a colheita no

dia 11 de Maio de 1995. Nas primeiras 6 semanas todas as plantas receberam água para o seu estabelecimento. Depois deste período (tempo igual a zero para as medições) metade dos sacos passaram não ser irrigados e passados 3 dias foram cobertos com plástico preto para evitar a entrada de água de chuva e criando-se assim um ambiente de seca no solo dos sacos nas semanas posteriores. Os restantes sacos continuaram a receber água regularmente. A água era fornecida até a capacidade de campo aproximadamente. O intervalo de 3 dias, a partir do dia que se deixou de irrigar até a cobertura com plástico, tinham como finalidade permitir a evaporação da humidade superficial do solo nos vasos.

A duração dos tratamentos foi de 10 semanas após o período de estabelecimento. Durante este período várias medições foram efectuadas.

O controlo de infestantes foi realizado sempre que necessário e as plantas foram pulverizadas uma vez com Dimethoato 400g/l em todas unidades experimentais, quando apareceram sinais de ataque de cochonilha (*Phenacoccus manihot*) na oitava semana de tratamento. Durante o ensaio apareciam esporadicamente gafanhotos-elegante (*Zonocerus elegans*).

3.2.4. MEDIÇÕES E OBSERVAÇÕES

Altura da planta: A altura da planta foi medida a partir da superfície do solo (nos sacos), à altura geral da canópia da planta a intervalos semanais.

Formação de folhas e longevidade foliar: A contagem de folhas por ápice foi feita prendendo semanalmente uma etiqueta em cada folha formada medindo aproximadamente 1 cm de comprimento. Nesta etiqueta foi assinalado o número da planta e a data de fixação. A colecção de etiquetas de folhas caídas foi feita à intervalos de dois dias depois do início da queda de folhas etiquetadas, permitindo a

análise da longevidade das folhas formadas no período de tratamento.

Comprimento do lóbulo central: Para cada folha etiquetada, foi medido semanalmente o comprimento do lóbulo central, terminando quando a folha deixava de crescer.

Queda de folhas: A queda de folhas foi estimada pela contagem directa de nós sem folhas semanalmente.

Durante o ensaio foram avaliadas as datas da 1ª ramificação.

Na colheita foram avaliadas as seguintes variáveis:

- * Número de ápices formados por planta.

- * **Peso fresco de folhas, caule, estacas, raízes de reserva e raízes absorventes:** Para cada planta rasgou-se o vaso e o solo foi removido com jacto de água por meio de uma mangueira de modo a não danificar as raízes. As plantas foram separadas em folhas, caule, estacas, raízes de reserva e raízes absorventes, colocadas em cartuchos (um cartucho por cada órgão) e pesadas.

- * **Peso seco:** Para a determinação dos pesos secos tirou-se para cada órgão, uma amostra de peso determinado (não mais de 300g), a qual foi posta na estufa à temperatura de 70°-80°C (Veltkamp, 1985) até peso constante.

- * **Número de raízes de reserva por planta.** Considerou-se como raiz de reserva todas as raízes medindo mais do que 1 cm de diâmetro (Veltkamp, 1985).

Os pesos secos totais para cada órgão de cada planta foram calculados utilizando a seguinte fórmula:

$$PST'_x = \frac{PSA_x}{PFA_x} * PFT'_x$$

onde: PST= Peso seco total

PSA = Peso seco da amostra

PFA = Peso fresco da amostra

PFT = Peso fresco total

x = Órgão (folhas, caule, estaca, raízes de reserva, raízes absorventes).

A distribuição da matéria seca nos diferentes órgãos da planta foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$\%MS_x = \frac{PS_x}{PST} * 100$$

onde: %MS= Percentagem de matéria seca

PST= Peso seco total da planta

PS_x= Peso seco do órgão (folhas, caule, estaca, raízes de reserva e raízes absorventes).

Percentagem de redução (R(%)): Esta percentagem foi calculada considerando as plantas irrigadas como sendo controlo (100%), através da seguinte fórmula:

$$R(\%) = \frac{PCr_x - PSr_x}{PCr_x} * 100$$

onde PCr = planta com rega;

PSr = planta sem rega

x = órgão da planta

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram processados utilizando-se o pacote estatístico MSTATC. Fez-se o teste de homogeneidade dos dados. Sendo as variâncias heterogêneas para o número de folhas formadas e caídas e de distribuição da matéria seca, os dados destas variáveis foram transformados segundo a fórmula $(Y + 0.5)^{1/2}$ para o número de folhas formadas e caídas e $\arcsen(Y/100)^{1/2}$ para distribuição da matéria seca. Depois efectuou-se a análise de variância. O modelo de análise de variância está apresentado na Tabela 4.

Nos casos onde houve diferenças significativas para a interacção (cultivares X água) pelo teste de F, efectuou-se o teste de diferenças mínimas significativas (DMS) para comparar as médias de plantas com e sem rega usando a probabilidade de 5%.

Explorando o facto do número de folhas formadas acumuladas e o crescimento em altura ao longo das 10 semanas de tratamento apresentarem uma tendência linear, usou-se os coeficientes de regressão (b) das equações de regressão ($Y = a + bX$) das rectas calculadas, como um parâmetro discriminativo, ajudando a comparar as plantas irrigadas com as não irrigadas.

Tabela 4. Modelo de análise de variância

Fonte	G.L	SQ	QME	F calculado	prob.
Factor A	9				
Factor B	1				
AB	9				
Erro	80				
Total	99				

Onde: G.L: graus de liberdade; SQ: soma dos quadrados;
 QME: quadrado médio do erro; Factor A: cultivares;
 Factor B: água AB: interacção (cultivares x água);

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento e desenvolvimento

4.1.1 Crescimento foliar.

O crescimento foliar é dado pelo comprimento do lóbulo central ao longo das semanas de tratamento. Os resultados da análise de variância para o crescimento do lóbulo central das folhas formadas semanalmente ao longo das 10 semanas de tratamento estão apresentados na Tabela 5. O efeito do factor água no comprimento final do lóbulo central foi significativo e diferenças varietais significativas foram encontradas. A interacção foi significativa para folhas formadas em algumas semanas como é o caso das folhas formadas nas semanas 0, 5, 6, 7, 9 e 10.

A Tabela 6 mostra o comprimento final do lóbulo central das folhas formadas na semana 0 à 6 de tratamento, atingido durante 4 semanas de crescimento. Cada curva apresentada nas figuras 1 e 2 representa o comportamento de folhas formadas em diferentes semanas do período experimental. O comprimento do lóbulo central das folhas formadas da semana 1 à 10 de tratamento para as dez cultivares é reduzido pela deficiência hídrica, sendo a diferença em relação às plantas irrigadas aumentada a medida que o "stress" hídrico é mais severo, com a excepção da cultivares Macia 1 e Gangassol (Figura 2cd; ef) que, aparentemente, mostram o mesmo tamanho final, sem e com deficiência hídrica. A redução do tamanho das folhas devido a deficiência hídrica foi reportada por muitos autores como por exemplo, Connor & Cock (1981) e Porto (1983).

O grau de redução do tamanho final e da taxa de crescimento inicial das folhas como resultado da deficiência hídrica é uma característica varietal. Reduções mais drásticas foram observadas nas cultivares Fernando Pó, Precoce D'Angola, TMS 30001 e TMS

42025, enquanto as cultivares Macia 1, Gangassol, Macia 2 e Munhaça mostraram pouca sensibilidade a deficiência hídrica. O tamanho final das folhas formadas na semana 1 foi maior com deficiência hídrica para as cultivares TMS 30395 e Munhaça (Figura 2b e 2j, respectivamente) e as folhas formadas na semana 3 e 4 da cv. Macia 1 (Figura 2d). É importante salientar, durante as primeiras semanas de tratamento, as diferenças em termos de disponibilidade hídrica são menores quando comparadas com as semanas posteriores.

A redução da taxa de crescimento inicial é maior a medida que o "stress" se torna mais severo, com maior evidência a partir da semana 7 de tratamento, com exceção das cultivares H-58, Macia 1 e Gangassol. Estas cultivares possivelmente não apresentaram mudanças na capacidade fotossintética e possivelmente podem apresentar menores reduções na biomassa total, porque segundo Brown (1984) a taxa de aumento da área foliar aumenta a capacidade fotossintética da planta. As cultivares que sofreram reduções nas taxas de crescimento foliar tiveram, conseqüentemente, maiores reduções na biomassa total. A redução nas taxas de crescimento e do comprimento final do lóbulo central nas plantas sujeitas a deficiência hídrica deve-se provavelmente à redução na turgescência que causa redução no alargamento das células (Kramer, 1969). Esta redução resulta na diminuição da área foliar e conseqüentemente na área efectiva para a realização da fotossíntese, uma vez que a superfície foliar é responsável pela intercepção da luz e absorção de CO_2 .

O tamanho final e taxas de crescimento inicial das folhas formadas ao longo do tratamento para as plantas irrigadas varia ligeiramente. A redução que se verifica ao longo do tempo, tanto em plantas com e sem rega é devida a idade da planta.

A redução do tamanho final das folhas das plantas com falta de água pode ser considerada como um recurso pelo qual a mandioca reduz a

perda de água por transpiração (EL-Sharkawy & Cock, 1987; Porto, 1994), contudo o seu aspecto negativo é a redução da área total disponível para a realização da fotossíntese e acumulação de fotossintatos pela planta (Porto, 1994).

A figura das paginas 30 e 31 ilustra o crescimento do lóbulo central para folhas formadas nas dez semanas de tratamento. Como se pode ver, o efeito da deficiência hídrica foi marcante nas últimas semanas de tratamento para algumas cultivares chegando ao ponto de parar o crescimento.

Tabela 5. Resultados da análise de variância para crescimento do lóbulo central ao longo de 4 semanas de tratamento.

Folha formada na:	Tempo de medição	Cultivares	Água	Interacção	Cv(%)
Semana 0	Semana 0	ns	ns	ns	15.44
	Semana 1	**	ns	*	24.53
	Semana 2	**	**	**	17.07
	Semana 3	**	**	**	16.10
	Semana 4	**	**	**	15.66
Semana 1	Semana 1	ns	ns	ns	14.42
	Semana 2	**	**	**	28.80
	Semana 3	**	**	ns	24.72
	Semana 4	**	**	ns	18.71
	Semana 5	**	**	ns	18.36
Semana 2	Semana 2	*	*	ns	13.63
	Semana 3	**	**	ns	34.50
	Semana 4	**	**	ns	29.06
	Semana 5	**	**	ns	23.95
	Semana 6	**	**	ns	22.27
Semana 3	Semana 3	**	**	ns	15.33
	Semana 4	**	**	ns	31.42
	Semana 5	**	**	ns	25.84
	Semana 6	**	**	ns	21.07
	Semana 7	**	**	ns	18.68
Semana 4	Semana 4	*	ns	ns	12.89
	Semana 5	**	**	ns	32.31
	Semana 6	**	**	ns	28.36
	Semana 7	**	**	ns	21.29
	Semana 8	**	**	ns	20.62
Semana 5	Semana 5	ns	ns	ns	19.94
	Semana 6	**	**	ns	30.77
	Semana 7	**	**	ns	21.81
	Semana 8	**	**	**	17.51
	Semana 9	**	**	**	17.19
Semana 6	Semana 6	ns	ns	ns	14.65
	Semana 7	**	ns	ns	28.01
	Semana 8	**	**	ns	26.14
	Semana 9	**	**	ns	21.96
	Semana 10	**	**	**	20.79
Semana 7	Semana 7	ns	ns	ns	17.53
	Semana 8	**	**	ns	30.94
	Semana 9	**	**	ns	40.41
	Semana 10	**	**	*	37.51

Continuação da tabela 5

Semana 8	Semana 8	ns	ns	ns	93.00
	Semana 9	**	**	ns	40.56
	Semana 10	**	**	ns	54.83
Semana 9	Semana 9	**	**	**	15.48
	Semana 10	**	**	**	34.54
Semana 10	Semana 10	**	**	**	35.48

Legenda:

Cv - Coeficiente de variação

ns - não significativo

* - Significativo (a nível de 5%)

** - Significativo (a nível de 1%)

Tabela 6. Comprimento final do lóbulo central para folhas formadas na semana 0 à 6 de tratamento.

