

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE DOUTORADO**

**PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE MANDIOCA EM
DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTIO, ÉPOCAS DE
COLHEITA, FISIOLOGIA DO ESTRESSE E DÉFICIT
HÍDRICO**

Francisco de Assis Gomes Junior

**CRUZ DAS ALMAS-BA
2018**

**PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE MANDIOCA EM
DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTIO, ÉPOCAS DE COLHEITA,
FISIOLOGIA DO ESTRESSE E DÉFICIT HÍDRICO**

Francisco de Assis Gomes Junior
Engenheiro Agrônomo
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola (Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos).

Orientador: Prof.Dr. Mauricio Antonio Coelho Filho

**CRUZ DAS ALMAS-BA
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

G633p

Gomes Júnior, Francisco de Assis.

Produtividade de variedades de mandioca em diferentes arranjos de plantio, época de colheita, fisiologia do estresse e déficit hídrico / Francisco de Assis Gomes Junior. _ Cruz das Almas, BA, 2018. 86f.; il.

Orientador: Mauricio Antonio Coelho Filho.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Mandioca – Cultivo. 2.Mandioca – Irrigação. 3.Produtividade agrícola – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 633.682

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Samento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE DOUTORADO**

**PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE MANDIOCA EM
DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTIO, ÉPOCAS DE COLHEITA,
FISIOLOGIA DO ESTRESSE E DÉFICIT HÍDRICO**

**Comissão Examinadora da Defesa de Tese de
Francisco de Assis Gomes Junior**

Aprovada em: 10 de Maio de 2018

Orientador – Prof. Dr. Maurício Antônio Coelho Filho
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB
Membro interno: (Orientador)

Prof. Dr. Antonio Hélder Rodrigues Sampaio
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB
Membro externo

Pesquisador, Dr. Jailson Lopes Cruz
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB
Membro externo

Pesquisador, Dr. Marcio Carvalho Marques Porto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB
Membro externo

Dr. Miguel Julio Machado Guimarães
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB
Membro externo

AGRADECIMENTOS

A Deus por trilhar meu caminho até aqui.

A minha mãe Zenaide Barbosa da Silva pelo incentivo, carinho e compreensão.

A minha família pelo apoio, amor, carinho, e por sempre acreditarem no meu potencial.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola por me oferecer a oportunidade de realização do curso.

A Capes pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos Bruno Laercio, Wanderson, Samuel Alves, Moisés Junior, Isabel Nunes, Gian Carvalho, Mercia Carvalho, Bruno Sá,

Isabel de Jesus: “Valeu Galera!”.

A Mauricio Antonio Coelho Filho, Tiberio Santos Martins, Eugenio Ferreira Coelho, Welson Lima Simões, Lucas Velame, Delfran Batista, Tarcisio Andrade, Lúcio Aderito, Victor Vinicius, Rafael Pombo, por todos ensinamentos e amizade.

A todos do grupo Ecofisiologia vegetal, sem a ajuda deste grupo de fato esta pesquisa não seria realizada: Mabel Souza, Daiana Nogueira, lumi Toyosumi, Mauricio (Metal), Elaine, Leandro, Jorginho, Reinaldo, Jair.

Aos meus irmãos da vida, Rafael Silva, Douglas Elizeu, Miguel Guimarães, José Roberto, Ubirajara Oliveira, Vinicius Bernardo, Vinicius Lordello, Diogo Lordello, Pedro Ivo, que mesmo na distância sempre estavam presentes, ontem, hoje, amanhã e sempre: “Valeu Família Sisaleira!”.

A todos que contribuíram, mesmo que minimamente, para a realização deste trabalho;

A todos que torceram por mim e que porventura não foram citados.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”
(Albert Einstein)

PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES DE MANDIOCA EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTIO, ÉPOCAS DE COLHEITA, FISIOLOGIA DO ESTRESSE E DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO – O estudo teve por objetivo gerar informações importantes sobre variedades de mandioca cultivadas em condições irrigadas e de sequeiro, destinadas ao consumo *in natura* e industrial. Experimento I: O delineamento experimental foi blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 2 x 12, sendo duas condições de cultivo: irrigado (Precipitação + irrigação) e não irrigado (apenas precipitação); dois arranjos experimentais: fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6 m) e fileiras simples (0,9 x 0,6 m) e doze variedades: Rosinha, Saracura, Eucalipto, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Amarelo I, Talo Branco, Kiriris, Gema de Ovo e Imbé. As seguintes variáveis foram analisadas após a colheita realizada aos doze meses após plantio: Produção de raízes (kg planta⁻¹); produtividade total de raízes frescas (t ha⁻¹); número de raízes de reserva; massa fresca da parte aérea (kg planta⁻¹) e índice de colheita (%). Houve interação do sistema de manejo (arranjos experimentais e manejo de água) com variedades, influenciando as características agrônômicas da mandioca. O arranjo em fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6m), independente do regime hídrico, foi mais produtivo; portanto o mais recomendado para produção de raízes de reserva da mandioca. Sendo possível recomendar densidades de plantas com base na disponibilidade de água. As variedades Rosinha, Branca, Talo branco e Kiriris conseguem manter altas taxas de translocação de fotoassimilados da parte aérea para as raízes de reserva. Experimento II: O estudo foi realizado em condições irrigadas. Dois arranjos experimentais foram estudados: Mandioca em fileira simples (1,0 x 0,6 m) consorciada ou não com feijão Caupi; Mandioca em fileira dupla (2,0 x 0,6 x 0,6 m) consorciada ou não com feijão. Avaliou-se também o feijão Caupi solteiro (0,5 x 0,3m). A variedade de mandioca utilizada foi a Salongor Preta e o feijão caupi (BRS Guariba). As variáveis avaliadas foram: massa seca da parte aérea, área foliar e produtividade. O cultivo irrigado em fileira dupla mostrou-se mais propício para o consórcio com o feijão Caupi. Experimento III: Foram avaliadas sete variedades de mandioca, sendo elas: Saracura, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Gema de Ovo e Imbé, sob duas condições hídricas: Irrigado (Precipitação + irrigação) e não irrigado (irrigação de manutenção nos dois primeiros meses após plantio + precipitação). Colheitas foram feitas aos 6, 8 e 10 meses após plantio. Variáveis analisadas: produtividade de parte aérea; produtividade total e comercial; índice de colheita; potencial hídrico foliar; condutância estomática; conteúdo relativo de água. Aos seis meses após plantio (MAP) apenas as variedades Saracura, Neilton e Imbé apresentaram produtividade satisfatória de raízes de reserva (acima de 15 t ha⁻¹). Variedades como a Saracura podem ser colhidas aos oito MAP, sem perdas significativas em produtividade de raízes de reserva.

Palavras chave: Consorciação; Espaçamentos de plantio; Manejo hídrico; *Manihot esculenta*; Produtividade de raízes.

PRODUCTIVITY OF CASSAVA VARIETIES IN DIFFERENT PLANT ARRANGEMENTS, HARVEST TIMES, STRESS PHYSIOLOGY AND WATER DEFICIT

ABSTRACT-The objective of this study was to generate important information on cassava varieties cultivated in irrigated and rainfed conditions, for in natura and industrial consumption. Experiment I: The experimental design was randomized blocks (DBC), in a 2 x 2 x factorial scheme 12, two cultivation conditions: irrigated (Precipitation + irrigation) and non irrigated (precipitation only); two experimental rows: double rows (1,5 x 0,6 x 0,6 m) and single rows (0,9 x 0,6 m) and twelve varieties: Rosinha, Saracura, Eucalipto, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Amarelo I, Talo Branco, Kiriris, Gema de Ovo and Imbé. The following variables were analyzed after harvesting at twelve months after planting: Root production (kg plant⁻¹); total yield of fresh roots (t ha⁻¹); number of reserve roots; fresh shoot weight (kg plant⁻¹) and harvest index (%). There was interaction of the management system (experimental arrangements and water management) with varieties, influencing the agronomic characteristics of cassava. The arrangement in double rows (1,5 x 0,6 x 0,6 m), independent of the water regime, was more productive; therefore the most recommended for the production of cassava reserve roots. It is possible to recommend plant densities based on the availability of water. As variedades Rosinha, Branca, Talo branco and Kiriris can maintain high translocation rates of photoassimilates of the aerial part to the reserve roots. Experiment II: The study was performed under irrigated conditions. Two experimental arrangements were studied: Cassava in single row (1,0 x 0,6 m) with or without Caupi beans; Cassava in double row (2,0 x 0,6 x 0,6 m) with or without bean. The single cowpea (0,5 x 0,3m) was also evaluated. The variety of cassava used was Salongor Preta and cowpea (BRS Guariba). The evaluated variables were: shoot dry mass, leaf area and yield. Irrigated double-row cultivation proved to be more conducive to the consortium with Caupi beans. In irrigated cultivation cassava yield increased, maximizing yields rapidly and allowing harvesting at 8 months after planting, regardless of the arrangement. There was an increase in yield of cassava in a consortium, regardless of the spacing adopted. Experiment III: Seven varieties of cassava were evaluated: Saracura, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Gema de Ovo and Imbé, under two water conditions: Irrigated (Precipitation + irrigation) and non irrigated (maintenance irrigation in the two first months after planting + precipitation). Collections were made at 6, 8 and 10 months after planting. Variables analyzed: shoot yield; total and commercial productivity; harvest index; foliar water potential; stomatal conductance; relative water content. At six months after planting (MAP) only the Saracura, Neilton and Imbé varieties presented satisfactory yield of reserve roots (above 15 t ha⁻¹). Varieties such as Saracura can be harvested at eight MAP without significant losses in yield reserve roots.

Keywords: Consortium; Plant spacing; Water management; *Manihot esculenta*; Root productivity

SUMÁRIO

Revisão de literatura.....	1
Referências Bibliográficas	9
Capitulo I	14
Produtividade de variedades de mandioca, sob duas condições de manejo hídrico e arranjos de plantio.....	14
Resumo	15
Abstract.....	16
Introdução.....	17
Material e Métodos	19
Resultados.....	22
Discussão	30
Conclusões	34
Referências Bibliográficas	35
Capitulo II	40
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO MANDIOCA E FEIJÃO CAUPI EM DIFERENTES ARRANJOS DE CULTIVO E CONDIÇÕES IRRIGADAS	40
Resumo	41
Abstract.....	41
Introdução.....	42
Material e Métodos	44
Resultados e Discussão	46
Conclusões	54
Referências bibliográficas.....	54
Capitulo III	58
Produtividade de variedades de mandioca de mesa irrigada e épocas distintas de colheita.....	58
Resumo	59
Abstract.....	59
Introdução.....	60
Material e Métodos	62
Resultados.....	66
Discussão	72
Conclusões	75
Referências Bibliográficas	75

Revisão de literatura

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma euforbiácea nativa da América do Sul. É amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia e América Latina, sendo a principal base da alimentação e importante fonte de carboidratos e calorias em muitos países em desenvolvimento. O continente africano apresenta relevância mundial na produção de mandioca, tendo a Nigéria posição de destaque com cerca de 55 milhões de toneladas. A Nigéria apresenta cerca de 37% da produção africana de mandioca e cerca de 20% da produção mundial. Outro país de destaque no continente africano é Gana que tem investido nos plantios e com isso diminuindo os problemas de fornecimento de alimentos à sua população. No continente asiático a produção de mandioca está bem desenvolvida, com um nível excelente de manejo que garantem uma produtividade média em torno de 21 t ha⁻¹ bem superior a produtividade brasileira que está em torno de 15 t ha⁻¹ e a produtividade mundial cerca de 13 t ha⁻¹. Nos países asiáticos destacam-se a Tailândia e Indonésia, que quando somado suas produções de raízes de reserva, em 2014 registrou cerca 90,7 milhões de toneladas. A América do Sul liderou a produção mundial até a década de 1970, no entanto diminuiu sua participação de cerca de 35% para 12% nos anos seguintes. Nos anos de 2010 e 2014 a produção mundial de mandioca apresentou um aumento em 13% e passou de 243 milhões para 270 milhões de toneladas. Esse aumento substancial na produção aconteceu em função de alguns países africanos intensificarem a produção da cultura, bem como grande resistência da cultura à intempéries climáticas (FAO, 2014; GROXKO, 2017).

No Brasil, é largamente produzida, principalmente pela fácil adaptação às mais diferentes condições edafoclimáticas e alta aceitação na culinária. Essa cultura está entre os nove produtos agrícolas mais cultivados. No Brasil, segundo maior produtor mundial, atrás apenas da Nigéria a cultura ocupa uma área de cerca de dois milhões de hectares distribuídos em todas as regiões geográficas (FAO, 2014). As regiões Norte e Nordeste detêm os maiores valores de produção 37% e 24% respectivamente. Cabe destacar que a região nordeste reduziu sua participação devido às frequentes secas na região. Na região nordeste o estado da Bahia apresentou a maior área plantada e a maior produção de raízes, cerca de 1,746

milhões de toneladas (GROXKO, 2017).No entanto, as áreas de plantio do estado, assim como na região nordeste apresenta limitações de fertilidade, acidez elevada, alta demanda evaporativa e baixos índices pluviométricos, que aliado a ausência de práticas culturais adequadas contribuem para baixa produtividade da cultura. Os Estados do Nordeste, apresenta baixo valor de rendimento médio de raízes, cerca de 9,756 t ha⁻¹ (GROXKO, 2017; IBGE, 2012; LOPES et al., 2010).

As raízes necessitam de solos profundos, leves, com boa drenagem para favorecer o desenvolvimento das raízes, diminuição da propagação de doenças relacionadas ao encharcamento do solo e facilidade na colheita (SOUZA e FIALHO, 2003).

Conhecida pela rusticidade e pelo papel social que desempenha junto às populações de baixa renda, a cultura da mandioca tem grande adaptabilidade a diferentes ecossistemas,o que possibilita seu cultivo em praticamente todo o território nacional. Além disso, é uma planta tolerante à seca e a solos de baixa fertilidade, constituindo-se em uma cultura de segurança alimentar, sobretudo no semiárido nordestino (EMBRAPA, 2011). No entanto faz-se necessário compreender os mecanismos genéticos e fisiológicos que atuam na mandioca, mitigando os danos causados pelo déficit hídrico e aumento da tolerância (OKOGBENIN et al., 2013).

Nas regiões mais secas do semiárido, o irregular período chuvoso não permite a oferta de matéria-prima de qualidade e por longo período para garantir o desenvolvimento do setor industrial ligado à indústria de farinha e fécula. A mandioca ainda pode ser transformada em raspas, que são as raízes picadas e secas (CAVALCANTI, 2004).

A parte aérea da mandioca contém alto valor proteico e por isso é utilizada na alimentação animal, isoladamente ou em composição da ração de animais, como caprinos, ovinos e bovinos, como uma forma de garantir a sobrevivência dos animais e como forma de renda alternativa ao sertanejo. Portanto, a mandioca também pode ser considerada uma reserva estratégica de alimento para alimentação humana e animal em anos de seca severa, que ocorrem eventualmente na região. Além da exploração quase que exclusiva da mandioca para a produção de farinha, a deficiência de material de plantio em quantidade e qualidade devido à ocorrência de secas severas na região tem contribuído para a redução da área cultivada com a

cultura nos últimos 30 anos, com conseqüente perda da qualidade de vida de muitos agricultores (CAVALCANTI, 2004).

A faixa de temperatura requerida para a exploração comercial da cultura da mandioca situa-se entre 16°C e 38°C, sendo a faixa ideal entre 20°C e 27°C, não crescendo em temperaturas inferiores a 15°C. O fotoperíodo afeta o florescimento, processo de tuberização e a distribuição de fotoassimilados. Para a mandioca o fotoperíodo ideal situa-se em torno de doze horas. A mandioca é uma cultura que exige abundância luminosa. Alguns trabalhos apresentam resultados onde, dentro de certos limites, quanto maior o aumento da intensidade luminosa, maior é a eficiência fotossintética. A mandioca é cultivada em regiões com baixos índices pluviométricos, e por esse motivo é considerada tolerante ao estresse hídrico (PEIXOTO, 2009).

Melhoramento em mandioca

A mandioca trata-se historicamente de uma cultura itinerante que foi domesticada pelos povos antigos, passando por diversos estágios de seleção realizados através de práticas desenvolvidas pelo homem, com ampla variedade de técnicas. Outro fator decisivo no processo evolutivo da cultura foi o grande número de variedades existentes, a seleção natural, bem como a constante dinâmica evolutiva da espécie (LARA, et al., 2008).

Os trabalhos de pesquisa em melhoramento da mandioca no Brasil iniciaram-se na década de 40 a partir de ações do Instituto Agrônomo de Campinas. No Nordeste, o melhoramento da mandioca foi iniciado na década de 50 pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Leste, no Recôncavo Baiano. No final da década de 60, foi iniciado um amplo programa de melhoramento para as condições do Nordeste, liderado pela antiga Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, em Cruz das Almas. Com a criação da Embrapa na década de 70 e, posteriormente, a organização do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária, o Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura da Embrapa em Cruz das Almas, passou a coordenar ações de pesquisas com mandioca (FUKUDA & PORTO, 1991). Apesar das diversas iniciativas, que resultaram no desenvolvimento de um grande número de cultivares, os programas de melhoramento da mandioca

tiveram como principal objetivo o aumento da produtividade, que na mandioca é o aumento da produtividade de raízes de reserva. Outra característica importante nos programas de melhoramento genético é o desenvolvimento de cultivares resistentes á pragas e doenças (FUKUDA & OTSUBO, 2003).

Déficit hídrico

A agricultura irrigada utiliza cerca de 69% de toda água consumida no planeta, e a tendência de escassez das reservas de água reforça a necessidade do aumento de estudos visando aumentar eficiência no uso da água das culturas (EUA) e a otimização dos sistemas de irrigação (SAMPAIO et al., 2010).

Diversos são os tipos de estresses abióticos que os vegetais podem encontrar, dentre eles destacam-se: Diminuição da disponibilidade hídrica, temperaturas elevadas, congelamento, diminuição da disponibilidade de nutrientes, excesso de luminosidade e compactação do solo, com posterior inibição do crescimento radicular (VERSLUES et al., 2006).

Um entendimento mais completo das respostas das plantas ao déficit hídrico faz-se necessário. No entanto é importante um programa amplo e multidisciplinar que dentre outros conhecimentos aborde a física do solo, meteorologia, fisiologia, crescimento e desenvolvimento das plantas para que esses elementos possam contribuir para uma solução comum no entendimento da resposta das plantas ao déficit hídrico (SANTOS e CARLESSO,1998).

O estresse pode ser considerado um desvio significativo das condições ótimas, o qual induz mudanças em todos os níveis funcionais do organismo, pode ser reversíveis no inicio, mas após tornar-se permanentes (LARCHER,2000). Nas condições brasileiras temos predominância de estresse por déficit e não por excesso de água. O estresse hídrico em plantas ocorre quando a taxa de transpiração é maior que a absorção de água do solo pelas raízes e está em função de diferentes fatores, tais como altas temperaturas associadas à baixas umidades, variedades,capacidade do solo em armazenar água, salinidade, seca e até baixas temperaturas (BRAY, 1997).

O uso eficiente da água é um componente imprescindível na produção das culturas e na manutenção da qualidade dos produtos agrícolas. A irrigação

suplementar tem surgido como a força motriz para o desenvolvimento agrícola em regiões em que os índices pluviométricos não atingem valores suficientes para suprir as necessidades hídricas das culturas. A eficiência no uso da água é um parâmetro importante no desenvolvimento dos projetos agrícolas e nos últimos anos têm se tornado cada vez mais essencial sua adequação, devido à escassez dos recursos hídricos disponíveis em muitas áreas do planeta (SAMPAIO et al., 2016).

O estudo das relações hídricas em plantas e suas interações causadas pelo déficit hídrico é de fundamental importância nos sistemas agrícolas. O déficit hídrico afeta de forma significativa diversos processos fisiológicos, refletindo quase sempre em mecanismos de adaptação. É ideal o conhecimento das demandas hídricas das plantas nos mais diferentes estádios de desenvolvimento. Com essas informações é possível inferir sobre os aspectos envolvidos e suas consequências (PEIXOTO et al., 2006).

A fase de menor tolerância ao déficit hídrico nas culturas é a de rápido crescimento e desenvolvimento, quando as plantas apresentam máximos de área foliar e maior necessidade de água para auxiliar os processos de trocas gasosas com a atmosfera (PIRES, et al.,2008). Na mandioca quando esse déficit hídrico ocorre nos cinco primeiros meses de cultivo irá promover sérios prejuízos na produção e na qualidade de raízes (PEIXOTO, 2009). A taxa de armazenamento e o volume das raízes de reserva variam durante um longo período de tempo e estão em função das mudanças prevaletentes nas condições ambientais (ADJEBENG-DANQUAH, et al.,2016).

As plantas apresentam diferentes respostas ao déficit hídrico ao longo do dia e/ou nas diferentes estações do ano. Essa resposta diferenciada está em função da espécie, do estádio de desenvolvimento, porte das plantas, dentre outros. Uma primeira linha de defesa ao déficit hídrico é a diminuição da expansão foliar, mantendo constante a área das folhas, reduzindo a transpiração. Dessa forma alterações morfológicas como paralisação do crescimento da parte aérea pode ser considerada como resposta primária das plantas à deficiência hídrica de forma que novas folhas não serão emitidas e altas taxas de abscisão foliar serão observadas enquanto o déficit hídrico permanecer. Em situação de déficit hídrico as plantas de mandioca apresentam senescência das folhas mais velhas. No entanto continuam a produzir folhas novas, com menor tamanho, em menor quantidade, apresentando

menor área foliar total, diminuindo a interceptação luminosa. No entanto o rendimento de raízes de reserva é reduzido. (DUQUE e SETTER, 2013; EL-SHARKAWY,2007).

Essas estratégias são fundamentais para diminuir a área transpirante da planta e aumentar a eficiência no uso da água (DAMATTA et al., 2003). Outra estratégia adotada para diminuir a perda de água pelas folhas e, conseqüentemente aumentar a eficiência no uso da água, é o fechamento estomático. As células guardas perdem turgescência e/ou aumento na resistência estomática, diminuindo a perda de vapor de água pela planta através da transpiração (MOORE et al., 2008). A abertura e fechamento estomático está diretamente relacionada à intensidade luminosa e hidratação dos tecidos foliares. Sendo assim o funcionamento normal dos estômatos e a área foliar são fatores que influenciam diretamente a produtividade vegetal (COSTA, et al.,2007). A mandioca apresenta controle estomático elevado em situação de déficit hídrico no solo e altas demandas evaporativas (EL-SHARKAWY,2007).

O rápido fechamento estomático em resposta ao déficit hídrico atmosférico e no solo protege a folha da desidratação quando a água disponível é esgotada de forma lenta, durante longos períodos de seca. Este mecanismo de tolerância à seca leva a cultura da mandioca a uma alta eficiência no uso da água (EL-SHARKAWY, 2003).

A medida que o tempo de exposição e a severidade do déficit hídrico aumenta, a redução nas trocas gasosas deixa de estar apenas em função da redução da abertura estomática e restrição da difusividade do CO₂. Mecanismos relacionados a etapas fotoquímica e bioquímica passam a ser observados. Em condições de estresse hídrico severo pode ocorrer limitações em componentes estomáticos, causando danos em centros de reação do fotossistema II (ANGELOPOULOS et al., 1996). Na etapa fotoquímica o déficit provoca a formação de espécies reativas de oxigênio (EROS). O acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS), como o radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H₂O₂), radical hidroxila (OH^\bullet), radical hidroperóxido (HO₂), e oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$) induzido pelo estresse, é citotóxico. Os distúrbios metabólicos, decorrentes dessas moléculas, são consequência de danos a macromoléculas em função da oxidação de ácidos nucleicos, desnaturação de proteínas e peroxidação de lipídios. Os

distúrbios provocados pelo estresse refletem-se diretamente na redução do crescimento e produtividade das culturas (PARIDA & DAS, 2005).

Plantas cultivadas em condições hídricas próximas ao ideal, quando submetidas a déficit hídrico apresentam menor tolerância quando comparadas a plantas que já estavam em déficit hídrico gradual. Isso ocorre devido à necessidade de rápida adaptação a nova condição imposta, afetando severamente os mecanismos morfofisiológicos (SANTOS e CARLESSO, 1998).

As plantas cultivadas em campo estão quase sempre em déficit hídrico, tal situação se traduz em alterações metabólicas que influenciará os processos morfofisiológicos de forma diferenciada, que está em função da duração e intensidade do déficit hídrico. Tais alterações podem incluir redução no desenvolvimento celular e conseqüentemente sua expansão, redução nas trocas gasosas e translocação de fotoassimilados (HSIAO,1973). Processos como o aumento do volume celular são bastantes sensíveis ao déficit hídrico. A área foliar está em função da expansão foliar e, conseqüentemente, das trocas gasosas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O suprimento de água para as culturas está em função das interações existentes no sistema solo-planta-atmosfera. Dessa forma, à medida que o solo seca, a absorção de água pelas plantas é dificultada devido o aumento das forças de retenção e diminuição da disponibilidade de água (SANTOS e CARLESSO, 1998).

Mecanismos de tolerância à seca na mandioca

Aspectos da fisiologia de *M. esculenta* sob déficit hídrico já foram abordados em diversos estudos e, integrados aos dados genéticos, constituem fonte preciosa de informação para a condução do melhoramento da espécie. Diversas características foram estudadas para avaliar respostas dos vegetais, quando submetidos em condições de seca. Dentre essas características destacam-se: fotossíntese, transpiração, condutância estomática, conteúdo relativo de água e potencial hídrico foliar (RIBEIRO et al., 2012).