Cultivares	Semana 0			Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5			Semana 6		
	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)
Fernando Pó	14.7	9.7	34.0	15.3	11.2	26.8	15.5	11.3	27.1	13.6	10.8	20.5	14.8	9.5	35.8	15.6	7.1	54.5	12.0	4.7	60.8
Precoce D'Angola	15.9	12.6	20.7	17.8	13.0	27.0	18.9	12.9	31.7	16.5	12.3	20.0	15.8	11.6	26.6	15.6	15.1	3.2	13.2	10.4	21.2
TMS 30001	14.2	12.7	10.6	15.0	12.8	14.7	16.1	13.6	15.5	15.1	12.2	19.2	15.7	11.4	27.4	15.2	12.0	20.3	10.9	7.6	30.3
H-58	21.1	14.6	30.9	22.6	15.5	31.4	19.8	19.0	4.0	18.2	19.2	-5.5	20.2	17.7	12.4	19.5	17.8	8.7	15.1	13.9	7.9
TMS 30395	14.8	16.4	-10.8	16.8	14.8	11.9	17.8	13.8	22.5	17.5	15.1	13.7	16.1	14.7	8.7	15.6	12.7	18.6	14.0	11.1	20.7
Nacia 1	14.9	12.9	13.4	17.3	14.6	15.6	17.9	17.1	4.5	14.0	14.9	-6.4	13.3	14.0	-5.3	14.3	11.9	16.8	13.3	11.8	11.3
TMS 42025	16.0	11.5	28.1	19.9	13.3	33.1	20.1	14.1	29.9	18.1	14.2	21.5	14.3	14.5	-1.4	16.6	12.9	24.1	14.1	9.8	29.8
Gangassol	17.9	14.5	19.0	19.8	17.5	9.6	20.8	20.0	4.0	20.2	20.2	0	18.3	20.7	-13.1	16.4	16.8	2.4	15.7	14.4	8.3
Nacia 2	11.8	10.1	14.4	11.4	9.1	20.2	12.0	11.4	5.0	12.8	9.8	23.4	11.5	10.9	5.2	8.0	7.8	2.5	8.5	6.4	24.7
Munhaça	11.6	14.4	24.1	12.5	10.5	16.0	12.4	13.5	-8.9	10.8	12.0	-11.1	12.5	11.1	11.1	10.9	10.2	6.4	9.6	8.2	14.6

Legenda: PCr = Planta com rega

PSr = Planta sem rega

R = Redução

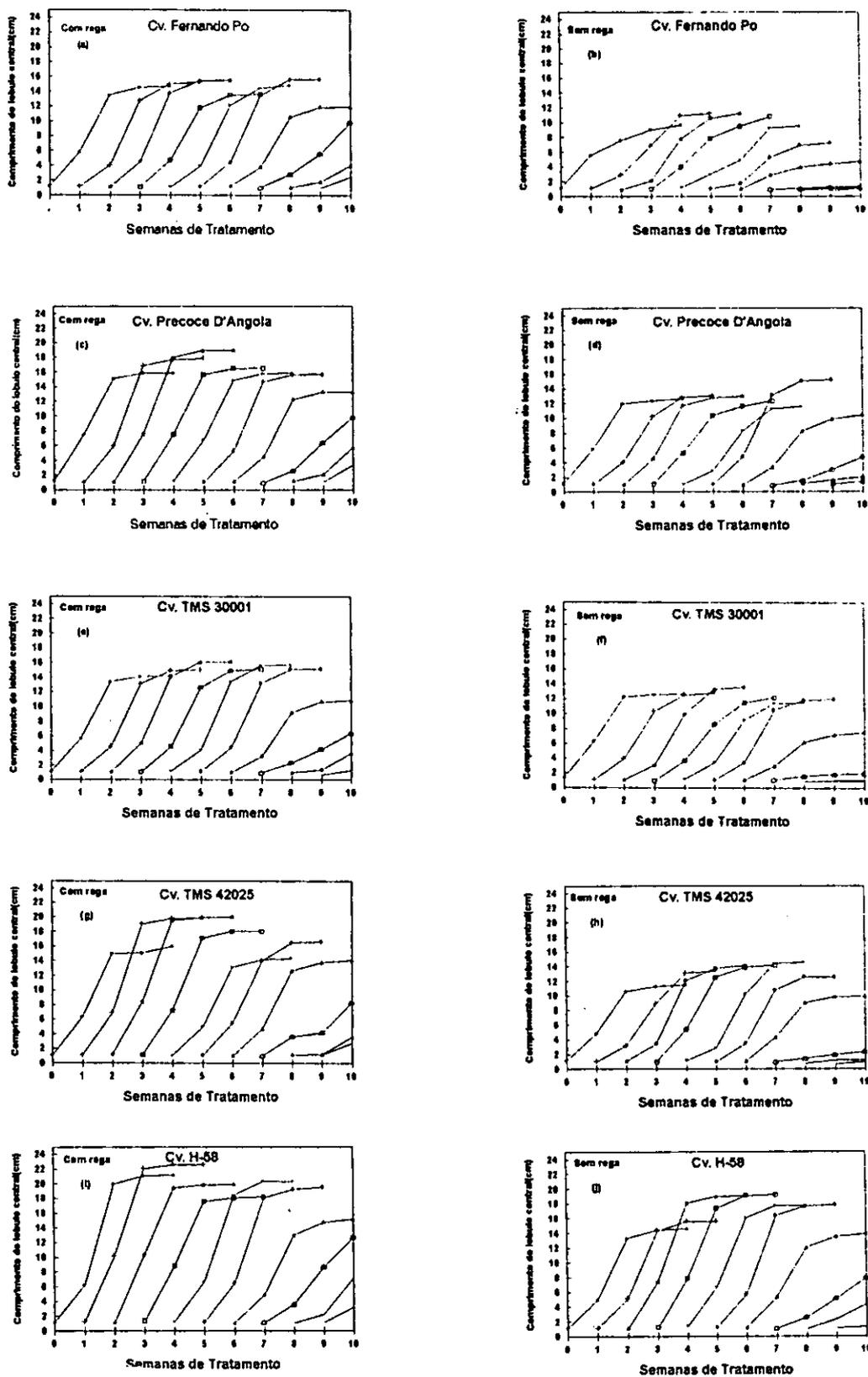


Figura 1. Crescimento do lóbulo central de folhas formadas ao longo das semanas de tratamento.

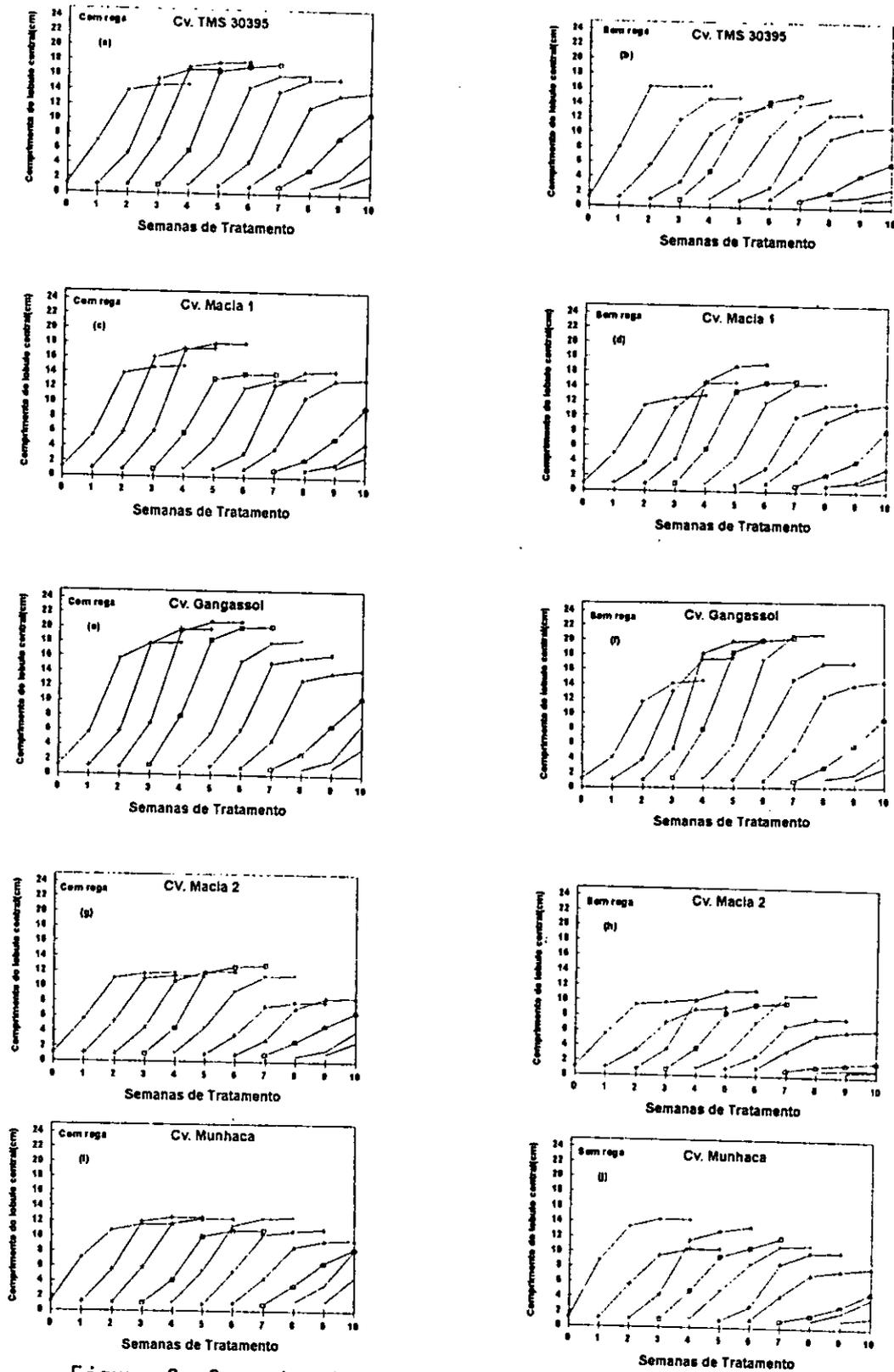


Figura 2. Crescimento do lóbulo central de folhas formadas ao longo das semanas de tratamento.

4.1.2 Formação de folhas

O número acumulado de folhas formadas durante as semanas de tratamento é reduzido em plantas com deficiência hídrica (Figura 3a,e,g,i e figura 4a,c,e,g,i). Resultados idênticos foram encontrados por Connor & Cock, 1981, trabalhando com as cultivares M Col 22 e M Mex 59, na Colombia. A cv. Precoce D'Angola apresentou maior número de folhas formadas em plantas sujeitas a deficiência hídrica até a semana 9 de tratamento (Figura 3c).