Ao avaliar 39 genótipos de mandioca submetidos ao déficit hídrico após quatro meses de crescimento sob irrigação, Alves et al., (2007) verificaram, ao final

de 12 meses, que as reduções mais pronunciadas ocorreram nos parâmetros relacionadas à produção de raízes de reservas: 57% e 38% de redução no peso fresco e no número de raízes de reserva por planta, respectivamente. Além disso, o déficit hídrico diminuiu o peso fresco da parte aérea em 25% e a matéria seca das raízes de reserva em 26%. O mesmo ocorreu com a capacidade de translocação de fotoassimilados para as raízes, expressada pelo índice de colheita (IC), que diminuiu em 25%. Os prejuízos que a condição de seca provoca na cultura se iniciam quando a disponibilidade de água no solo não é suficiente para atender as necessidades fisiológicas das plantas. O impedimento da absorção de água pelas raízes provoca, inicialmente, a paralisação do crescimento e o fechamento estomático, resultando na diminuição da transpiração. O fechamento dos estômatos protege as folhas das plantas da ocorrência de perda severa de água, protege as estruturas celulares e fotossintéticas de danos irreversíveis (DUQUE e SETTER, 2013).

Dependendo da espécie ou variedade, o fechamento estomático pode responder em maior ou menor intensidade ao déficit de pressão de vapor atmosférico (DPVA), independentemente do estado hídrico do solo. O aumento do DPVA está associado ao aumento da temperatura e redução da umidade, assim como normalmente se verifica nos horários próximos ao meio dia em regiões tropicais. De acordo com alguns estudos, a extrema sensibilidade estomática da mandioca ao DPVA tem sido utilizada como explicação para baixas produtividades sob condições de DPVA relativamente alto (EL-SHARKAWY & COCK, 1984; COCK et al., 1985). Este comportamento permite a maximização da eficiência de uso da água pela planta. No entanto, sob condições não limitantes de água no solo ou sob curtos períodos de déficit hídrico, uma alta sensibilidade dos estômatos ao ar seco seria desvantajosa para o ganho de carbono e, conseqüentemente, para a produtividade (DAMATTA et al., 2003). Medidas de discriminação isotópica do ^{13}C na massa seca de folhas individuais podem ser utilizadas como indicativas da eficiência de uso da água de longo prazo, uma vez que está relacionada diretamente à razão entre a assimilação (A) de dióxido de carbono (CO_2) e a condutância estomática (gs) ao vapor de água (H_2O) vigentes durante seu crescimento (FARQUHAR et al., 1989).

Referências Bibliográficas

ADJEBENG-DANQUAH,J.;GRACEN,V.E.;OFFEI,S.K.;ASANTES,I.K.;MANU-ADUENINGS,J. Genetic variability in storage root bulking of cassava genotypes under irrigation and no irrigation.Agric. & Food Secur,v.5,n.9,p.1-12,2016.

ANGELOPOULOS,K.;DICHIO,B.;XILOYANNIS,C.Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. Journal Experimental Botany,v.47,n.301,p.1093-1100,1996.

ALVES, A.A.C.; SILVA, A.F.; QUEIROZ, D.C.; DITA, M.A. Avaliação de variedades de mandioca para tolerância à seca, em condições semiáridas do Brasil.Raízes e Amidos Tropicais, v.3, p.5, 2007.

BRAY, E.A. Plant responses to water deficit. Trends in Plant Science,v. 2, p. 48-54, 1997.

CAVALCANTI,J. Perspectivas da mandioca na região semi-árida do nordeste.2004. disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2002/artigo.2004-12-07.2607918288/>.Acesso em 11 de fev.2012.

COCK, J.H.; PORTO, M.C.M.; EL-SHARKAWY, M.A. Water use efficiency of Cassava. III. Influence of air humidity and water stress on gas exchange of field grown cassava. Crop Science, v.25, p.265-272, 1985.

COSTA,G.P.;MARENCO,R.A. Fotossíntese,condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*).Acta Amazonica,v.37,n.2,p.229-234,2007.

DAMATTA, F.M. Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. In: Hemantaranjan, A. (Ed.). Advances in Plant Physiology, Scientific Publishers, India, Jodhpur, v. 5, p. 227-265,2003.

DAMATTA,F.M.;CHAVES,A.R.M.;PINHEIRO,H.A.;DUCATTI,C.;LOUREIRO,M.E.Drought tolerance of two Field-grown clones of *coffea canephora*. *Plant Science*.v.164,p.111-117,2003.

DUQUE,L.O.;SETTER,T.L. Cassava response to water deficit in deep pots:Root and shoot growth,ABA and carbohydrate reserves in stems, leaves and storage roots.*Tropical Plant Biol.*,v.6,p.199-209,2013.

EL-SHARKAWY,M.A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics:Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments.*Braz.J.Plant Physiol*,v.19,n.4,p.257-286,2007.

EL-SHARKAWY,M.A. Cassava biology and physiology.*Plant Molecular Biology*,v.53,p.621-641,2003.

EL-SHARKAWY, M.A.; and COCK. J.H. Water use efficiency of cassava: Effects of air humidity and water stress on stomatal conductance and gas exchange. *Crop Science*, v. 24, p. 497-502, 1984.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de produção de mandioca. 2011. Disponível em <<http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/#mandioca>>. Acesso em: 6 Jan. 2013.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS -. Production, crops. Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 20 maio 2014.

FARQUHAR, G.D.; EHLERINGER, J.R.; HUBICK, K.T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.40, p.503-537, 1989.

FUKUDA, C.; OTSUBO, A.A. 2003. Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca>>. Acesso em 20 de mai. de 2015.

FUKUDA, W.M.G.; PORTO, M.C.M. A mandioca no Brasil. In: Hershey, H.C. (Ed.). Melhoramento genético de la yuca em América Latina. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p.15-42, 1991.

GROXKO, M. Análise da conjuntura agropecuária safra 2017/18: mandioca. Secretaria da agricultura e do abastecimento departamento de economia rural. Paraná. 2017.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Plant. Fisiol.*, v.24, p.519-570, 1973.

IBGE (2012). Indicadores IBGE Estatística da Produção Agrícola. Documento disponível em: http://WWW.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/ispa/default_ult_atu.shtm. Acesso em jan. 2016.

LARA, A.C.C.; BICUDO, S.J.; BRACHTVOGEL, E.L.; ABREU, M.L.; CURCELLI, A.F. Melhoramento genético da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Raízes e Amidos Tropicais*, v.4, p.54-64, 2008.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Paulo: Rima, 2000. 531p.

LOPES, A. C.; VIANA, A.E.S.; MATSOMOTO, S.N.; CARDOSO JUNIOR, N.S.; SÃO JOSÉ, A.R. Complementação da irrigação e épocas de colheita de mandioca cv. coqueiro no Planalto de Conquista - BA. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 3, p. 579-587, 2010.

MOORE, J.P.; V.G. M.; FARRANT, J.M.; Driouich, A. Adaptations of higher plant cell walls to water loss: drought end desiccation. *Physiologia Plantarum*, V.134, p. 237-245, 2008.

OKOGBENIN, E.; SETTER, T.L.; FERGUSON, M.O.; MUTEGI, R.; CEBALLOS, H.; OLASANMI, B.; FREGENE, M. Phenotypic approaches to drought in cassava: review. *Frontiers in Physiology*, v.4, p.1-15, 2013.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Saafey*, v. 60, p. 324-349, 2005.

PEIXOTO, C.P. Mandioca. In: CASTRO, P.R.C. *Ecofisiologia de cultivos anuais*, Piracicaba: Nobel, 2009, p.109-126.

PIRES, R.C.M.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: Dinardo, M.L.L.; Vasconcelos, A.C.M. de. *Cana-de-açúcar*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p.631-670.

RIBEIRO, M.N.O.; CARVALHO, S.P.; PEREIRA, F.J.; CASTRO, E.M. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. *Ciência Agrônômica*, v.43, n.2, p.354-361, 2012.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos da plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SAMPAIO, A.H.R.; COELHO FILHO, M.A.; SOUSA, L.D.; BRITO, R.B.F.; Yield and quality of pera sweet orange grafted on different rootstocks under rainfed conditions. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.38, p.1-9, 2016.

SAMPAIO, A.H.R.; COELHO FILHO, M.A.; DANIEL, R. MACHADO, V.V.; SANTANA JUNIOR, E.B.S. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em lima ácida. *Pesq. Agropec. Bras.* v.5, n.10, p.1141-1148, 2010.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. A Cultura da Mandioca. Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistemas de Produção, 8 ISSN 1678-8796 Versão eletrônica Jan/2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J.K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*, v. 45, p. 523–539, 2006.

Capitulo I
**Produtividade de variedades de mandioca, sob duas condições de manejo
hídrico e arranjos de plantio**

Produtividade de variedades de mandioca, sob duas condições de manejo hídrico e arranjos de plantio

Resumo - Apesar da cultura da mandioca ser muito plantada no Brasil, ainda pouco se sabe sobre as respostas produtivas de variedades à irrigação e espaçamentos de plantio. O presente trabalho teve como objetivo quantificar a produtividade de diferentes variedades de mandioca de mesa e suas interações com espaçamento e regime de água no solo. O delineamento experimental foi blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 2 x 12, sendo duas condições de cultivo: irrigado (Precipitação + irrigação) e não irrigado (apenas precipitação); dois arranjos experimentais: fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6 m) e fileiras simples (0,9 x 0,6 m) e doze variedades: Rosinha, Saracura, Eucalipto, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Amarelo I, Talo Branco, Kiriris, Gema de Ovo e Imbé. As seguintes variáveis foram analisadas após a colheita realizada aos doze meses após plantio: massa fresca da parte aérea (kg planta^{-1}); número de raízes de reserva; produção de raízes de reserva (kg planta^{-1}); produtividade total de raízes de reserva (t ha^{-1}) e índice de colheita (%). Os resultados evidenciaram que houve interações dos sistemas de manejos (arranjos experimentais e manejo de água) com variedades, influenciando as características agrônômicas da mandioca. O arranjo em fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6m), independente do regime hídrico, foi mais produtivo; As variedades Rosinha, Branca, Talo Branco e Kiriris apresentaram as maiores produtividades de raízes de reserva. As variedades Rosinha e Branca apresentaram as maiores produções de parte aérea. A variedade Imbé apresentou o maior número de raízes de reserva. Os arranjos de plantio influenciaram a produtividade; no entanto, o manejo hídrico é o principal fator responsável pelos ganhos de produtividade nas diferentes variedades de mandioca. O arranjo em fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6m) apresentou os melhores resultados produtivos, sendo o mais indicado para produção de raízes de reserva da mandioca. O índice de colheita (IC) apresentou maior influencia da baixa produção de parte aérea, que da produção de raízes de reserva. Com isso mais estudos são necessários na tomada de decisão, unicamente com esse índice na seleção de variedades produtivas e tolerantes a estresses abióticos.

Palavras-chave: Arranjos experimentais; Competição entre plantas; Manejo de irrigação; *Manihot esculenta* Crantz; Produtividade de raízes de reserva

Productivity of varieties cassava(*Manihot esculenta* Crantz) in two water management conditions in the function of different plants arrangements

Abstract - Although the cassava crop is widely planted in Brazil, little is known about the productive responses of varieties to irrigation and planting spacing. The present work had as objective to quantify the productivity of different varieties of cassava and their interactions with spacing and water regime in the soil. The experimental design was randomized blocks (DBC), in a factorial scheme 2 x 2 x 12, with two cultivation conditions: irrigated (Precipitation + irrigation) and non irrigated (precipitation only); two experimental rows: double rows (1,5 x 0,6 x 0,6 m) and single rows (0,9 x 0,6 m) and twelve varieties: Rosinha, Saracura, Eucalipto, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Amarelo I, Talo Branco, Kiriris, Gema de Ovo and Imbé. The following variables were analyzed after harvesting at 12 months after planting: fresh shoot mass (kg plant⁻¹), number of storage roots; production of reserve root (kg plant⁻¹); yield of reserve roots (t ha⁻¹) and harvest index (%). The results showed that there were interactions of management systems (experimental arrangements and water management) with varieties, influencing the agronomic characteristics of cassava. The arrangement in double rows (1,5 x 0,6 x 0,6m), regardless of the regime was more productive; The varieties Rosinha, Branca, Talo Branco and Kiriris presented the highest yields of reserve roots. The Rosinha and Branca varieties presented the highest aerial part productions. The Imbé variety had the highest number of reserve roots. Planting arrangements influenced productivity; However, water management is the main factor responsible for productivity gains in the different varieties of cassava. The arrangement in double rows (1,5 x 0,6 x 0,6m) presented the best productive results, being the most suitable for production of cassava. Harvest index showed a greater influence of the low aerial part production, than the production of reserve roots. With this, more studies are needed in decision making, only with this index in the selection of productive varieties and tolerant to abiotic stresses.

Keywords: Experimental arrangements; Competition between plants; Irrigation management; *Manihot esculenta* Crantz; Yield of reserve roots.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem como centro de origem a região sul-americana, é uma planta arbustiva, perene, pertencente à família das euforbiáceas (SILVA, et al., 2014). Espécie cultivada nas mais variadas condições climáticas, ocupa lugar importante na segurança alimentar pela alta capacidade em produzir em zonas marginais, com baixa fertilidade e distribuição irregular de chuvas. Mesmo sendo considerada como uma cultura de tolerância à seca, a baixa disponibilidade hídrica ainda está entre as restrições abióticas mais significativas para a cultura da mandioca (OLIVEIRA et al., 2010). No Brasil, é largamente produzida, principalmente pela fácil adaptação as mais diferentes condições edafoclimáticas e alta aceitação na culinária. Essa cultura está entre os nove produtos agrícolas mais cultivados. No Brasil, segundo maior produtor mundial, atrás apenas da Nigéria a cultura ocupa uma área de cerca de dois milhões de hectares distribuídos em todas as regiões geográficas (FAO, 2014).

Por ser uma espécie tropical, para melhor produção é preferível clima quente e úmido, podendo ser encontrada entre os paralelos 30°N e 30°S e desde o nível do mar até 2300 m de altitude (ALVES, 2007).

A produtividade mundial de raízes de reserva gira em torno de 12,36 t ha⁻¹, já a produtividade brasileira é de cerca de 15,088 t ha⁻¹ (GROXKO, 2016). Tais resultados baixos são devidos, principalmente, ao déficit hídrico, altas temperaturas, ataques de doenças e pragas, associado ao uso de variedades e/ou cultivares suscetíveis e a não utilização de práticas culturais adequadas (EMBRAPA, 2003).

Apesar de relativa tolerância à seca, também tem seu crescimento e rendimento de raízes reduzidos por prolongados períodos de seca, principalmente nos primeiros cinco meses. As condições impostas à cultura durante o crescimento inicial é fator determinante na produção de raízes. As percentagens de matéria seca são altas quando o déficit hídrico não se prolonga nos estádios iniciais de desenvolvimento (BAKAYOKO et al., 2009; PEIXOTO et al., 2009; PORTO et al., 1989). É onde ocorre a maior sensibilidade da mandioca ao déficit hídrico. Nesse particular estágio de desenvolvimento é definido o número de raízes de reserva. A ocorrência de déficit hídrico nesse intervalo pode resultar em reduções na produtividade que superam 60% (PORTO et al., 1989). A quantidade de amido

armazenado nas raízes de reserva está diretamente relacionada à disponibilidade de água no solo (SOUZA et al., 2011).

O rendimento de raízes de reserva depende da duração e intensidade do estresse hídrico, bem como da sensibilidade de um particular estágio de desenvolvimento. A tolerância da cultura ao déficit hídrico deve-se à perda das folhas, a formação de folhas menores e ao fechamento parcial dos estômatos, características essenciais para diminuir a perda de água, sem, contudo, decréscimos significativos na absorção de CO₂ e acúmulo de matéria seca (EL-SHARKAWY et al., 2004). A frequente irregularidade das chuvas bem como os frequentes veranicos em épocas seguintes ao plantio favorecem a redução da quantidade e qualidade das raízes, além do alongamento do ciclo produtivo. No período de intenso crescimento vegetativo a cultura reduz o teor de amido e matéria seca, induzindo queda no rendimento e qualidade culinária das raízes (LOPES, 2006). A redução da quantidade de água fornecida as plantas afeta alguns processos morfofisiológicos. Esses efeitos também estão em função da capacidade genética das plantas, nível de CO₂, umidade relativa do ar e temperatura manejo da cultura (SANTOS & CARLESSO, 1998; GRANT, 1992).

A mandioca pode ser plantada em diferentes arranjos: fileiras duplas e fileiras simples. Alguns trabalhos têm recomendado diferentes espaçamentos, tais como: fileiras duplas: 2,0 x 0,5 x 0,5m; 2,0 x 0,7 x 0,7m; 2,0 x 0,6 x 0,6m; 1,5 x 0,5 x 0,6m e fileiras simples: 1,0 x 1,0m; 1,0 x 0,8m; 1,2 x 0,8m, dentre outros (SCHONS et al., 2009; OYARZABAL, 1995; TAVÓRA e MELO, 1993; MATTOS, 1985). O plantio em fileiras duplas apresenta vantagens como facilidade de trabalho com equipamentos, possibilidade de cultivo de outra cultura na área, melhorando a eficiência no uso do solo, aumento na produção de raízes e parte aérea, devido ao efeito bordadura (ALMEIDA, 1982). Apesar da existência de muitos trabalhos envolvendo espaçamento, ainda pouco se sabe sobre as interações com irrigação e variedades de mandioca que apresentam diferentes quanto sua tolerância à deficiência hídrica (EL-SHARKAWY, 2007; LABAN et al., 2013; OKOGBENIN et al., 2013).

O objetivo desse trabalho foi quantificar a produtividade de diferentes variedades de mandioca de mesa, submetidos a dois arranjos experimentais: fileiras duplas (1,5m x 0,6m x 0,6m) e fileiras simples (0,9 x 0,6m) com e sem irrigação suplementar.

Material e Métodos

Local e clima

O estudo foi realizado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas, Bahia (Latitude: 12°40'39"S, Longitude; 39°06' 23"W, Altitude; 225m). A precipitação média do município de Cruz das Almas-BA é de 1131,17 mm, com anos muito secos com valores abaixo de 900 mm e anos chuvosos com valores acima de 1300 mm (GUIMARAES et al., 2016). Durante o experimento foram coletados dados meteorológicos em estação meteorológica automática da Embrapa Mandioca e Fruticultura distante 50 m do experimento.

Tipo de solo, procedimentos de preparação e instalação do experimento

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, textura franco argilo-arenosa, caulínico, hipoférico, fase transição floresta tropical subperenifolia/subcaducifolia, declive 0 a 3% (SOUZA e SOUZA, 2001).

O solo foi arado, gradeado e escarificado; em seguida, os sulcos foram abertos conforme o espaçamento de cada experimento. Manivas com comprimentos entre 18 a 20 cm (mínimo de 7 gemas por porção), foram proveniente de plantas com idade aproximada de 12 meses.

Tabela 1: Análise física do solo da área experimental.

Profundidade (m)	Areia	Silte (%)	Argila	Ds	Dp	CC	PM	AD
				kg dm ⁻³			m ⁻³ m ⁻³	
0-0,2	73,2	8,7	18,1	1,67	2,53	0,1761	0,098	0,0781
0,2-0,4	62,9	6,8	30,3	1,66	2,5	0,1936	0,1514	0,0422
0,4-0,7	60	7,7	32,3	1,43	2,46	0,1837	0,132	0,0517
0,7-1,0	53,3	8,1	38,4	1,39	2,4	0,2039	0,1435	0,0604

Ds - densidade do solo; Dp - densidade de partícula; CC - capacidade de campo; PM - ponto

de murcha; AD - água disponível.

Fonte: LIMA FILHO (2013).

Manejo da irrigação e material genético utilizado

Foram avaliados 12 variedades de mandioca, sendo elas: Rosinha, Saracura, Eucalipto, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Amarelo I, Talo Branco, Kiriris, Gema de Ovo e Imbé. Essas variedades foram selecionadas por apresentar características agronômicas desejáveis e serem cultivados por produtores rurais da região. Sob duas condições hídricas: Irrigados (Precipitação + irrigação) e não irrigados (irrigação de manutenção nos dois primeiros meses após plantio + precipitação). Foi utilizado método de irrigação localizado de irrigação por microaspersão. O espaçamento entre microaspersores foi de 2,0m x 2,5m, com vazão de 60 l h⁻¹.

O manejo foi realizado repondo-se as perdas por evapotranspiração da cultura (ETc), obtida pela equação:

$$ETc = Kc \times ET_0$$

Sendo,

ETC – Evapotranspiração da cultura (mm);

Kc – Coeficiente de cultivo (adimensional);

ETO – Evapotranspiração de referência (mm).

Os coeficientes de cultivo (Kc) utilizados foram calculados conforme Coelho Filho et al. (2009) e sua variação está em função da fase fenológica da cultura.

Durante o ciclo vegetativo, foram aplicados 386,57 mm de água no tratamento irrigado. A precipitação somada a irrigação apresentou total aplicado de 1650,3 mm, bem distribuídos no ciclo da cultura, suprimindo as necessidades hídricas nas fases de enraizamento e tuberização da mandioca. O tratamento não irrigado recebeu 1263,73mm (precipitação acumulada) durante seu ciclo vegetativo.

O experimento foi instalado em agosto de 2014, final do período chuvoso em Cruz das Almas-Ba, como pode ser evidenciado pelo balanço hídrico sequencial. O período seco se estendeu até março de 2015, demonstrado pelo balanço hídrico negativo. Ocorreram nesse período pequenas chuvas, atingindo balanço hídrico positivo em algumas ocasiões (janeiro, maio, julho e agosto de 2015) A colheita foi realizada aos 12 meses após plantio (MAP) (Figura 1).

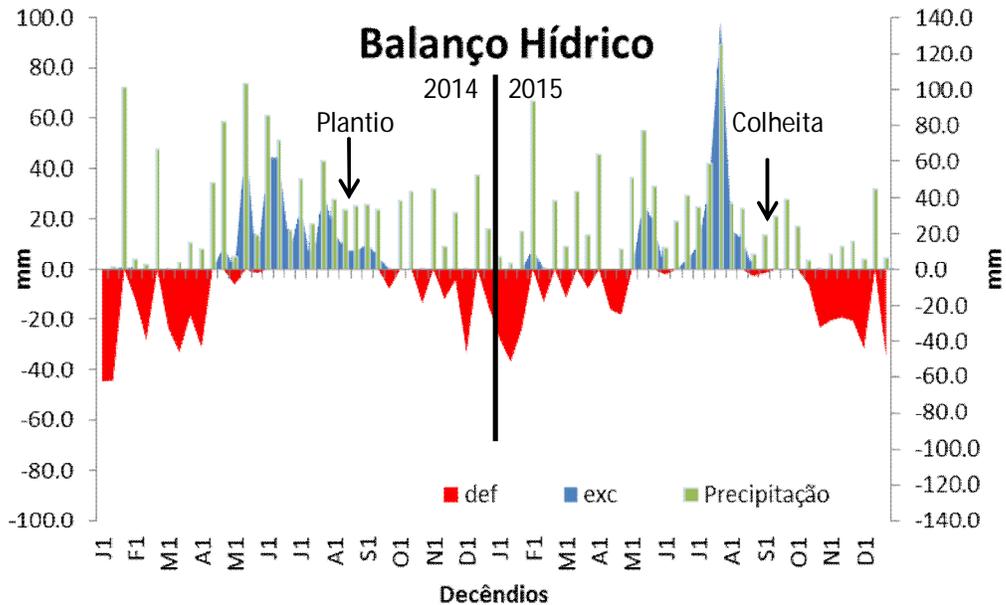


Figura 1: Representação do balanço hídrico sequencial decendial para o município de Cruz das Almas BA nos anos de 2014 e 2015.

A Figura 2 contém os dados referentes à precipitação e as irrigações ocorridas durante o ciclo de cultivo da mandioca. A precipitação total esteve em torno de 1200 mm, sendo o 1º decêndio de fevereiro de 2015 (98 mm) e o 3º decêndio de julho (125 mm), os maiores valores observados. As irrigações foram realizadas até aproximadamente 7 MAP, com total de 386 mm.

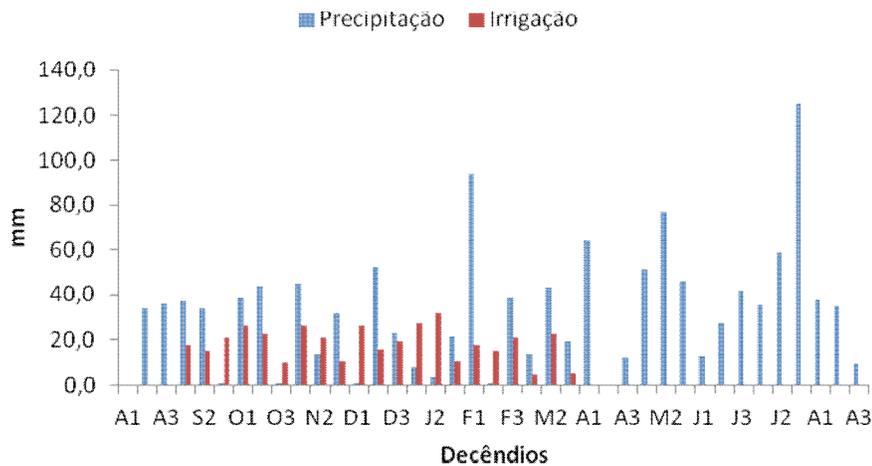


Figura 2: Representação da irrigação e precipitação para a cultura da mandioca durante o ciclo produtivo da cultura.