O grau de redução é uma característica varietal, existindo cultivares que são mais sensíveis. Os resultados de análise de variância apresentados na Tabela 7 mostram que o efeito do factor água começa a ser significativo na 3ª semana de tratamento; a interacção não foi significativa.

As cultivares Precoce D'Angola, Gangassol e Macia 2 (Figura 3c,4eh respectivamente), que formaram poucas folhas no período de tratamento, mostraram pouca diferença no número de folhas formadas entre plantas irrigadas e não irrigadas, enquanto as restantes cultivares tornaram evidente a redução de número de folhas formadas como resultado da deficiência hídrica.

A Tabela 9 mostra o número total de folhas formadas durante as 10 semanas de tratamento em planta submetidas ou não a deficiência hídrica e a percentagem de redução do número de folhas formadas em plantas com deficiência hídrica em relação as plantas irrigadas. Os resultados apresentados mostram uma clara redução do número de folhas formadas como resultado da deficiência hídrica.

A redução na formação de folhas é uma estratégia que a planta adopta como forma de diminuir a superfície transpiratória, evitando grande perda de água (El-Sharkawy & Cock, 1987). Contudo, a produção de poucas folhas, nas plantas que estavam sob deficiência hídrica, fez com que o crescimento do topo e das

raízes de reserva fosse reduzido.

Tabela 7. Resultados da análise de variância para número de folhas formadas ao longo das semanas de tratamento. (Dados tranformados com $(Y + 0.5)^{1/2}$).

Tempo de observação	Cultivares	Água	interacção	Cv(%)
Semana 1	*	ns	ns	42.28
Semana 2	*	ns	ns	19.98
Semana 3	**	*	ns	20.88
Semana 4	**	**	ns	20.22
Semana 5	**	**	ns	20.57
Semana 6	**	**	ns	20.45
Semana 7	**	**	ns	20.60
Semana 8	**	**	ns	20.57
Semana 9	**	**	ns	21.61
Semana 10	**	**	ns	21.26

Legenda ver na página 34

4.1.3 Queda de folhas

Os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 8 mostram que o efeito do factor água foi significativo na queda de folhas, diferenças varietais foram encontradas a partir da semana 5; a interacção foi significativa a partir da 6ª semana de tratamento.

O número de folhas caídas durante as semanas de tratamento foi maior em plantas com deficiência hídrica. Este resultado está de acordo com os reportados por Connor e Cock (1981) que trabalharam com outras cultivares de mandioca, nomeadamente M Col 22 e M Mex 59 na Colombia. A queda prematura de folhas afectou a produção da biomassa total, pela redução da área da fotossíntese e consequentemente, da matéria seca produzida pela perda directa da matéria seca colhita. A queda de folhas aumentou à medida que o "stress" se tornava mais severo (Figura 3b,d,f,h,j e figura 4b,d,f,h,j).

O teste de DMS ao longo das semanas de tratamento (resultado não mostrado) revelou que as cultivares Macia 1, Gangassol e TMS 42025 não mostraram diferenças significativas no número de folhas

caídas entre plantas sem e com deficiência hídrica até o final do experimento. A cv. Macia 1 teve um maior número de folhas caídas em plantas irrigadas nas semanas 7 à 9 de tratamento, não sendo portanto estatisticamente diferente do número de folhas caídas em plantas submetidas a "stress" hídrico. As restantes cultivares tornaram evidente a queda de folhas com o "stress" hídrico. A época em que a queda de folhas começa a ser significativa depende da cultivar sendo a partir da 4ª semana de tratamento para as cultivares Fernando Pó, Precoce D'Angola e Munhaça, 6ª semana para a cv. Macia 2, 9ª para a cv. TMS 30001.

A Tabela 9 mostra o número total de folhas caídas durante as 10 semanas de tratamento em plantas submetidas ou não a deficiência hídrica e a percentagem do aumento de folhas caídas em planta sob deficiência hídrica em relação as plantas irrigadas. Os resultados mostram que as plantas das cultivares Macia 1, TMS 42025, e Gangassol que estavam sob deficiência hídrica não apresentaram diferenças significativas no número de folhas caídas em relação as plantas irrigadas. As restantes cultivares tiveram queda significativa de folhas.

Comparando o número de folhas formadas e caídas com e sem deficiência hídrica nas semanas de tratamento (Figura 3 e 4) pode-se ver que o número de folhas formadas sempre foi maior que o de folhas caídas em todas as cultivares. Estes resultados eram esperados visto que, resultados obtidos por Porto (1983), trabalhando com a cultivar M Col 1684, mostraram que a queda de folhas em plantas submetidas a deficiência hídrica foi particularmente evidente em plantas com mais de 6 meses de idade.

Tabela 8. Resultados da análise de variância para folhas caídas ao longo das semanas de tratamento para (Dados transformados com $(Y + 0.5)^{1/2}$).

Tempo de observação	Cultivares	Água	interacção	Cv(%)
Semana 4	*	**	ns	39.09
Semana 5	**	**	**	33.47
Semana 6	**	**	**	25.86
Semana 7	**	**	**	21.34
Semana 8	**	**	**	18.81
Semana 9	**	**	**	16.17
Semana 10	**	**	**	17.89

Legenda ver na pagina 34.

Tabela 9. Número de folhas formadas e caídas durante as 10 semanas de tratamento.

Cultivar	Folhas formadas*			folhas caídas		
	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)
Macia 1	264.2	134.6	49.1	16.4 a	17.0 a	-3.7
Gangassol	112.2	97.6	13.0	11.4 a	16.4 a	-43.9
TMS 42025	158.6	98.2	38.1	13.6 a	20.6 a	-51.5
TMS 30395	210.8	100.4	52.4	9.0 a	15.6 b	-73.0
H-58	265.2	110.8	58.2	20.0 a	37.0 b	-85.0
Precoce D'Angola	83.0	81.4	1.9	9.6 a	25.8 b	-168.8
Macia 2	89.8	66.4	26.1	9.4 a	27.8 b	-195.7
Fernando Pó	109.8	53.6	51.2	10.4 a	31.4 b	-201.9
TMS 30001	141.4	68.6	51.5	5.0 a	19.2 b	-284.0
Munhaça	127.6	68.8	46.1	11.6 a	45.4 b	-291.3
Média	156.3	88.0	43.7	11.7	25.6	-118.8

* Teste F: Interacção (cultivares x água) não significativo.

Valores na mesma linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, segundo o teste de DMS ($P=0.05$).

PCr =Planta com rega

PSr =Planta sem rega

R = Redução

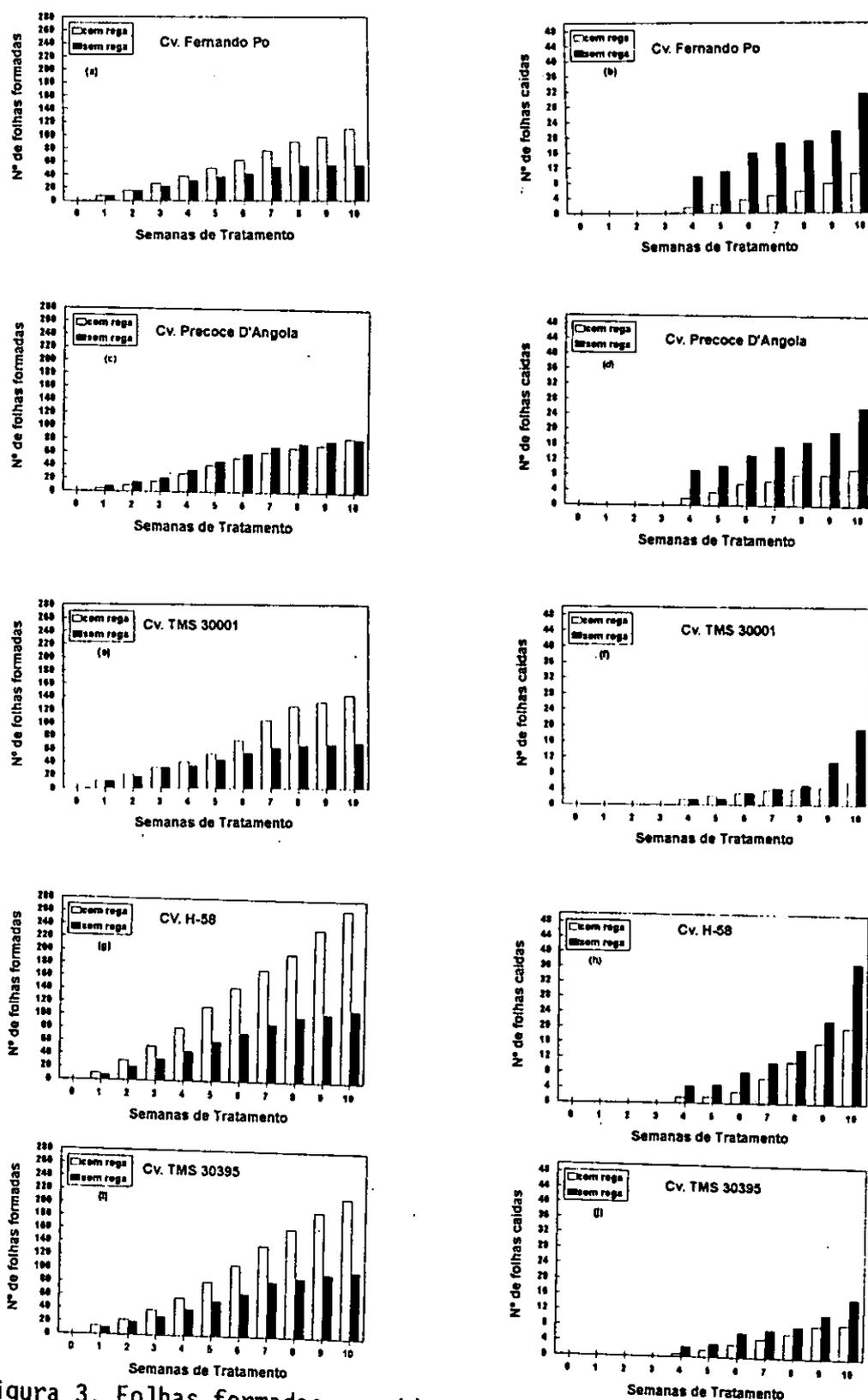


Figura 3. Folhas formadas e caídas (acumuladas) por planta a partir da 2ª e 4ª semana de tratamento respectivamente.

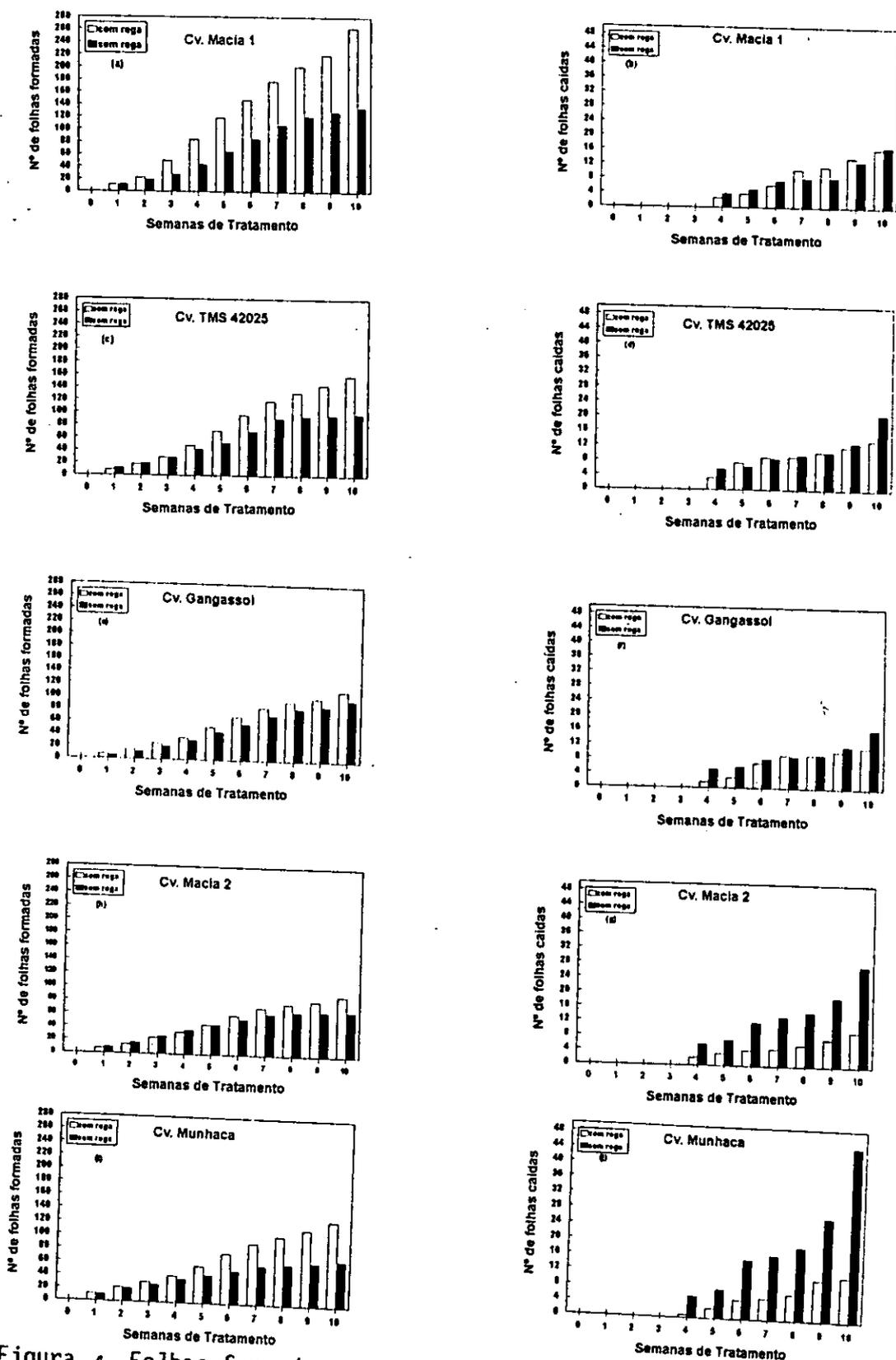


Figura 4. Folhas formadas e caídas (acumuladas) por planta a partir da 2ª e 4ª semana de tratamento respectivamente.

4.1.4 Longevidade foliar

Os dados obtidos neste ensaio foram insuficientes para avaliar esta variável e tirar conclusões exactas. Mas de uma forma geral pode-se ver na Tabela 10 que a longevidade foliar foi reduzida em plantas que estavam sob deficiência hídrica e a redução foi acentuada à medida que a deficiência hídrica se tornava severa.

Em trabalhos anteriores realizados na Colombia, em 1979, utilizando duas cultivares, M Col 22 e M Mex 59, reportados por Connor & Cock (1981), verificou-se que plantas em "stress" hídrico apresentaram maior longevidade foliar principalmente na cultivar vigorosa, M Mex 59. Este resultado sugere que a longevidade foliar depende da cultivar, podendo-se encontrar cultivares que apresentam maior longevidade e outras menor longevidade foliar nas plantas com deficiência hídrica quando comparadas com plantas irrigadas.

Tabela 10. Longevidade foliar (dias)

Cultivares	Data da colocação da etiqueta							
	12/02		19/02		26/02		02/03	
	PCr	PSr	PCR	PSr	PCr	PSr	PCr	PSr
Fernando Pó	>88 ^{***}	77	>81	70 [*]	>74	>74	>67	>67
Precoce D'Angola	>88	68	>81	>81	>74	>74	>67	>67
TMS 30001	>88	67	>81	60	>74	53	>67	>67
H-58	>88	67	>81	63	>74	56	>67	>67
TMS 30395	>88	>88	>81	66 ^{**}	>74	>74	>67	>67
Macia 1	>88	73	>81	63	>74	>74	>67	>67
TMS 42025	>88	>88	>81	>81	>74	>74	>67	>67
Gangassol	>88	71	>81	60	>74	58	>67	45
Macia 2	>88	73	>81	68	>74	>74	>67	>67
Munhaça	>88	68	>81	65	>74	51	>67	46

^{*}> - média de 3 plantas

^{**}> - média de 2 plantas

^{***}> - até a data da colheita, haviam passados aqueles dias e as folhas etiquetadas não haviam caído.

4.1.5 Crescimento em altura

O crescimento na altura é usualmente a mudança mais óbvia no crescimento da planta. A altura foi menor em todas plantas submetidas a "stress" hídrico (Tabela 12). A redução foi proporcional em relação as plantas irrigadas e influenciada pela cultivar (Figura 5).

O efeito do factor água foi significativo, diferenças varietais significativas foram encontradas e a interacção não foi significativa (Tabela 11).

Todas as cultivares mostraram uma redução da altura de plantas sob deficiência hídrica logo na primeira semana de tratamento, com excepção das cultivares Munhaça e TMS 30395, as quais mostraram reduções a partir da 2ª e 3ª semana de tratamento respectivamente (Figura 5).

Por de trás da redução do crescimento em altura das plantas sob "stress" hídrico, para além de outros factores, está provavelmente a redução da turgescência das células devido a falta de água e, conseqüentemente a redução do seu alargamento.

As Cultivares Gangassol, Macia 1 Macia 2, H-58 e TMS 30395 tiveram uma menor redução na altura de plantas (Tabela 12) e a diferença se manteve quase constante até o final do período experimental, o que difere das outras cultivares, cujas diferenças aumentaram a medida que o "stress" se tornava mais severo (Figura 5).

Baseando-se em Kramer (1969), a redução do crescimento e a maior queda de folhas verificadas em plantas sob deficiência hídrica deve-se provavelmente, entre outros factores, a redução na síntese de reguladores de crescimento tais como citoquinas e giberlinas nas raízes.

Tabela 11. Resultados da análise de variância para o crescimento em altura.

Tempo de observação	Cultivares	Água	Interacção	Cv(%)
Semana 0	**	ns	ns	14.71
Semana 1	**	**	ns	12.48
Semana 2	**	**	ns	12.78
Semana 3	**	**	ns	13.29
Semana 4	ns	**	ns	13.91
Semana 5	*	**	ns	14.22
Semana 6	*	**	ns	15.50
Semana 7	*	**	ns	15.16
Semana 8	*	**	ns	15.36
Semana 9	**	**	ns	15.06
Semana 10	*	**	ns	15.47

Legenda ver na pagina 34.

Tabela 12. Altura final(cm) de 10 cultivares de mandioca após 10 semanas de tratamento.

Cultivar	Altura*		
	PCr	PSr	R(%)
Gangassol	99.0	92.0	7.1
Macia 1	92.4	84.2	8.9
Macia 2	89.6	78.8	12.1
H-58	93.0	81.0	12.9
TMS 30395	88.4	75.8	14.3
Precoce D'Angola	95.2	72.2	24.2
Munhaça	91.2	68.2	25.2
TMS 30001	92.0	65.4	28.9
TMS 42025	110.4	77.6	29.7
Fernando Pó	88.6	62.2	29.8
Média	94.0	75.8	19.4

* Teste F: Interacção (cultivares x água) não significativo.

Como as medições do número de folhas formadas e a altura de plantas ao longo das semanas de tratamento, mostraram uma tendência linear, Usaram-se as inclinações das rectas das equações de regressão para as plantas irrigadas e não irrigadas como um parametro discriminativo. Aqui as inclinações das equações de regressão ($Y = a + bX$) são dadas pelos seus respectivos coeficientes de regressão (b). De observar que maior coeficiente significa maior formação de folhas ou maior crescimento em altura e menor coeficiente menor formação de

folhas ou menor crescimento em altura. Os resultados apresentados na Tabela 13 apontam para uma menor inclinação nas plantas não irrigadas para ambas variáveis, com a exceção da cv. precoce D'Angola que apresentou maior inclinação para as folhas formadas. As cultivares Gangassol e Macia 2, em condições não irrigadas apresentaram menor redução nos seus respectivos coeficientes de regressão para ambos, Formação de folhas e crescimento em altura e a cultivar Macia 1 e H-58 apenas para crescimento em altura, enquanto as restantes cultivares apresentaram maiores reduções para ambas variáveis.

Tabela 13. Coeficientes de regressão (*b*) das equações de recta ($Y = a + bX$) calculadas para número de folhas formadas e altura 10 semanas de tratamento de 10 cultivares de mandioca submetidas ou não a deficiência hídrica.

Cultivares	Folhas formadas			altura		
	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)
Precoce D'Angola	8.8	9.1	-3.4	6.2	4.0	35.5
Gangassol	12.0	10.5	12.5	7.1	6.6	7.0
Macia 2	9.6	7.2	25.0	5.2	4.1	21.2
TMS 42025	17.2	11.9	30.8	7.7	4.6	40.3
Macia 1	27.4	15.0	45.3	6.4	6.3	1.6
Fernando Pó	11.5	5.8	49.6	5.9	2.9	50.8
H-58	23.8	11.9	50.0	5.7	5.2	8.8
TMS 30001	15.3	7.4	51.6	6.3	4.2	33.3
TMS 30395	22.1	10.7	51.6	6.1	4.7	23.0
Munhaça	13.2	3.3	75.0	5.9	3.1	47.5