Desenho experimental, variáveis analisadas e procedimentos estatísticos

O experimento foi desenvolvido em três blocos, com três repetições dentro de cada bloco (30 plantas uteis), totalizando 90 plantas coletadas por bloco.

A colheita foi realizada aos 12 MAP. Foi utilizado o delineamento blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 x 12, com duas condições de cultivo (irrigado e não irrigado), dois arranjos experimentais: fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6 m) e fileiras simples (0,9 x 0,6 m) e doze variedades (Tabela 1). As médias das condições de cultivo e arranjos experimentais foram comparadas pelo teste de Tukey e as variedades agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o programa Sisvar 5.0. Quando houve interação significativa entre tratamento hídrico, arranjos experimentais e variedades foi realizado o desdobramento das variáveis dentro de cada fator. Em caso contrário, considerou-se o efeito independente dos fatores para as variáveis estudadas.

Foram analisadas as seguintes variáveis: massa fresca da parte aérea (kg planta^{-1}); número de raízes de reserva; produção de raízes de reserva (kg planta^{-1}); produtividade total de raízes de reserva (t ha^{-1}) e índice de colheita (%). O índice de colheita é a relação entre o peso de raízes e o peso total da planta (maniva semente, raízes, caule, pecíolo e folhas).

Tabela 1: Relação dos tratamentos do estudo com diferentes sistemas de cultivo para a mandioca.

Sistema de cultivo	Manejo hídrico	Espaçamento
Arranjos fileiras simples (18518 plantas ha^{-1})	Irrigado (Irrigação +Precipitação)	(0,9 x 0,6m)
	Não irrigado (Precipitação)	
Arranjos fileiras duplas (15873 plantas ha^{-1})	Irrigado (Irrigação +Precipitação)	(1,5 x 0,6 x 0,6m)
	Não irrigado (Precipitação)	

Resultados

Houve efeito dos fatores regime hídrico, arranjos de plantio e variedades para todas as variáveis estudadas ($p \leq 0,01$); no entanto, o espaçamento entre plantas não afetou o número de raízes e nem o índice de colheita, quando analisado

isoladamente (Tabela 2). Esse resultado é um indicador que as diferenças produtivas observadas, entre os arranjos de plantio, foram, principalmente, em função da massa e não do número de raízes por planta. Não houve interação tripla dos fatores estudados, arranjos de plantio, manejo hídrico e variedades (arr*mh*var) e interação dupla, arranjos de plantio e manejo hídrico (arr*mh) para as variáveis estudadas (Tabela 2).

A irrigação afetou positivamente a produção de parte aérea, produção de raízes de reserva e produtividade total de raízes de reserva. O índice de colheita que foi afetado pelo manejo hídrico por conta da maior redução da produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$) em condições de sequeiro (-27%) comparado ao efeito do déficit na redução da parte aérea (-16%) (Tabela 2).

Com relação aos arranjos de plantio estudados, os efeitos não foram tão elevados se comparados aos dos regimes hídricos; entretanto ao se utilizar o espaçamento em fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6 m) ganhos em produtividade foram observados (11,88%) e parte aérea (25,14%). O fato de não ocorrer diferenças no número de raízes e dos pequenos ganhos produtivos no espaçamento com menor densidade de plantas explica índices de colheita semelhante (Tabela 2).

Independente dos arranjos e manejo hídrico, as variedades diferiram entre si para todas as variáveis estudadas. Variedades como Rosinha, Branca e Talo branco que apresentam altas produtividades de raízes de reserva, também apresentam altas produções de parte aérea. Essa grande produção em parte aérea faz com que o índice de colheita dessas variedades seja afetado negativamente. Variedades como a Saracura que está entre as medianamente produtivas apresentou baixa produtividade de parte aérea, apresentando altos índices de colheita.

Tabela 2: Resumo da análise de variância, com teste F, coeficiente de variação e média geral das variáveis produção de parte aérea (P.A), produção de raízes de reserva (PR), produtividade total de raízes de reserva (PT), número de raízes (NR) e índice de colheita (IC) de variedades de mandioca. Cruz das Almas, 2015.

Quadrado Médio						
FV	GL	Prod.Unit	Prod	P.aérea	N.raízes	I.C.
Bloco	2	1,093635 ns	349,08 ns	2,3415 ns	3,8217 ns	0,2449 *
Arranjos (Arr)	1	34,2563 **	2001,29 **	20,7331**	0,1134 ns	0,0234 ns
Manejo hídrico (Mh)	1	45,0791 **	13122,16 **	5,5714 **	134,44 **	0,2138 **
Variedades (Var)	11	7,6896 **	2171,525 **	7,1130 **	23,66**	0,2203 **
Arr*Mh	1	0,4634 ns	7,9928 ns	0,0041 ns	2,2245 ns	0,0056 ns
Mh*var	11	2,3992 **	693,2999 **	0,7696 ns	3,7901 ns	0,0101 ns
Arr *Var.	11	1,716 *	415,774 *	0,965 *	7,820 **	0,0151 ns.
Arr*Mh*var	11	1,0643 ns	300,91ns	0,9457 ns	7,1740 ns	0,0151 ns
		(Kg planta ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	(Kg planta ⁻¹)	(unidade)	(Kg planta ⁻¹)
Arranjos	Simple	1,75b	32,44b	1,31b	4,56a	55a
	Duplo	2,31a	36,75a	1,75a	4,6a	57a
Manejo hídrico	Irrigado	2,35a	40,11a	1,65a	5,14a	58a
	Não irrigado	1,71b	29,09b	1,42b	4,02b	54b
Variedades	Rosinha	2,8a	47,65a	2,25a	5,08b	55,32c
	Saracura	1,93b	32,66b	0,84c	4,66b	68,22a
	Eucalipto	1,84b	31,61b	1,21c	3,72c	60,18b
	D.rosa	1,29d	19,36c	1,61b	3,58c	40,65e
	Dourada	1,93b	32,73b	1,65b	4,66b	52,21d
	Neilton	1,91b	32,33b	1,19c	4,61b	62,78b
	Branca	2,47a	42,3a	2,25a	4,55b	51,53d
	Amarelo I	1,57c	27,17b	1,25c	4,97b	55,94c
	Talo Branco	2,38a	40,39a	1,71b	4,3c	56,99c
	Kiris	2,53a	42,99a	1,12c	3,94c	69,05a
	G.Ovo	1,75b	30,15b	1,75b	4,22c	51,06d
Imbé	2,12b	35,84b	1,61b	6,69a	56,26c	
Erro	393	0,821	224,06	393	393	393
Total Corrigido	431					
CV(%)		44,55	43,26	47,03	38,48	14,25
Média Geral	2,0339	2,0339	34,6017	1,538	4,5856	0,5668

CV.= Coeficiente de variação; *= p<0,05 **= p<0,01 e ns= não significativo.

Houve interação para manejo de água e variedades, ($p \leq 0,01$) para a produtividade por planta (kg planta^{-1}) e produtividade total (t ha^{-1}). As variedades não mudaram a resposta de produção de parte aérea (reduzindo com o déficit), número de raízes (diminui com o déficit) e o índice de colheita (reduzindo com o déficit) em função dos manejos hídricos estudados (Tabela 2).

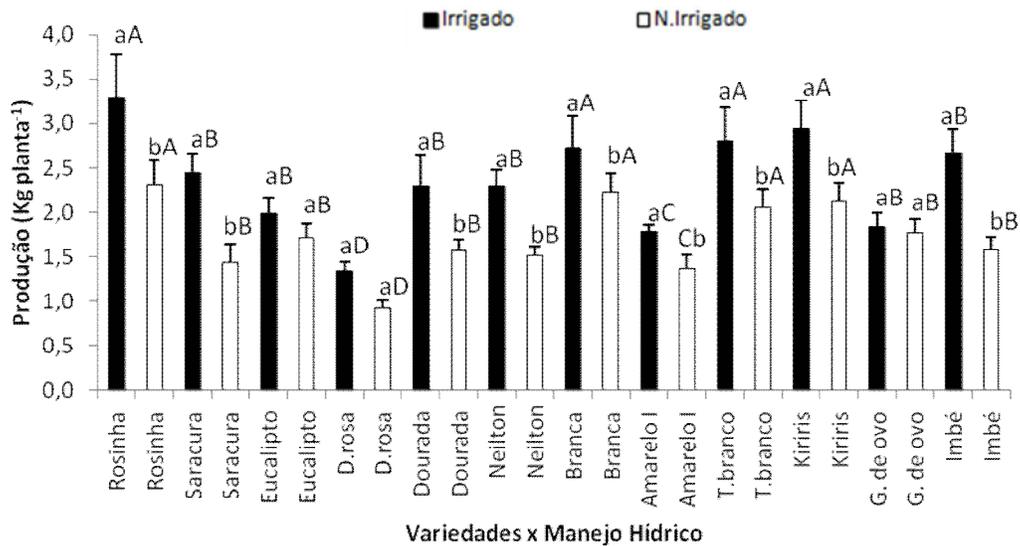


Figura 3: Valores médios de produção por planta de raízes de reserva, manejo de água x variedades. Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos irrigados e não irrigados. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as variedades pelo agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A produção de raízes por planta foi reduzida em função do tratamento sem irrigação, havendo interação manejo de água e variedades (Figura 3), explicada pela fato das variedades Eucalipto, Branca e Gema de ovo, apresentar menor sensibilidade ao déficit, não respondendo as diferenças na umidade do solo em função dos manejos hídricos avaliados. Em condições irrigadas as variedades mais produtivas são: Rosinha, Branca, Talo Branco e Kiriris. Resultados semelhantes foram obtidos para as condições não irrigadas (Figura 4).

A produtividade total de raízes de reserva apresentou comportamento similar à produção por planta, as variedades Rosinha, Saracura, Dona Rosa, Imbé, Neilton, Amarelo I, Dourada, Talo Branco e Kiriris alcançaram maiores produtividades que os tratamentos sem irrigação complementar. Reduções de: 31,15%, 32,01%, 30,0%, 30,0%, 23,0%, 23,0%, 20,9%, 16,6%, 16,0%. As variedades mais tolerantes a seca foram Eucalipto, Gema de ovo e Branca com reduções de 1%, 3% e 4%, respectivamente (Figura 4). As variedades estudadas apresentaram alta correlação na produção por planta de raízes de reserva e produtividade total de raízes de reserva entre o tratamento irrigado e o não irrigado (Figura 5).

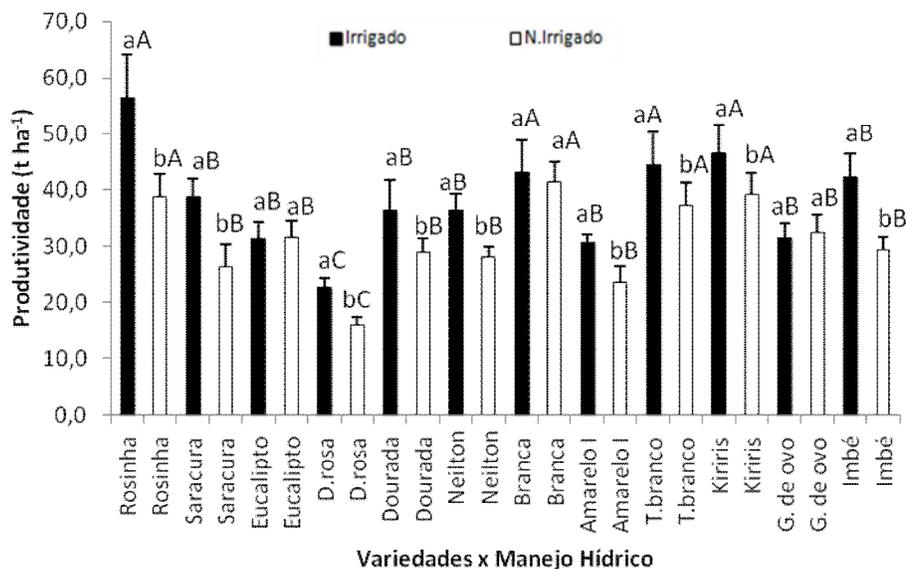


Figura 4: Valores médios de produtividade total de raízes, manejo de água x variedades. Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos irrigados e não irrigados. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as variedades pelo agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

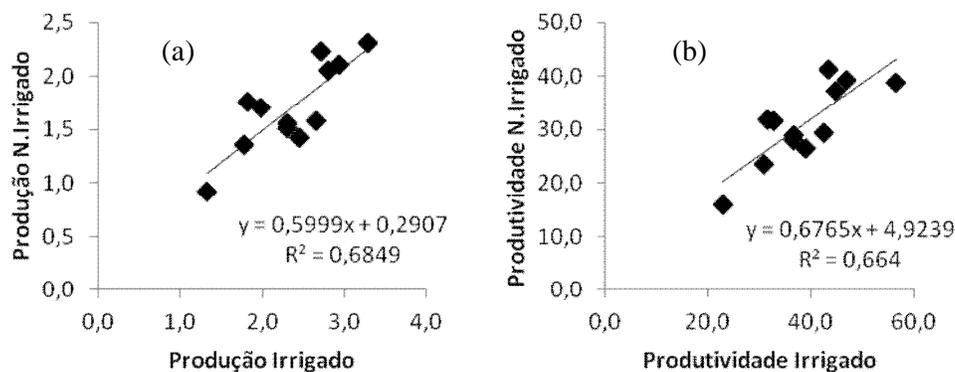


Figura 5: Correlação entre o tratamento irrigado (a) e não irrigado (b) para a variável produção por planta de raízes de reserva (kg planta^{-1}) e produtividade total de raízes de reserva (t ha^{-1}).