Legenda: PCr = Plantas com rega
 PSr = Plantas sem rega
 R = Redução

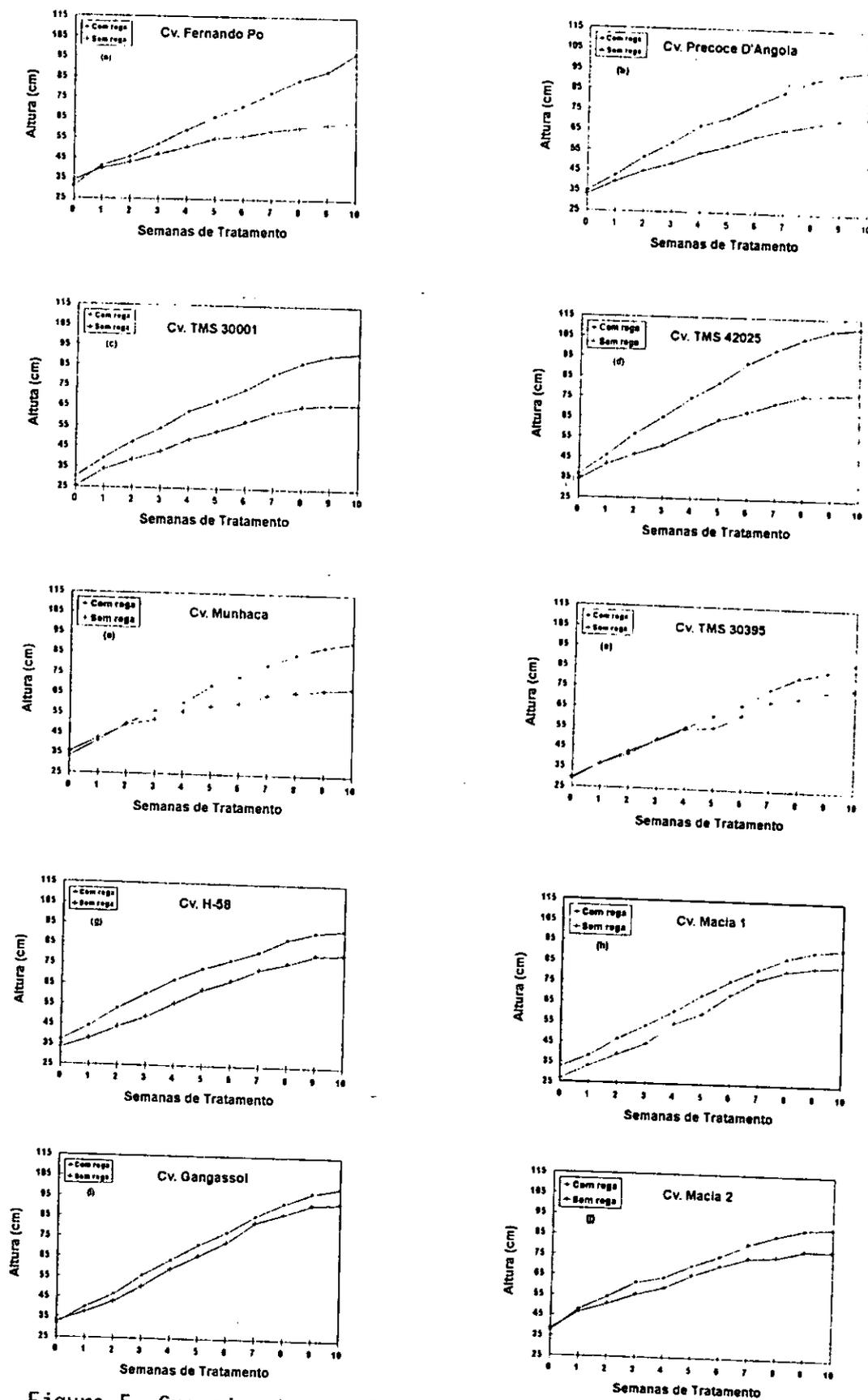


Figura 5. Crescimento em altura de plantas de 10 cultivares de mandioca a partir 6 sdp.

Os resultados da análise de variância revelaram a existência de diferenças varietais significativas, o factor água foi significativo. No entanto, a interacção não foi significativa para a data da primeira ramificação (Tabela 14).

Os resultados apresentados na Tabela 14 mostram que o período de tempo que a planta leva até a primeira ramificação depende da cultivar e que nem todas cultivares retardam a sua ramificação em situação de seca como é defendido por alguns autores como por exemplo Osiru (1990).

As plantas das cultivares TMS 30001, TMS 30395 e Gangassol ramificaram mais cedo com o "stress" hídrico. Nas restantes cultivares as plantas ramificaram mais tarde em plantas com deficiência hídrica.

Tabela 14. Data da primeira ramificação (ddp).*

Cultivar	PCr	PSr
Gangassol	81	77
TMS 30395	81	79
TMS 30001	77	76
TMS 42025	78	84
Precoce D'Angola	75	83
Macia 1	69	78
Macia 2	71	81
H-58	69	82
Munhaça	83	96
Fernando Pó	67	81
Média	75	82
Teste F: Factor A** Factor B** AB ^{ns}		

* Teste F: Interacção (cultivares x água) não significativo.

4.1.7 Ápices formados

Os resultados apresentados na Tabela 15 apontam a existência de um grupo de cultivares que não mostraram diferenças significativas no número de ápices formados por planta entre plantas irrigadas e não irrigadas. Neste grupo destacam-se a cultivar Gangassol que teve o mesmo número, e as cultivares Precoce D'Angola, Macia 2 e TMS 42025 que praticamente não mostraram diferenças no número de ápices formados em ambas situações. No caso das cultivares Macia 1, TMS 30395, H-58, e TMS 30001, o número de ápices formados em condições de falta de água foi estatisticamente diferente e menor quando comparados com as plantas irrigadas.

A média geral de redução foi de 47%. As cultivares Macia 1, TMS 30395, H-58, TMS 30001 e Fernando Pó apresentaram maiores reduções que a média geral. As cultivares com reduções acima da média geral foram as que apresentaram maior número de ápices formados em condições de rega (Tabela 15). De recordar que o número de ápices por planta é um dos factores que determina o número de folhas formadas.

Tabela 15. Número de ápices por planta (102 ddp).

Cultivar	PCr	PSr	Redução(%)
Gangassol	4.0 a	4.0 a	0.0
Precoce D'Angola	4.6 a	4.2 a	8.7
Macia 2	3.8 a	3.4 a	10.5
TMS 42025	7.4 a	6.6 a	10.8
Munhaça	5.2 a	4.4 a	15.4
Fernando Pó	8.0 a	4.4 a	45.0
Macia 1	17.0 a	7.0 b	58.8
TMS 30395	12.6 a	4.8 b	61.9
TMS 30001	9.0 a	3.3 b	63.3
H-58	12.2 a	4.0 b	67.2
Média	8.4	4.6	45.2
DMS = 4.1	Teste F: Factor A** Factor B**		AB**

Valores na mesma linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, segundo o teste de DMS (P=0.05)

4.2 Rendimentos e componentes do rendimento.

Os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 16 revelam a existência de diferenças significativas nos factores água e cultivar para o peso seco total (PST), peso seco da parte aérea (PSPA), peso seco do caule (PSC), peso seco das folhas (PSF), peso seco da estaca (PSE), peso seco das raízes de reserva (PSRR) e peso seco das raízes absorventes (PSRA). Os factores água e cultivares não tiveram efeito significativo no peso médio das raízes de reserva.

A interacção foi significativa para o PST, PSE, PSRR e PSRA; não foi significativa para PSPA (PSC + PSF) e o peso médio das raízes de reserva (Tabela 16).

Tabela 16. Resultados da análise de variância para rendimento e componentes do rendimento.

Variavel	Cultivar	Água	Interação	Cv(%)
Peso seco total	**	**	*	37.9
Peso seco da parte aérea	**	**	ns	50.6
Peso seco do caule	**	**	ns	51.0
Peso seco de folhas	**	**	ns	52.5
Peso seco de estaca	**	**	*	22.8
Peso seco de r.r	**	**	*	49.2
Peso seco de r.a	**	**	**	9.1
Número de r.r	**	**	**	28.8
Peso médio de r.r	ns	ns	ns	97.1

Legenda:

r.r = raízes de reserva

r.a = raízes absorventes

Cv = Coeficiente de variação

ns = não significativo

* = Significativo (a nível de 5%)

** = Significativo (a nível de 1%)

4.2.1 Peso seco total da planta

O PST da planta foi reduzido significativamente com a imposição de "stress" hídrico a sete das dez cultivares estudadas (Tabela

17). A redução média na matéria seca total causada pela deficiência hídrica foi de 49.2%. Este resultado aceita-se perfeitamente visto que plantas sob deficiência hídrica apresentaram tamanho menor com uma área fotossinteticamente activa restrita.

As cultivares Gangassol, Macia 2 e Munhaça não apresentaram diferenças significativas entre plantas irrigadas e não irrigadas sendo as cultivares Gangassol e Macia 2 com menores reduções, 14.2% e 19.9% respectivamente. As restantes cultivares apresentaram diferenças significativas (Tabela 17).

Amparando-se em Cock et al.(1979), citado por El-Sharkawy, Hernandez & Hershey (1992) e El-Sharkawy & Cock, (1987) que afirmaram que a produção da biomassa total é principalmente determinada pela área foliar e a sua duração durante o período de crescimento, então, a redução no peso total apresenta-se como resultado das reduções no tamanho das folhas, menor formação de folhas e maior queda de folhas verificadas em plantas sob deficiência hídrica. Para além destes factores e de outros (anatômicos, fisiológicos e bioquímicos) a redução no suprimento de CO₂ para a realização da fotossíntese é um factor importante a considerar na redução da matéria seca total. A redução no suprimento de CO₂ deve-se, segundo Connor & Palta (1981), Palta (1984) e El-Sharkawy & Cock (1984), ao fecho de estomas que se verifica nas plantas de mandioca sob "stress" hídrico.

Os resultados obtidos confirmam os resultados obtidos por muitos autores (Connor & Cock, 1981, Connor & Palta, 1981, Cock & Parra, 1981 e El-Sharkawy & Cock (1987), mostrando uma redução na quantidade de biomassa total em plantas de mandioca sob deficiência hídrica.

Tabela 17. Peso seco total (g/planta).

Cultivar	PCr	PSr	redução(%)
Gangassol	847 a	727 a	14.2
Macia 2	556 a	446 a	19.8
Precoce D'Angola	950 a	491 b	48.3
Macia 1	988 a	499 b	49.5
TMS 30395	871 a	415 b	52.4
TMS 42025	879 a	418 b	52.4
Munhaça	470 a	203 a	56.8
Fernando Pó	699 a	278 b	60.2
TMS 30001	811 a	307 b	62.1
H-58	1460 a	551 b	62.3
Média	853	434	49.2

DMS = 308

Valores na mesma linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, segundo o teste de DMS ($P=0.05$)

4.2.2 Peso seco da parte aérea

O PSPA da planta composta por caule e folhas foi reduzido em plantas submetidas a deficiência hídrica, com a exceção da cv. Gangassol que teve um ligeiro aumento (Tabela 18). Esta cultivar não apresentou diferenças marcantes no tamanho das folhas, formação de folhas, queda de folhas e no crescimento em altura entre plantas com e sem rega. As plantas das cultivares H-58, Macia 1, TMS 42025, TMS 30001, Fernando Pó e Munhaça foram as que apresentaram maiores reduções no PSPA nas plantas não irrigadas em relação as plantas irrigadas, reduções que não foram estatisticamente significativas. Nas restantes cultivares as reduções foram menores, destacando-se as cultivares Precoce D'Angola e Macia 2 com reduções de 31.6% e 27.1% respectivamente. A cv. Macia 2 não apresentou diferenças marcantes no tamanho das folhas, formação de folhas e na altura de planta, enquanto a Precoce D'Angola não apresentou diferenças no número de folhas formadas entre plantas irrigadas e não irrigadas. As cultivares Gangassol, Macia 2 e Precoce de Angola têm algo em comum. Elas não apresentaram diferenças marcantes na formação de folhas e caule entre plantas com e sem rega. As cultivares que

apresentaram diferenças na formação de folhas e no crescimento do caule apresentaram maiores reduções no PSPA. Este facto sugere que o PSPA é determinado principalmente pelo número de folhas formadas e pelo crescimento do caule.

Considerando isoladamente as componentes da parte aérea, os resultados na Tabela 19 revelam um ligeiro aumento do PSC na cv. Gangassol. As cultivares Macia 2, e Precoce D'Angola com reduções de 4% e 17.9% respectivamente, foram as que apresentaram menores reduções no PSC. As restantes cultivares apresentaram maior redução, com redução acima da média geral de redução de PSC (38.5%). No entanto estas reduções não foram significativas (Tabela 20).

Quanto as folhas, a deficiência hídrica também reduziu o seu peso seco em todas as cultivares. Esta redução foi marcante nas cultivares Macia 2, TMS 42025, Munhaça, H-58, TMS 30001 e Fernando Pó com reduções acima de 46.5%. As reduções também não foram significantes. Nas restantes cultivares as reduções foram menores, destacando-se a cv. Gangassol com redução de apenas 2.1% (Tabela 20).

Tabela 18. Peso seco da parte aérea (g/planta).*

Cultivar	PCr	PSr	% Redução
Gangassol	312	318	-1.9
Macia 2	133	96	27.1
Precoce D'Angola	196	134	31.6
TMS 30395	319	183	42.6
Macia 1	426	229	46.2
Munhaça	174	82	52.8
Fernando Pó	176	82	53.4
TMS 42025	296	136	54.1
TMS 30001	207	92	55.6
H-58	527	225	57.3
Média	277	158	43.0

* Teste F: Interação (cultivares x água) não significativo.

Tabela 19. Peso seco do caule (g/planta).*

Cultivar	PCr	PSr	redução(%)
Gangassol	119	128	- 7.6
Macia 2	56	54	4.0
Precoce D'Angola	84	69	17.9
Fernando Pó	77	46	40.3
TMS 30395	143	85	40.6
Munhaça	83	43	48.2
TMS 30001	93	47	49.5
Macia 1	226	114	49.6
TMS 42025	135	67	50.4
H-58	205	95	53.7
Média	122	75	38.5

* Teste F: Interação (cultivares x água) não significativo.

Tabela 20. Peso seco de folhas (g/planta).*

Cultivares	PCr	PSr	redução(%)
Gangassol	193	189	2.1
Macia 1	200	116	42.0
Precoce D'Angola	112	65	42.0
TMS 30395	176	97	44.9
Macia 2	77	41	46.9
TMS 42025	161	69	57.1
Munhaça	90	39	56.7
H-58	323	130	69.8
TMS 30001	114	45	60.5
Fernando Pó	99	37	62.6
Média	155	83	46.5

* Teste F: Interação (cultivares x água) não significativo

4.2.3 Peso seco de estacas

Com a exceção das cultivares Macia 2 e TMS 42025 as estacas das restantes cultivares tiveram um peso menor em plantas com deficiência hídrica. Só no caso das cultivares Macia 1, TMS 30395, H-58 essa diferença foi estatisticamente significativa (Tabela 21).

Tabela 21. Pesos seco de estacas (g/planta)

Cultivar	PCr	PSr	redução(%)
Macia 2	72 a	76 a	-5.6
TMS 42025	102 a	102 a	0.0
Gangassol	120 a	113 a	5.8
Precoce D'Angola	85 a	71 a	16.5
Fernando Pó	93 a	73 a	21.5
TMS 30001	77 a	58 a	24.8
Macia 1	103 a	70 b	32.0
Munhaça	90 a	58 b	35.6
TMS 30395	97 a	61 b	37.1
H-58	131 a	80 b	38.9
Média	97	76	21.6

DMS = 24.937

Valores na mesma linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, segundo o teste de DMS ($P=0.05$)

4.2.4 Peso seco de raízes absorvente

Com a exceção das cultivares Precoce D'Angola e TMS 30001, que tiveram maior peso de raízes absorventes em plantas não irrigadas, a deficiência hídrica reduziu o peso seco das raízes absorventes nas restantes cultivares. Esta redução foi estatisticamente significativa para as cultivares TMS 42025, Fernando Pó, TMS 30395 e H-58 (Tabela 22).

Tabela 22. Peso seco de raízes absorventes (g/planta)

Cultivar	PCr	PSr	R(%)
Precoce D'Angola	19.9 a	20.1 a	-1.0
TMS 30001	17.7 a	18.6 a	-5.1
Gangassol	22.6 a	21.8 a	3.5
Macia 2	19.3 a	17.8 a	7.8
Munhaça	19.3 a	17.8 a	7.8
Macia 1	21.0 a	18.9 a	10.0
TMS 42025	20.8 a	18.5 b	11.1
Fernando Pó	21.1 a	18.6 b	11.8
TMS 30395	21.7 a	19.0 b	12.4
H-58	24.6 a	19.0 b	22.8
Média	20.8	19.0	8.7

DMS = 2.3

4.2.5 Peso seco de raízes de reserva

Esta componente revela-se como sendo a mais importante, por ser um bom indicador para a avaliação de cultivares e reflectir a produção económica da espécie.

O PSRR foi muito afectado pela deficiência hídrica. As plantas não irrigadas de sete cultivares reduziram significativamente o seu peso seco, comparando com as plantas que foram irrigadas (Tabela 23). Sendo a relação entre o PST e PSRR linear (Osiru, Porto & Ekanayake, 1995), os factores que afectaram a produção da biomassa total afectaram também a produção das raízes de reserva. A redução da biomassa das raízes de reserva na mandioca como resultado da deficiência hídrica foi reportado por Oliveira, Macedo & Porto (1982) e El-Sharkawy & Cock, (1987).

A Tabela 23 revela-nos que as cultivares Gangassol, Macia 2 e Munhaça não apresentaram diferenças significativas entre plantas com e sem rega. As cultivares que apresentaram menores reduções no peso seco em função da deficiência hídrica foram Gangassol e Macia 2, com 30.3% e 23.1%, respectivamente.

Comparando o efeito da deficiência hídrica na produção da biomassa aérea e subterrânea com aquelas verificadas no crescimento, observa-se que estas duas cultivares não tiveram diferenças marcantes na formação e expansão foliar (Figura 4e,h, e Figura 2e,f,g,h) bem como no número de folhas caídas durante o período experimental no caso da cv. Gangassol (figura 4f).

Embora esses resultados sugiram que estas duas cultivares são mais resistentes a deficiência hídrica, diferenças na distribuição de matéria seca podem reflectir a adopção de diferentes padrões de crescimento. A cv. Gangassol esteve acima da média do ensaio quanto a produção de biomassa aérea (312 e 318 g/planta sem e com "stress", respectivamente), enquanto a Macia 2 foi capaz de produzir apenas 133 e 96 g/planta sem e com "stress", respectivamente (Tabela 18).

Quando as componentes da parte aérea são consideradas, observa-se que a diferença do efeito da deficiência hídrica na formação de estruturas vegetativas está na produção de folhas. As reduções nos pesos secos das folhas das duas cultivares causadas pelo "stress", foram de 2.1% e 46.7% para gangassol e Macia 2, respectivamente.

Ao calcular o índice de colheita (produção das raízes de reserva em relação ao peso total das planta), observou-se que enquanto a cv. Gangassol apresentava valores da ordem de 46.4 e 37.7% em plantas com e sem rega, os valores para a cv. Macia 2 foram iguais a 59.9 e 57.4, respectivamente.

Desta forma conclui-se que a cv. Macia 2, conseguiu uma melhor distribuição de matéria seca sob condições irrigadas ou sob "stress", e esta cultivar praticamente não mostrou variação no índice de colheita como ocorrido com Gangassol.

A cv. Munhaça apresentou uma grande redução no PSRR na ordem de 75.9% mas que, devido ao seu baixo potencial produtivo, quando comparada com as cultivares aqui estudadas a análise estatística (DMS), não detectou diferenças significativas.

A redução de PSRR em 75.9% verificada na cv. Munhaça, confirma a falta de resistência a seca desta cultivar reportada por Leeuwen (1987).

A cv. Fernando Pó com uma percentagem de redução de 75%, neste ensaio, considera-se como uma das que apresenta pouca adaptabilidade a situações de falta de água. Este resultado discorda com a caracterização feita por Spittel e Ferrão (sem ano) indicando esta cultivar como sendo resistente a seca. Contudo os rendimentos apresentados mostram que a cv. Fernando Pó é resistente a seca quando comparada com as cultivares locais Nicola, Nikwaha e Garcia. No entanto, resultados de rendimento apresentados por Spittel & Ferrão (1987) indicam uma redução de rendimento na ordem dos 66.6% quando esta cultivar é praticada

na zona costeira (P = 770 mm) em relação ao interior (P = 1028 mm) da província de Nampula. De salientar que a redução de 75% deu-se em condições extremas de falta de água.

Tabela 23. Peso seco de raízes de reserva (g/planta).

Cultivar	PCr	PSr	redução(%)
Macia 2	333 a	256 a	23.1
Gangassol	393 a	274 a	30.3
Munhaça	187 a	45 a	75.9
Precoce D'Angola	649 a	266 b	59.0
Macia 1	438 a	180 b	58.9
TMS 42025	460 a	162 b	64.8
TMS 30395	434 a	152 b	65.0
H-58	777 a	227 b	70.8
TMS 30001	509 a	138 b	72.9
Fernando Pó	408 a	105 b	74.3
Média	459	181	60.6

DMS = 199

Valores na mesma linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, segundo o teste de DMS (P=0.05)

4.2.6 Componentes do rendimento.

Os componentes determinantes do rendimento da mandioca são o número de raízes de reserva por planta e o peso médio de cada raiz, segundo a fórmula $Y=NR \times PMR$, onde NR = número de raízes de reserva e PMR = peso médio de raiz de reserva.

As plantas irrigadas tiveram um maior número de raízes, quando comparadas com plantas sob deficiência hídrica, conforme mostra a Tabela 24. Foram observadas diferenças varietais, com as cultivares Precoce D'Angola, TMS 30001, TMS 42025, TMS 30395 e Gangassol apresentando uma redução estatisticamente significativa no número de raízes por planta em função da deficiência hídrica. A menor redução do número de raízes pelo "stress" (16.7%) observou-se na cv. Macia 1 (Tabela 24).

Desde que o número e o peso médio de raízes encontram-se

relacionados, como mostrado na fórmula acima apresentada, uma redução do número acarreta mudanças no peso e vice-versa.

As cultivares Macia 2, Gangassol, apresentaram pesos médios de raízes de reserva maiores que as demais cultivares em condições de "stress" hídrico, embora este aumento não seja estatisticamente significativo (Tabela 16).

As cultivares Macia 2 e Gangassol ainda conseguiram manter razoavelmente os seus rendimentos (de raízes de reserva - Tabela 23) em condições de "stress" hídrico, graças ao aumento do tamanho de raízes de reserva e uma redução moderada do número de raízes de reserva por planta.

Tabela 24. Componentes do rendimento de raízes de reserva

Cultivar	Número/planta			Peso (g/Raiz)*		
	Cr	Sr	redução(%)	Cr	Sr	redução(%)
Macia 1	4.8 a	4.0 a	16.7	91	64	29.6
H-58	5.6 a	4.4 a	21.4	139	52	62.6
Munhaça	2.4 a	1.8 a	25.0	78	25	67.9
Fernando Pó	3.6 a	2.6 a	27.8	113	40	64.6
Macia 2	3.4 a	2.2 a	35.3	98	116	-18.4
Gangassol	5.6 a	3.4 b	39.3	70	81	-15.7
Precoce D'Angola	6.4 a	3.2 b	50.0	101	83	17.8
TMS 42025	6.0 a	3.0 b	50.0	77	54	29.9
TMS 30395	4.4 a	2.0 b	54.5	99	76	23.2
TMS 30001	8.0 a	3.4 b	57.5	64	41	35.9
Média	5.0	3.0	40.0	92	60	34.8

DMS = 1.5

* Teste F: Interação (cultivares x água) não significativo. Valores na mesma linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente, segundo o teste de DMS (P=0.05).

4.3 Distribuição da matéria seca

Porque na mandioca a produção de raízes de reserva é mais relevante que o total da produção da matéria seca, é importante o estudo da distribuição da produção da matéria seca entre as diferentes partes da planta particularmente as raízes de reserva.