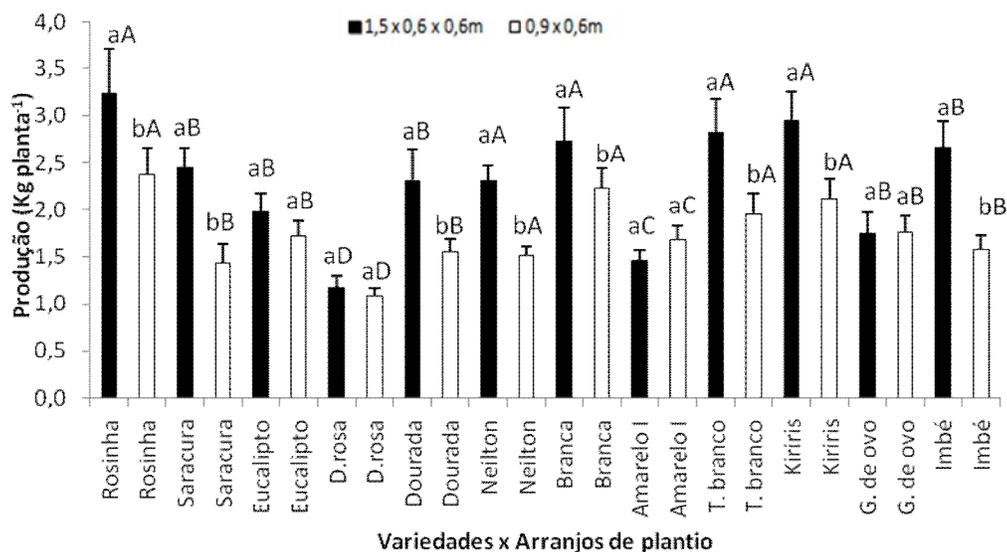


Figura 6: Valores médios de produção por planta de raízes de reserva, variedades x arranjos de plantio. Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos arranjos de plantio (fileiras duplas e simples). Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as variedades pelo agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os arranjos influenciaram as produtividades das variedades estudadas, com reduções da produção com aumento da densidade de plantio (espaçamento 0,9 x 0,6m) para algumas variedades e acréscimos para outras. As variedades Saracura, Neilton, Dourada, Kiriris, Rosinha e Branca reduziram a produção de raízes,

respectivamente, em 32%, 22,9%, 20,9%, 18,9%, 16%, 14% e 4%. No entanto, as variedades Amarelo I, Gema de ovo apresentaram acréscimos na produção de raízes de reserva com aumento da densidade de plantio em: 34,9%, 18,1% (Figura 6).

As variedades mais produtivas em parte aérea (PA) no arranjo em fileiras duplas foram a Rosinha e Branca. As menos produtivas nesse arranjo de plantio foram Saracura, Eucalipto, Neilton e Kiriris. Para o arranjo em fileiras simples as variedades mais produtivas foram Rosinha, Branca, Talo branco e Gema de ovo, sendo a Saracura a menos produtiva nesse arranjo de cultivo. Houve tendência de redução na produção de parte aérea das variedades estudadas com o aumento da densidade de plantio. Rosinha, Saracura, Branca, Imbé, Neilton, Dourada, Kiriris, Talo branco, Eucalipto, Gema de ovo, Dona rosa. 39,6%, 36,4%, 34,5%, 30,0%, 27,4%, 27,1%, 23,6%, 22,5%, 15,78%, 14,24% e 13%. No entanto, a variedade Amarelo I apresentou acréscimo de 6% na produção de PA com o aumento da densidade de plantio (Figura 8).

A variedade mais produtiva no espaçamento em fileiras duplas para a variável número de raízes foi a Imbé e as menos produtivas Eucalipto, Dona rosa, Talo branco, Kiriris e Gema de ovo. No arranjo em fileiras simples as variedades Amarelo I e Imbé apresentaram maior número de raízes de reserva. Com menor número de raízes de reserva Eucalipto, Dona rosa e Kiriris. Houve acréscimos no número de raízes quando aumentou-se a densidade de plantio para as variedades Amarelo I e Gema de ovo (48% e 37,5%), respectivamente. As variedades Branca, Imbé, Kiriris e Saracura sofreram reduções no número de raízes com o aumento da densidade de plantio (19,7%, 18%, 17,9% e 12,65%), respectivamente (Figura 9).

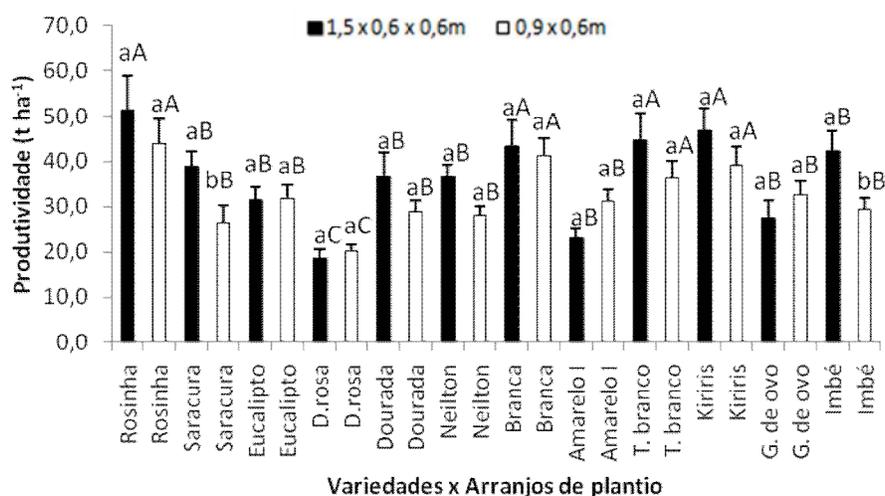


Figura 7: Valores médios de produtividade total de raízes de reserva, variedades x arranjos de plantio. Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos arranjos de plantio (fileiras duplas e simples). Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as variedades pelo agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

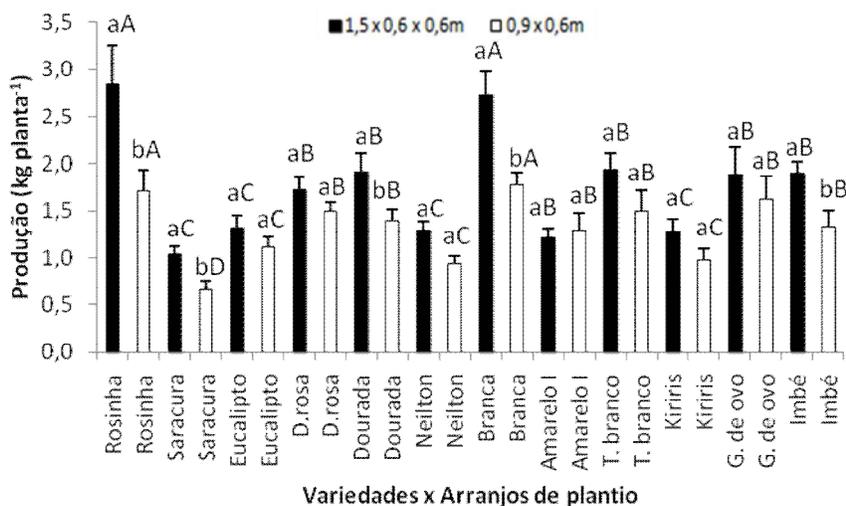


Figura 8: Valores médios de parte aérea, arranjos x variedades. Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos arranjos de plantio (fileiras duplas e simples). Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as variedades pelo agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

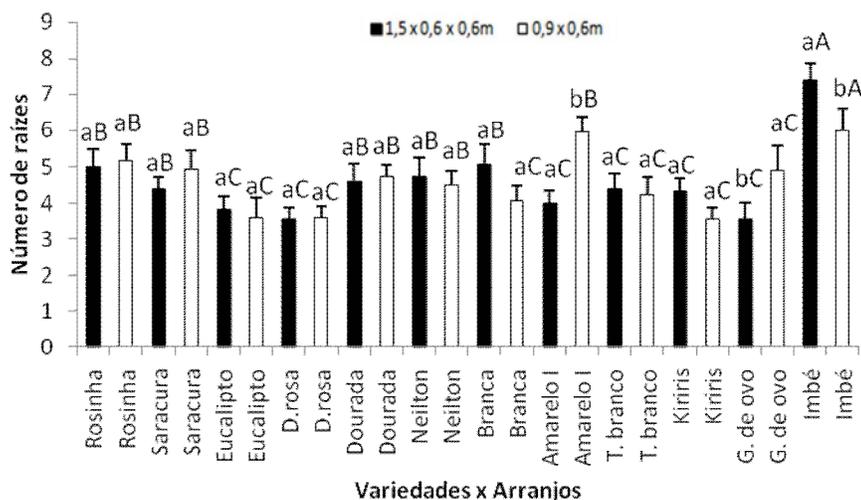


Figura 9: Valores médios número de raízes, arranjos x variedades. Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos arranjos de plantio (fileiras duplas e simples). Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as variedades pelo agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Discussão

A irrigação afetou a produtividade para os períodos de avaliação, tanto que a média das produtividades das plantas não irrigadas apenas alcançou 70% da produtividade das plantas irrigadas (Tabela 2). Entretanto não houve resposta da interação irrigação e arranjos para a cultura da mandioca (Tabela 2). Esse resultado também foi verificado por Coelho Filho et al., (2017) quando a produtividade da mandioca em condições irrigadas não foi afetada pelos arranjos de cultivo.

No ciclo da cultura (agosto de 2014 a agosto de 2015) a precipitação acumulada para o município de Cruz das Almas foi 1263,7mm. Essa precipitação acumulada está dentro da quantidade preconizada como suficiente para que a mandioca apresente produção satisfatória e foi evidenciada no presente trabalho em que as variedades estudadas apresentaram produtividades superiores às médias nacionais. No entanto, esse acumulado foi durante os doze meses de cultivo e não somente nas fases de enraizamento e tuberização. Desse acumulado 491 mm foi

durante a fase de enraizamento e tuberização (1° ao 5° MAP) e 772,7 mm a partir do 5° MAP até a colheita. Quando cultivada sem irrigação, o regime de chuvas, considerado adequado para a cultura, situa-se entre 1000 a 1500 mm, bem distribuídos entre 6 e 8 meses do ciclo vegetativo (SOUZA et al., 2006).

De forma geral o arranjo em fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6m) apresentou melhores resultados em produção por planta de raízes reserva produtividade total de raízes de reserva e produção de parte aérea. Tais resultados se justificam principalmente pela diminuição da competição intraespecífica entre as variedades por água, luz e nutrientes. Tais resultados estão de acordo com Matos et al., (1983) que ao analisar apenas nas condições de sequeiro afirmaram que o cultivo da mandioca em fileiras duplas aumenta significativamente a produção de raízes de reserva e parte aérea. A maior produtividade quando se usa o arranjo em fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6m) possivelmente esteja relacionado ao efeito bordadura (competição por água, luz e nutrientes). Esse resultado corrobora os encontrados por Coelho Filho et.,al (2017) que ao estudar o crescimento e produtividade do consórcio mandioca e feijão caupi em diferentes arranjos de cultivo em condições irrigadas, apresentou maiores produtividades de raízes de reserva no arranjo em fileiras duplas solteiras.

A produção por planta de raízes de reserva no arranjo em fileiras duplas nas variedades Rosinha e Branca foi superior ao produzido por essas variedades em arranjo em fileiras simples. O arranjo em fileiras simples (18.518 plantas ha⁻¹) apresentou 2.645 plantas a mais que o arranjo em fileiras duplas (15.873 plantas ha⁻¹), no entanto a superioridade numérica não foi suficientemente transformada em maior produtividade de raízes de reserva por hectare. A variedade Saracura apresenta produção por planta e números de raízes similares nos dois arranjos. No entanto, a produtividade total de raízes é maior no arranjo em fileira dupla, quando comparado à fileira simples.