Com a exceção das folhas, o factor água teve um efeito significativo na distribuição da matéria seca para os diferentes órgãos da planta. Diferenças varietais significativas foram encontradas e a interação não foi significativa (Tabela 25)

O factor água não teve efeito significativo na partição de carboidratos para as folhas porque estas têm prioridade sobre os carboidratos produzidos fazendo com que o efeito da água se fizesse notar nos outros órgãos da planta. Esta hipótese é suportada pelo facto de, segundo Connor et al. (1979), citado por Connor & Cock (1981), na planta de mandioca os carboidratos produzidos são preferencialmente direcionados para as folhas e as raízes de reserva recebem apenas o balanço entre os carboidratos produzidos e utilizados pelas folhas.

Trabalhos anteriores têm indicado que não são observadas mudanças significativas na distribuição de matéria seca na planta de mandioca, sob deficiência hídrica, (El-Sharkawy et al, 1981., Connor et al. 1981), porém, no presente trabalho foram encontradas diferenças na distribuição da matéria seca.

A Tabela 26 mostra que a percentagem média da matéria seca total acumulada nas raízes de reserva das dez cultivares estudadas foi reduzido sob condições de "stress" hídrico, quando comparada com plantas que não sofreram "stress".

A cv. Macia 2, no entanto, não reduziu a percentagem da matéria seca total acumulada nas raízes quando em condições de "stress" hídrico mantendo o seu índice de colheita num nível alto. Assim confirma a sua capacidade de adaptar-se a estas condições (Tabela

26). Esta cultivar reduziu consideravelmente a alocação da matéria seca para as folhas.

De um modo geral as plantas sob "stress" alocaram mais m.s. nas raízes absorventes, estacas e caule contribuindo em parte para a redução da partição da matéria seca para as raízes de reserva.

A acumulação da matéria seca nas folhas não foi alterada quando a média é considerada. No entanto, enquanto três cultivares reduziram ligeiramente a proporção de matéria seca nas folhas quando sob "stress" (Fernando Pó, TMS 42025, Macia 2), outras foram capazes de aumentar a fracção da matéria seca nas folhas sob estas condições (H-58, Precoce D'Angola, TMS 30395, Macia 1, Gangassol). As cultivares Munhaça e TMS 30001 não mostraram diferenças evidentes. A redução da matéria seca nas raízes de reserva nas plantas em "stress" hídrico é, possivelmente, uma estratégia adoptada pela planta de mandioca, de manter o desenvolvimento vegetativo, e dessa maneira garantindo uma produção razoável comparando com as outras culturas em particular os cereais em condições de "stress hídrico".

A maior percentagem da m.s encontrada nas raízes absorventes das plantas que se encontravam em condições de "stress" hídrico, indica a tendência destas em desenvolver o sistema radicular de modo a responder as necessidades hídricas da planta. Segundo Kaufman (1981), citado por Porto (1983), e Osiru (1990), uma das muitas consequências da deficiência hídrica nas plantas é o crescimento das raízes a busca de água nas camadas profundas do solo.

Tabela 25. Resultados da análise de variancia para distribuição de matéria seca. (Dados transformados com $\arcsen(y/100)^{1/2}$)

Variável	Cultivar	Água	AXB	Cv(%)
Raízes de reserva	**	**	ns	15.77
Raízes absorventes	**	**	ns	22.53
Estacas	**	**	ns	13.05
Caule	**	**	ns	16.67
Folhas	**	ns	ns	11.27

Tabela 26. Distribuição da matéria seca(%) para os diferentes órgãos da planta para 10 cultivares sujeitas ou não à deficiência hídrica durante 10 semanas de tratamentos.

cultivares	Órgão da planta														
	Raízes reserva			Raízes absorventes			Estaca			Caulo			Folhas**		
	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)	PCr	PSr	R(%)
Nacia 2	59.9	57.4	4.1	3.5	4.0	-14.3	12.7	17.3	-36.2	10.1	12.1	-19.8	13.8	9.2	33.0
Nacia 1	44.3	36.1	18.5	2.1	3.8	-81.0	10.5	14.1	-34.3	22.9	22.8	0.4	20.2	23.2	-14.9
Gangassol	46.4	37.7	18.8	2.7	3.0	-11.1	14.3	15.5	-8.4	14.0	17.6	-25.7	22.8	26.0	-14.0
Precoce D'Angola	68.3	54.2	20.6	2.1	4.1	-95.2	8.9	14.5	-62.9	8.8	14.1	-60.2	11.9	13.2	-10.1
H-58	53.2	41.2	22.6	1.7	3.4	-100.0	9.0	14.5	-61.1	14.0	17.2	-22.9	22.1	23.6	-6.8
TMS 42025	52.3	38.8	25.8	2.4	4.4	-100.0	11.6	24.3	-109.5	15.4	16.0	-3.9	18.5	16.5	10.8
TMS 30395	49.8	36.6	26.5	2.5	4.6	-84.0	11.1	14.9	-34.2	16.4	20.5	-25.0	20.2	23.4	-15.8
TMS 30001	62.8	45.0	28.3	2.2	6.1	-177.3	9.5	18.9	-98.9	11.5	15.3	-33.0	14.0	14.7	-5.0
Fernando Pó	58.4	37.8	35.3	3.0	6.8	-126.7	13.4	26.3	-96.3	11.0	16.5	-50.0	14.2	14.0	1.4
Munhaça	39.8	22.2	44.2	4.1	8.8	-114.6	19.3	28.6	-48.2	17.7	21.2	-18.1	19.1	19.2	-0.5
Média	53.8	41.4	22.5	2.4	4.4	-83.3	11.4	17.5	-53.5	14.3	17.3	-21.0	18.1	19.1	-5.5

* - Teste F; Interação (cultivares x água) não significativo.

** Não inclui folhas caídas

PCr - Com rega

PSr - Sem rega

4.4 Estratégias adoptadas pelas cultivares em condições de falta de água

Na parte anterior foram apresentados os resultados das variáveis estudadas. Muitas vezes foram encontradas diferenças varietais. Para melhor entender as várias estratégias das diferentes cultivares numa situação de seca, são aqui ainda apresentadas (Tabela 27) as diferenças entre as variedades de forma resumida.

Da tabela 27, é possível identificar diferenças varietais na adopção de estratégias perante a seca. O tipo de comportamento apresentado sugere a existência de dois grupos de cultivares. O primeiro, é constituído por cultivares que apresentaram menor ou nenhuma estratégia para tolerar a seca. O segundo, é constituído

por cultivares com mais estratégias de tolerância a seca traduzidas, pela menor redução nas variáveis aqui estudadas em relação às cultivares pertencentes ao primeiro grupo. Fazem parte do segundo grupo as cultivares Macia 1, Gangassol e Macia 2. Neste grupo destaca-se a cv. Gangassol que praticamente apresenta mecanismos de tolerância a seca em todas as variáveis estudadas, justificando o facto dela ter apresentado menor redução no peso seco de raízes de reserva.

Fazendo uma comparação das cultivares Macia 1 e Macia 2 com a Gangassol pode-se ver (Tabela 26) que a cv. Macia 2 difere da Gangassol no que concerne a retenção foliar, sendo a cv. Macia 2 com menores mecanismos de tolerância a seca nesta variável, enquanto a cv. Macia 1 difere no número de folhas formadas, biomassa total, índice de colheita e peso de raízes de reserva.

O esquema simplificado apresentado na Figura 6 indica os factores que determinam a área efectiva para a realização da fotossíntese e consequentemente determinam a produção de matéria seca total e o rendimento final (peso de raízes de reserva).

Baseando-se nesse esquema, as cultivares que apresentaram grande redução no rendimento foram aquelas cujo as plantas não conseguiram manter a área foliar quando comparadas com as plantas irrigadas (ver Tabela 26).

A estratégia adoptada pelas plantas da cv. Macia 1 fez com que esta cultivar apresentasse baixo rendimento em plantas sob "stress" hídrico quando comparada com a cultivar Macia 2. As plantas da cv. Macia 1 em condições de falta de água reduziram a formação de novas folhas mantendo as folhas velhas e o tamanho foliar enquanto as plantas cv. Macia 2 mantiveram razoavelmente a formação de novas folhas, tamanho foliar mas apresentando maior queda das folhas velhas. A síntese de carboidratos na cultivar Macia 1 decresceu possivelmente por terem reduzido a formação de folhas novas que segundo Ferri (1985), são fotossinteticamente mais activas em relação as folhas velhas.

Tabela 27. Mecanismos de tolerância a seca

Cultivares	Comprimen- to foliar	Folhas formadas	Retenção foliar	Índice de colheita	Biomassa total	Peso seco de R.R
Gangassol	++	+	+	++	++	++
Macia 2	+	+	-	++	++	++
Macia 1	++	-	++	++	-	-
Precoce D'Angola	-	++	-	+	-	-
TMS 42025	-	-	+	-	-	-
Munhaça	++	-	-	-	-	-
TMS 30001	-	-	-	-	-	-
TMS 42025	-	-	-	-	-	-
H-58	-	-	-	-	-	-
Fernando P6	-	-	-	-	-	-

Legenda:

++ pouca diferença entre plantas com e sem "stress" hídrico
 + diferença moderada entre plantas com e sem "stress" hídrico
 - muita diferença entre plantas com e sem "stress" hídrico

R.R = raízes de reserva

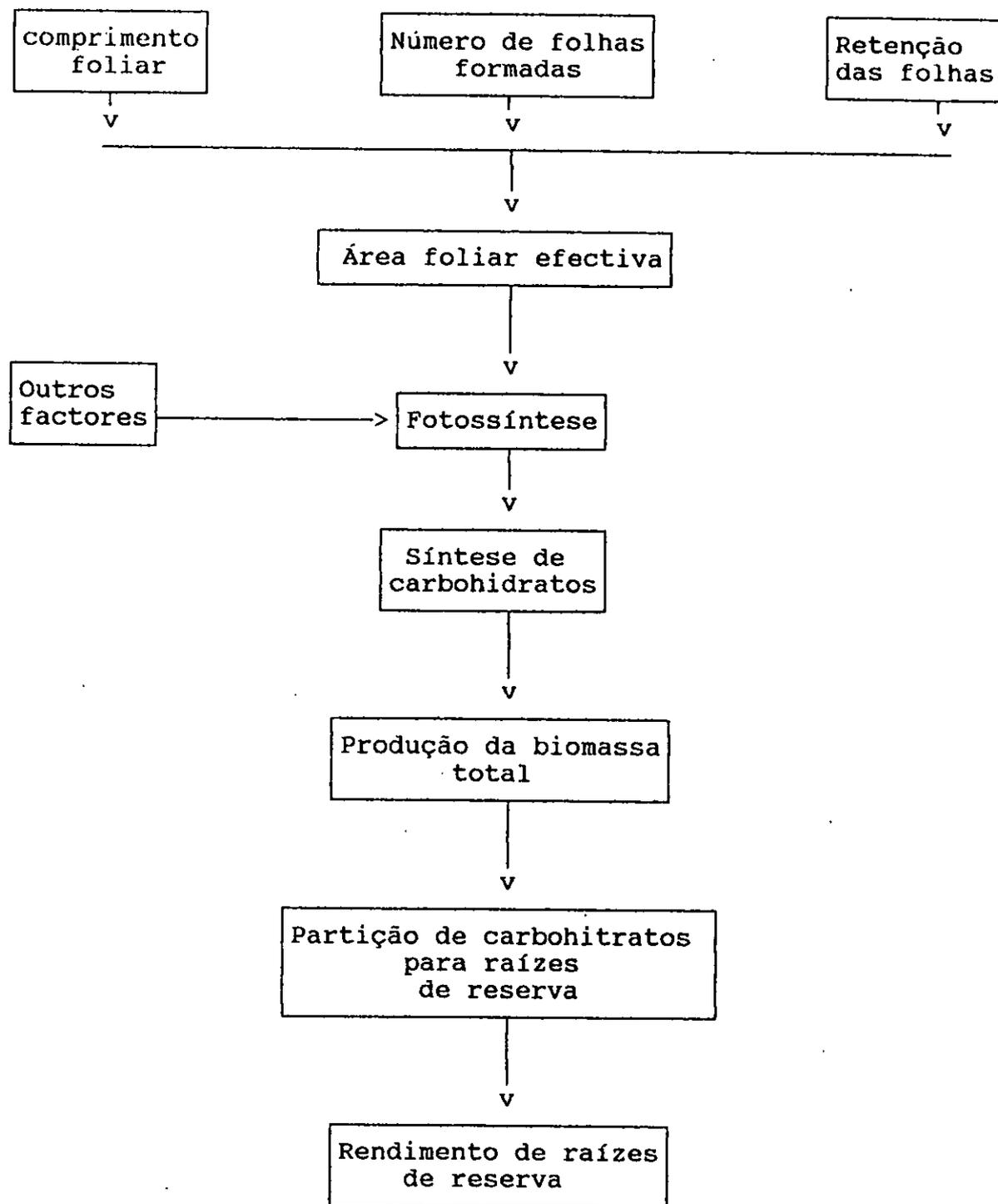


Figura 6. Esquema simplificado dos factores que determinam a área efectiva para a realização das fotossíntese, consequentemente a produção da matéria seca total e o rendimento.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos neste ensaio, pode-se concluir o seguinte:

- Gangassol foi a cultivar que apresentou maior resistência a deficiência hídrica, mantendo razoavelmente a sua parte aérea (altura, número de folhas formadas, retenção das folhas, peso seco da parte aérea) e também manteve razoável a sua parte subterrânea (peso seco de raízes de reserva) em condições de deficiência hídrica.
- Outra cultivar com evidência de resistência a seca foi Macia 2, mantendo razoavelmente o número de folhas formadas, o índice de colheita, parte subterrânea (peso seco de raízes de reserva) enquanto sofreu reduções na retenção das folhas, altura e peso seco da parte aérea em condições de deficiência hídrica.
- Reduções marcantes no tamanho das folhas, número de folhas formadas e retenção foliar verificaram-se a medida que a deficiência hídrica tornava-se severa. As cultivares Macia 1, Gangassol, Macia 2 e Munhaça apresentaram poucas diferenças no comprimento do lóbulo central entre plantas irrigadas e não irrigadas; As cultivares Precoce D'Angola, Gangassol e Macia 2 no número de folhas formadas e as cultivares Macia 1, TMS 42025 e Gangassol no número de folhas caídas.
- A deficiência hídrica reduziu o crescimento em altura das plantas em todas as cultivares estudadas mas as cultivares Gangassol, Macia 1, Macia 2, H-58 e TMS 30395 apresentaram reduções mínimas em altura.
- A cultivar Gangassol não reduziu o número de ápices formados em condições de deficiência hídrica. As cultivares Precoce D'Angola, TMS 42025, Macia 2 e Munhaça apresentaram menor redução

de ápices formados em condições de deficiência hídrica.

- A produção de matéria seca total por planta foi reduzida nas plantas submetidas a deficiência hídrica. Porém as cultivares Gangassol e Macia 2 apresentaram pouca redução. As reduções verificaram-se nas componentes da parte aérea, na estaca e nas raízes de reserva. As raízes de reserva foram as que mais sofreram os efeitos da deficiência hídrica quando comparadas com os verificados nas outras componentes. Todavia Gangassol e Macia 2 apresentaram pouca redução de matéria seca nas raízes de reserva.

- Os efeitos da deficiência hídrica fizeram-se também sentir nas componentes do rendimento: menor número de raízes de reserva para todas as cultivares e menor peso por raiz para todas com a exceção das cultivares Gangassol e Macia 2. Por isso, estas duas cultivares mantiveram razoavelmente os seus rendimentos (de raízes de reserva) em condições de falta de água.

- A partição de matéria seca foi alterada em plantas com a deficiência hídrica quando comparadas com aquelas que não tiveram deficiência hídrica. Neste caso, a alocação de carboidratos para as raízes de reserva foi reduzida, com exceção da cultivar Macia 2, verificando-se um aumento nas raízes absorventes, caule e estacas.

5.2 RECOMENDAÇÕES:

- Sendo a primeira vez que se realiza um ensaio de avaliação do grau de resistência a seca de diferentes cultivares de mandioca em Moçambique, recomenda-se a realização mais ensaios idênticos para a obtenção de dados consistentes com o objectivo de estabelecer uma metodologia rápida de avaliação do grau de resistência à seca em mandioca para uso num programa de melhoramento, com a finalidade de reduzir o tempo actualmente necessário para a recomendação de variedades a nível do camponês.

- Para minimizar o efeito da temperatura nos vasos recomenda-se a utilização de sacos plásticos de cor branco.

- Durante o período de tratamento, para além das outras medições, a temperatura do solo nos sacos, a quantidade de água nos sacos não irrigados e a conductância foliar das plantas devem ser medidos para a obtenção de mais dados para julgar o comportamento das cultivares.

- Uma vez que as condições dos ensaios em sacos, são diferentes daquelas encontradas no campo e no prossiguimento deste trabalho, recomenda-se um ensaio de campo utilizando os mesmos tratamentos numa região com seca, com finalidade de comparar os resultados com os apresentados nos ensaio em sacos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, G.R.; Fukai, S. & Wilson, G.L. (1989). The response of cassava to water deficit at various stages of growth in the Subtropics, *Aust.J. Agric. Res.*, 40, 517-28.
- Brown, R.H. (1984). Growth of the green plant. In: Tesar, M.B. (1994). *Physiological basis of crop growth and development. Crop science. USA.* p.153-173.
- Cock, J.H. (1982). Aspectos fisiologicos del crecimiento y desarrollo de la planta de yuca. In: Domingues, C.E. (1985). *Yuca: Investigación, Production y utilizacion. CIAT. Colombia.* p.51-72.
- Cock, J.H. (1985). *Cassava: New potencial for a Neglected crop.* West View Press. Boulder and London.
- Cock, J.H, Porto, M.C.M, & El-Sharkawy M. (1985). Water use efficiency of Cassava. III. Influence of air humidity and water stress on gas exchange of field grown cassava, *Crop Science*, Vol. 25, March-April, 1985, p. 265-272.
- Connor D.J, & Cock, J.H. (1981). Response of cassava to water shortage II. Canopy Dynamics. *Field Crops Research*, 4(2):285-296.
- Connor, D.J., Cock, J.H. & Parra, G.H. (1981). Response of cassava to water shortage I. Growth and yield. *Field Crops Research* 4:181-200.
- Connor, D.J. & Palta, J. (1981). Response of cassava to water shortage. III. Stomatal control of plant status. *Field Crops Research* 4:297-311.
- Eastin, J.D. & Sullivan, C.Y. (1984). Environmental stress influence on plant persistence, physiology, and production. In: Tesar, M.B. (1984). *Physiological bases of crop growth and development. American Society of Agronomy and Crop Science Society. Madison. USA* p.201-233.
- El-Sharkawy, M.A. & Cock, J.H. (1984). Water use efficiency of cassava. I. Effects of air humidity and water stress on stomatal conductance and gas exchange. *Crop Science* 24:497-502.
- El-Shakarwy, M.A., Cock, J.H., Held, A.A. (1984). Water use efficiency of cassava. II. Diference sensitive of stomata to air humidity in cassava and other warm-climate species, *Crop Science* 24:503-507.
- El-Sharkawy, M.A & Cock, J.H. (1987). Response of cassava to water stress, *Plant and soil* 100:345-360.
- El-Sharkawy, M.A., Hernandez, A.P. & Hershey, C. (1992). Yield stability of cassava during prolonged mid-season water stress, *Expl. Agric.* 28:165-174.

- FAO.(1995). FAO production yearbook 1994. Vol 48. FAO statistics series n°125.
- Ferre, M.G. (1986). Fisiologia Vegetal. Volume 2. 2ª edição. EPU, São Paulo p.
- Kramer, P.J. (1969). Plant water relationships. A modern synthesis. McGraw Hill, New York. 482p.
- Leeuwen, J.V. (1987). Agricultura Familiar numa parte da faixa costeira de sul de Moçambique. Comunicação, série agronomia 11. INIA. Maputo.
- Moss, D.V. (1984). Photosynthesis, respiration and photorespiration in higher plants. In: Tesar, M.B. (1984). Physiological basis of crop growth and development. American Society of Agronomy and Crop Science Society. Madison, USA. p.131-151.
- Mota, T.P. (1970). Características químico-analíticas de algumas mandiocas em ensaios. Contribuição para o seu estudo. Agronomia. Moçambique. Lourenço Marques. 4(1):21-29.
- Oliveira, S.L. de; Macedo, M.M.C.; Porto, M.C.M. (1982). Efeito do déficit da água na produção de raízes de mandioca. Pesquisa Agropec. Bras., 17(1):121-124.
- Onwueme I. (1986). The tropical tuber crops. Ann Arbor, London, 228p.
- Osiru, D.S.O. (1990). Morfologia e fisiologia. In: Mandioca na África Tropical, um manual de referência. Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Ibadan, Nigéria. p.17-27.
- Osiru, D.S.O., Porto, M.C.M., Ekanayake, I.J. (1995). Physiology of cassava. International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria. 22p.
- Palta J.A. (1984). Influence of water deficits on gas-exchange and the leaf area development of cassava cultivars. Journal of Experimental Botany. 35: 1441-1449.
- Porto, M.C.M. (1983). Physiological mechanisms of drought tolerance in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Ph.D Dissertation. University of Arizona, Tucson, U.S.A. 115p.
- Porto, M.C.M. (1986). Fisiologia da Mandioca: VI curso intensivo nacional de mandioca, 14 à 24 de outubro de 1986. Cruz das Almas-Bahia. 21p.
- Porto, M.C.M., Filho, J.M.G.B, Lira, H.P. (1988). Diferenças varietais no uso de água em mandioca, sob condições de campo no Estado de Pernambuco. Rev. Bras. de Mandioca Cruz das Almas, 7(1):73-79.

- Porto, M.C.M. (1989). Conductância foliar em cultivares de mandioca. Rev. Bras. Fisiol. Vegetal. 1(1): 93-98.
- Porto, M.C.M. (1994). Adaptation of cassava to dry environments: Concepts and applications. Seminar presented at the International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, January 12, 1994. 10p.
- Rulkens, T. (1993). Mandioca: Produção Vegetal II. UEM, Faculdade de Agronomia, Maputo. 16p.
- Slatyer, R.O. (1967). Plant water relationships. Academic Press, London p.
- Spittel, M.C., Ferrão, M.A.G., Manuel, F. (1987). Mandioca: Produção e Investigação no Nordeste de Moçambique. Serie investigação n°14. INIA. Maputo. 23p.
- Spittel, M.C., Ferrão, M.A.G. (sem ano). Guia prático para o cultivo da mandioca no Nordeste de Moçambique. CDISA/INIA. Maputo. 36p.
- Stocker, O. (1960). Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. In: Unesco. (1960). Water relationships in arid and semi-arid conditions, Reviews of Reseach. Paris. p.63-94
- Veltkamp, (1985). Physiological causes of yield variation in cassava. Agricultural University Wageningen Papers. 105p.