Em solos férteis, com manejo correto da cultura e maior área de exploração para as raízes de absorção, variedades como Rosinha, Branca, Talo branco e Kiriris tendem a produzir raízes maiores e com isso alcançar altas produtividades. A resposta das variedades aos arranjos pode estar ligada ao porte das plantas e forma de distribuição dos ramos. Como exemplo, a variedade Imbé apresentou perdas significativas em todos os parâmetros produtivos em fileira simples. Como a

variedade possui porte vigoroso, necessita de maior espaçamento, para evitar o elevado auto sombreamento, o qual reduz a eficiência de interceptação de radiação ao ponto de não expressar toda sua capacidade produtiva.

Houve tendência de manutenção do número de raízes entre as variedades estudadas em função dos arranjos de plantio. Apenas a Imbé e Gema de ovo apresentaram diferenças. A variedade Imbé apresentou maior número de raízes no arranjo em fileiras duplas, quando comparado ao arranjo em fileiras simples (Figura 9). A variedade gema de ovo apresentou maior número de raízes no espaçamento em fileiras simples, porém esse maior número de raízes não foi suficiente para aumentar a produtividade. Isso pode está ligado a algum fator genético da própria variedade que em condições de maior adensamento prioriza o número de raízes em detrimento do acúmulo de massa nessa parte da planta

. O índice de colheita tem sido utilizado como um dos critérios de seleção para plantio, podendo variar em função do peso da parte aérea e/ou peso das raízes. Variações no índice de colheita também podem ocorrer em função dos diferentes arranjos de cultivo (CARDOSO JUNIOR et. al., 2005; COCK et al., 1977). No presente trabalho os arranjos de cultivo não influenciaram o índice de colheita. Indicando que esse parâmetro sofreu maior influência do regime hídrico (irrigado ou não irrigado) e das características fisiológicas das variedades. Para Laban et al., (2013) o déficit hídrico resultou em declínio no rendimento das variáveis produtivas da mandioca: reduções de 22,34% no índice de colheita, 37,04% na massa de raízes frescas, 19,43% no número de raízes e 16,62% na matéria seca total de raízes. Esses resultados indicam que o déficit hídrico tem efeitos devastadores sobre os parâmetros vegetativos e de produção da mandioca.

Dentre as variedades estudadas destacaram-se Saracura e Kiriris, com aproximadamente 70% de IC. Essas variedades apresentaram baixas produções de parte aérea (0,8 a 1,3 kg planta⁻¹) e produções razoáveis de raízes de reserva (1,8 a 2,5 kg planta⁻¹). Esse alto índice de colheita pode ser considerado como critério de seleção, para programas de melhoramento principalmente na utilização de solos com baixa fertilidade e alta densidade de plantas. A variedade D. Rosa apresentou o menor índice de colheita entre as variedades estudadas. Essa variedade possui porte intermediário, no entanto baixa produção de raízes de reserva, demonstrando baixa capacidade de translocação de fotoassimilados da parte aérea

para as raízes. A proporção de raízes produzidas em relação à parte aérea é de fundamental importância no cultivo de mandioca. Valores de índice de colheita acima de 60% são considerados ideais (CARDOSO JUNIOR et. al., 2005; AGUIAR, 2003). As variedades Rosinha e Branca apresentaram grande desenvolvimento vegetativo e com isso o arranjo em fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6 m), apresentou valores superiores de massa fresca da parte aérea em relação ao arranjo em fileiras simples (0,9 x 0,6 m). A parte aérea da mandioca pode ser utilizada na alimentação animal. Aumenta a viabilidade econômica e a produtividade da pecuária, durante períodos críticos, pois possuem elevado valor nutritivo, boa aceitabilidade e digestibilidade pelos animais (FERREIRA et al., 2009). A mandioca possui a maior concentração de proteínas nas folhas entre as euforbiáceas produzidas tradicionalmente nas regiões tropicais. Sua utilização como fonte de alimento para os animais pode redundar em economia significativa nos custos de aquisição dos alimentos protéicos, além da diversificação da produção na propriedade (ANDRE & SANTOS, 2012).

A média do número de raízes de reserva no tratamento com irrigação suplementar foi 5,14, com redução em torno de 21,69% no tratamento sem irrigação suplementar. O número de raízes de reserva em mandioca pode ser influenciado pelo manejo hídrico, adubação, arranjos de cultivo (densidade de plantas), fatores genéticos, dentre outros. O número de raízes de reserva também sofreu influência direta da idade da planta e variedade estudada. Em estudos realizados por Figueiredo (2012) constatou-se que o número de raízes aumentou de 3,8 aos oito MAP para 4,1 aos 14 MAP e a cultivar Mossoró apresentou número médio de raízes acima de 5, enquanto a cultivar Rosinha e Recife apresentou aproximadamente 3 por planta

As variedades Rosinha, Branca, Talo Branco e Kiriris apresentaram as maiores produções por planta de raízes de reserva e produtividade total de raízes de reserva de forma geral (irrigadas e não irrigadas), enquanto a Dona Rosa apresentou o pior desempenho produtivo. Os resultados alcançados para essas variedades mostraram maior plasticidade desses materiais para condições diferenciadas de disponibilidade de água e espaçamentos de plantio. A mandioca possui grande adaptação aos mais diferentes ecossistemas; as variedades possuem alta interação com o ambiente (SANTANA, 2010). Em programas de melhoramento

genético, um grande número de genótipos promissores e variedades são testados em diferentes ambientes. Estudos sobre interação genótipo x ambiente apresentam grandes resultados na seleção de genótipos em diferentes condições (irrigadas e não irrigadas). No entanto não fornecem informações detalhadas sobre o indivíduo (FARIAS NETO et al., 2013). A grande variabilidade em mandioca tem origem na ampla base genética disponível nos bancos de germoplasma e sua característica alógama (FUKUDA et al., 2002). O déficit hídrico afetou negativamente o crescimento vegetativo e a produtividade da mandioca. Dessa forma é importante que esforços sejam destinados à produção de genótipos tolerantes à seca, principalmente em regiões áridas e semi-áridas (LABAN et al.,2013).

Conclusões

Os arranjos de plantio influenciaram positivamente a produtividade; no entanto, o manejo hídrico é o principal fator responsável pelos ganhos de produtividade nas diferentes variedades de mandioca.

Características agronômicas da mandioca como produção de raízes por planta, produtividade total de raízes de reserva, parte aérea, número de raízes e índice de colheita, foram influenciados pelos sistemas de manejos adotados (arranjos experimentais e manejo de água).

As variedades Rosinha, Branca, Talo Branco e Kiriris se mostraram promissoras para produção de raízes de reserva nas condições edafoclimáticas da nossa região, com irrigação e sem irrigação. Para produção de parte aérea (alimentação animal) recomendam-se as variedades Rosinha e Branca.

O arranjo em fileiras duplas (1,5 x 0,6 x 0,6m) apresentou os melhores resultados produtivos, sendo o mais indicados para produção de raízes de reserva da mandioca.

Índice de colheita maior não refletiu em maior produtividade, demonstrando que as variedades mais produtivas não alteram ou reduzem a parte aérea em condições não irrigadas. Com isso mais estudos são necessários na tomada de decisão, unicamente com esse índice na seleção de variedades produtivas e tolerantes a estresses abióticos.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, E.B. Produção e qualidade de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita. 2003, 90f. Dissertação (Mestrado Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.

ANDRÉ, B.; SANTOS, A.C. Uso de produtos da cultura da mandioca (*Manihot*) na produção animal. Enciclopédia Biosfera, v.8, n.15, p.1622-1647, 2012.

ALMEIDA, P.A. Consórcio de mandioca (*Manihot esculenta*) com milho, amendoim e batata. 1982, 49f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.

ALVES, A.A.C.; SILVA, A.F.; Queiroz, D.C.; Dita, M.A. Avaliação de variedades de mandioca para tolerância à seca, em condições semiáridas do Brasil. Raízes e Amidos Tropicais, v.3, p.1-5, 2007.

BAKAYOKO, S.; TSCHANNEN, A.; NINDJIN, C.; DÃO, D.; GIRARDIN, O.; ASSA, A. Impact of water stress on fresh tuber yield and dry matter content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Côte d'Ivoire. S. African Journal of Agricultural Research, v.4, n.1, p.021-027, 2009.

CARDOSO JÚNIOR, N.S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F. M. Efeito do nitrogênio em características agronômicas da mandioca. Bragantia, Campinas, v.64, n.4, p.651-659, 2005.

COELHO FILHO, M.A.; GOMES JUNIOR, F.A.; GUIMARÃES, M.J.M.; OLIVEIRA, L.B. Crescimento e produtividade do consórcio mandioca e feijão caupi em diferentes arranjos de cultivo e condições irrigadas. Water Resources and Irrigation Management, v.6, n.3, p.151-159, 2017.

COELHO FILHO,M.A.; GOMES JUNIOR,F.A.Crescimento e evapotranspiração da cultura da mandioca solteira e consorciada em condições irrigadas.In:Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte-XVI.Anais...Belo Horizonte:2009.

COCK, J. H.; WHOLEY, D.; CASAS O. G.Effect of spacing on cassava (Manihot esculenta). Experimental Agriculture, v. 13, p. 289-299, 1977.

EL-SHARKAWY,M.A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics:Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid encironments.Braz.J.Plant Physiol,v.19,n.4,p.257-286,2007.

EL-SHARKAWY, M.A. Cassava biology and physiology. Plant Molecular Biology, v. 56, p. 481-501, 2004.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. Cultivo da mandioca para a região do cerrado.Cruz das Almas,2003.Disponível em:
http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/Rotacao.htm>. Acesso em:16 de Nov.2015.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS -. Production, crops. Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 20 maio 2014.

FARIAS NETO,J.T.; MOURA,E.F.; RESENDE,M.D.V.; CELESTINO FILHO,P.; Genetic parameters and simultaneous selection for root yeld adaptability and stability of cassava genotypes. Pesq. Agropec. Brás.,v.48,n.12,p.1562-1568,2013.

FERREIRA,A.L; SILVA,A.F;PEREIRA,L.G.R; BRAGA,L.G; MORAES,S.A; ARAÚJO,G.G.L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornúncia. Rev.Bras.Saúde,v.10,n.1,p.983-990, 2009.

FIGUEIREDO, P.G. Morfo-anatomia de raízes tuberosas de mandioca (manihot esculenta crantz) cultivar iac 576-70 em diferentes preparos do

solo.2012,86f.Dissertação (Mestrado em Agronomia).Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2012.

FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S. O.; IGLESIAS, C. Cassava Breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.2, p.617-638, 2002.

GUIMARÃES,M.J.M.; LOPES,I.; OLDONI,H.; COELHO FILHO,M.A. Balanço hídrico para diferentes regimes pluviométricos na região de Cruz das Almas-BA. *Ciências Agrárias*,v.59,n.3,p.252-258,2016.

GRANT, R.F. Interaction between carbon dioxide and water deficits affecting canopy photosynthesis: simulation and testing. *Crop Science*, v.32, p.1322-1328. 1992.

GROXKO, M. Análise da conjuntura agropecuária. Secretaria de estado da agricultura e do abastecimento,departamento de economia rural.Paraná.2016.

LABAN,T.F.; KIZITO,E.B.; BAGUMA,Y.; OSIRU,D. Evaluation of ugandan cassava germoplasm for drought tolerance.*intl.j.Agri Crop Sci.*,v.5,n.3,p.212-226,2013.

LIMA FILHO,A.F.; COELHO FILHO,M.A.; HEINEMAN,A.B. Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo CROPGRO.*Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*,v.17,n.12,p.1294-1300,2013.

LOPES, A. C. Efeito da irrigação e de épocas de colheita sobre a cultura da mandioca.2006,67f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia).Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2006.

MATTOS, P.L.P.; SOUZA, A.S.; CALDAS, R.C. Mandioca consorciada com milho. *Revista Brasileira de Mandioca*, v.4, n.2, p.61-67, 1985.

MATTOS, P.L.P.; CALDAS, R.C.; SOUZA, A.S. Mandioca plantada em fileiras duplas consorciada com milho. *Revista Brasileira de Mandioca*, v.2, n.1, p.55-58, 1983.

OKOGBENIN,E.; SETTER,T.L.; FERGUSON,M.O.; MUTEGI,R.; CEBALLOS,H.; OLASANMI,B.; FREGENE,M. Phenotypic approaches to drought in cassava:review.Frontiers in Physiology,v.4,p.1-15,2013.

OLIVEIRA,S.P.; VIANA,A.E.S.; MATSUMOTO,S.N.; CARDOSO JUNIOR,N.S.; SEDIYAMA,T. Efeito da poda e de épocas de colheita sobre características agronômicas da mandioca. Acta Scientiarum Agronomy,v.32,n.1,p.99-108,2010.

OYARZÁBAL, G.E. Aproveitamento Integral da mandioca no Rio Grande do Sul: Rações à base de mandioca. Porto Alegre: EMATER/RS, 1995. 64p.

PEIXOTO,C.P. Mandioca. In:CASTRO,P.R.C. Ecofisiologia de cultivos anuais, Piracicaba: Nobel, 2009,p.109-126.

PORTO, M. C. M; COCK,J.H; CADENA,G.G; PARRA,G.E; HERNANDEZ,A.D.P. Acúmulo e distribuição de matéria seca em mandioca submetida a deficiência hídrica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.24, p.557-565, 1989.

SANTOS, F.R.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.3, p.287-294. 1998.

SANTANA, R.A. Estudos genéticos do germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para qualidade da raiz..2010,87f. Dissertação (Mestrado em recursos genéticos vegetais).Universidade federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2010.

SILVA, H. R.F.; MELO, V. L.; PACHECO, D. D.; ASSIS, Y. J. M.; SALES, H. R. Acúmulo de matéria seca e micronutrientes em mandioca consorciada com bananeira. Pesq. Agropec. Trop., v. 44, n. 1, p. 15-23,2014

SOUZA,L.S.B; MOURA,M.S,B; SEDIYAMA,G.C; SILVA,T,G,F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão caupi sob sistema de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. *Bragantia*, v.70,n.3,p.715-721, 2011.

SOUZA,L.D; SOUZA,L.S. Mandioca: 500 perguntas e 500 respostas. Embrapa informação tecnológica, Brasília, DF, 2006.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D. Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas. Bahia. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF. 2001.

SCHONS,S; STRECK,N.A; STORCK,L. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento,desenvolvimento e produtividade. *Bragantia*, v.68,n.1,p.155-167, 2009.

TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I.O. Crescimento e produção da mandioca submetida a dois arranjos de plantio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.28, n.7, p.823-832, 1993.

Capítulo II
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO MANDIOCA E FEIJÃO
CAUPI EM DIFERENTES ARRANJOS DE CULTIVO E CONDIÇÕES IRRIGADAS

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO MANDIOCA E FEIJÃO CAUPI EM DIFERENTES ARRANJOS DE CULTIVO E CONDIÇÕES IRRIGADAS

Resumo – Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a produtividade de mandioca “Salongor Preta” e feijão Caupi em cultivos solteiro e consorciados sob diferentes arranjos espaciais de plantio. O estudo foi realizado em condições irrigadas. Dois arranjos experimentais foram estudados: (i) Mandioca em fileira simples consorciada ou não com feijão Caupi; e (ii) Mandioca em fileira dupla consorciada ou não com feijão. Avaliou-se também o feijão Caupi em cultivo solteiro. As variáveis avaliadas para os cultivos foram: massa seca da parte aérea, área foliar e produtividade. O cultivo irrigado em fileira dupla mostrou-se mais propício para o consórcio com o feijão Caupi. Em cultivo irrigado ocorreu aumento da produtividade da mandioca, maximizando-se as produtividades rapidamente e permitindo colheitas aos 8 meses após o plantio, independente do arranjo. Houve incremento da produtividade da mandioca em consórcio, independente do espaçamento adotado.

Palavras-chave: Densidade de plantio; Irrigação; *Manihot esculenta*; *Vigna unguiculata*.

Growth and productivity of irrigated cassava cultivated in single and intercropping system with cowpea and different spatial arrangements

Abstract- This work aimed to evaluate growth and yield of cassava “Salongor Preta” and cowpea in different spatial arrangements in single and intercropping conditions. The plants were irrigated during the experiment. Two spatial arrangement of plants were evaluated:(I) Cassava in single rows spacing, single crop cultivation and intercropping with cowpea; and (ii) Double rows spacing of cassava cultivated single and intercropping with cowpea. It was also evaluated the Caupi beans in single crop. The following traits were assessed: dry matter of shoot, total leaf area and productivity. Concerning to the productive in different arrangements, the irrigated crop in double rows is more propitious for the consortium with the Cowpea. In irrigated cultivation, there is an increase in yield of cassava when intercropped with cowpea regardless of spacing, when cassava productivity reaches high productivity up to 8 months of planting, allowing precocity at harvest. The cassava productivity is higher in intercropping system regardless the plant spacing.

Keywords: Plant density; irrigation; *Manihot esculenta*; *Vigna unguiculata*

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), com origem sul-americana, é uma planta do tipo heliófila, perene, arbustiva e pertencente à família das euforbiáceas (SILVA et al., 2014). Única espécie cultivada pelo gênero *Manihot* com características morfológicas de adaptabilidade às condições mais variadas de clima e solo, trata-se de uma importante cultura para segurança alimentar, como opção para agricultura familiar/subsistência pela capacidade de produzir relativamente bem em locais marginais de fertilidade de solo e que apresentam distribuição irregular das chuvas. Em tais condições, outras culturas tradicionais são seriamente penalizadas. Entretanto, esses podem ser alguns dos fatores que explicam a baixa produtividade da cultura em nível mundial 12,36 t ha⁻¹ e produtividade Brasileira, cerca de 15,08 t ha⁻¹ (GROXKO, 2016).

A produção de mandioca do Estado da Bahia caracteriza-se pela produção de raízes farinha e fécula, sendo utilizada como fonte alimentar para humanos e animais, (RÓS et al., 2011, ODUBANJO et al., 2011).

O consórcio de culturas é um sistema de cultivo tradicional amplamente desenvolvido em nosso país e consiste no plantio simultâneo ou não de duas ou mais culturas na mesma área (ALBUQUERQUE, 2012), sendo de fundamental importância no sistema produtivo da cultura, garantindo maior renda ao produtor. A cultivar IAC 576-70, mostrou-se adaptada às condições de consorciação no cultivo orgânico, não apresentando diferenças significativas na produção de raízes comerciais, quando comparado ao monocultivo. A inclusão do milho representou renda adicional ao produtor, cerca de 5,1 t ha⁻¹. Na consorciação com feijão Caupi obteve-se um aporte de fitomassa fresca de 12 t ha⁻¹ com contribuição em nitrogênio de 44 kg de N ha⁻¹ (DEVIDE et al., 2009).

No caso da mandioca o consórcio mais aplicado ocorre com o uso de feijão e milho. Nessa condição, onde a força de trabalho, basicamente, é composta pela mão-de-obra familiar, e as áreas são minifúndios, os cultivos múltiplos revestem de maior importância, porque otimizam o uso mais intensivo dos recursos escassos, representados pela mão-de-obra, terra e capital. A mandioca pode ser utilizada em policultivos com culturas anuais, perenes, agroflorestais e agrosilvipastoris

(EMBRAPA, 2016). O interesse pelo consórcio entre mandioca e feijão deriva do espaçamento relativamente largo entre fileiras, da menor velocidade em se estabelecer e formar o dossel, da obtenção da colheita do feijoeiro, enquanto a mandioca se desenvolve, e do ciclo de vida relativamente curto do feijoeiro (DEVIDE et al., 2009), ressaltando ainda que o mesmo completa seu ciclo antes do período de maior demanda hídrica da cultura da mandioca (a partir dos 120 dias após o plantio – DAP) (ALVES, 2006; COELHO FILHO et al., 2009; EL-SHARKAWY e COCK, J.H, 1984).

O plantio da cultura em fileiras duplas, permite o bom desenvolvimento das plantas consorciadas desde que sejam plantadas no momento correto em relação à mandioca (COELHO FILHO et al., 2009), e garante boa condição de disponibilidade de luz para as duas culturas.

A mandioca apresenta, ao longo do ano, sazonalidade em relação principalmente à qualidade das raízes de reserva que, em épocas de crescimento vegetativo mais intenso da planta, tem reduzido o teor de amido e matéria seca, provocando queda de rendimento industrial das raízes (LOPES, 2010).

De acordo com Benesi et al., (2008), a época de colheita ideal da mandioca não é conhecida, uma vez que esta cultura não apresenta um período de maturação definido. Quando as raízes são colhidas muito cedo, ocorre redução na sua produtividade, e se colhidas tardiamente, há perdas em função do desenvolvimento de raízes fibrosas e com reduzido teor de amido. Para Aguiar (2003), excetuando as regiões onde ocorrem precipitações pluviométricas durante todo o ano, a melhor época de colheita, considerando o estágio fisiológico, encontra-se no período em que as plantas apresentam-se total ou parcialmente desfolhadas, uma vez que neste período, as raízes encontram-se com maior teor de matéria seca e amido.

Estudos sobre as combinações da distribuição espacial das plantas buscam, de maneira geral, maximizar a produtividade biológica e econômica, tanto em cultivo solteiro quanto nos sistemas de cultivos consorciados (SCHONS, 2009). Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros de crescimento e produtividade de mandioca e feijão Caupi em diferentes arranjos espaciais sem limitações de qualquer natureza (físico do solo e nutricional) salvo competição das plantas por luz.

Material e Métodos

Local, clima e desenho experimental

O estudo foi realizado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas, Bahia (Latitude: 12°40'39"S, Longitude; 39°06' 23"W, Altitude; 225m). A precipitação média do município de Cruz das Almas-BA é de 1131,17 mm, com anos muito secos com valores abaixo de 900 mm e anos chuvosos com valores acima de 1300 mm (GUIMARAES et al., 2016).

O estudo consistiu-se de avaliações simultâneas do consórcio de mandioca com feijão Caupi (BRS Guariba), ciclo entre 65 e 70 dias, em diferentes arranjos (Tabela 1), segundo delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. A cultura consorte (feijão caupi- BRS Guariba, porte semiereto) foi plantada aos 60 dias após plantio (DAP) da cultura principal (mandioca). A variedade de mandioca utilizada foi a 'Salongor Preta', recomendada para região para produção de farinha. Para cada arranjo estudado, foram instaladas seis sondas TDR no perfil do solo (10, 30 e 50 cm) na linha e entrelinhas de plantio, com a finalidade de monitoramento da umidade do solo em toda a área do consórcio para fins de manejo de irrigação por meio do balanço de água na zona radicular da cultura realizado. As leituras de umidades foram realizadas todas as segundas, terças e sextas-feiras. O manejo realizado manteve o solo com umidades sempre próximo à capacidade de campo ($\theta_{cc} - \text{cm}^3\text{cm}^{-3}$), sendo que a reposição hídrica correspondeu à necessária para umidade atingisse θ_{cc} com esgotamento máximo de 30% da água disponível (capacidade de campo – ponto de murcha permanente $\theta_{pmp} - \text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) ($f = 0,3$), na profundidade do sistema radicular (Z_r), considerada de 0,5 m (Tabela 2).

Tabela 1. Relação dos tratamentos do estudo com diferentes sistemas de cultivo para a mandioca e feijão Caupi no Recôncavo baiano.

Sistema de cultivo	Espaçamento (m)	
	Mandioca	Feijão
Arranjo A (16.667 plantas ha ⁻¹)		
Mandioca simples solteira	1,00 x 0,6	-
Mandioca simples consorciada com feijão Caupi	1,00 x 0,6	0,5 x 0,3
Arranjo B (12.821 plantas ha ⁻¹)		
Mandioca dupla solteira	2,00 x 0,6 x 0,6	-
Mandioca dupla consorciada com feijão Caupi	2,00 x 0,6 x 0,6	0,5 x 0,3
Feijão Caupi solteiro	-	0,5 x 0,3

Tabela 2: Análise física do solo da área experimental.

Profundidade (m)	Areia	Silte (%)	Argila	Ds kg dm ⁻³	Dp	CC	PM m ⁻³ m ⁻³	AD
0-0,2	73,2	8,7	18,1	1,67	2,53	0,1761	0,098	0,0781
0,2-0,4	62,9	6,8	30,3	1,66	2,5	0,1936	0,1514	0,0422
0,4-0,7	60	7,7	32,3	1,43	2,46	0,1837	0,132	0,0517
0,7-1,0	53,3	8,1	38,4	1,39	2,4	0,2039	0,1435	0,0604

Ds - densidade do solo; Dp - densidade de partícula; CC - capacidade de campo; PM - ponto de murcha; AD - água disponível.

Fonte: LIMA FILHO (2013).

Avaliações biométricas

Ao longo do experimento os seguintes parâmetros de crescimento das culturas consorciadas foram avaliados: massa seca da parte aérea, área foliar e produtividade de raiz (mandioca).

A área foliar total das plantas foi estimada por método não destrutivo, através de medidas biométricas do limbo foliar, sendo AF mandioca= $(0,504C^{2,135}) * NF$ e AF feijão= $2744,5 * NF - 188,99$, onde C= comprimento do folíolo central, e NF número de folhas. Para determinação da massa seca foram coletadas a parte aérea em dez coletas, cada coleta realizada em intervalos de cinco dias, com três plantas uteis (folhas, caule, pecíolo e raízes), armazenadas em sacos e papel e encaminhadas à

estufa de ventilação forçada a 60°C até obterem peso constante. Posteriormente, esse material foi pesado em balança analítica digital.

Na ocasião, foram coletadas as raízes das plantas avaliadas para determinar a produtividade da cultura da mandioca. A produtividade do feijão Caupi foi determinada no final do ciclo da cultura, realizando-se duas colheitas manuais.

Análise estatística

Os dados da produtividade final foram submetidos à análise de variância, as médias entre os arranjos produtivos foram comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados e Discussão

Crescimento de plantas do feijão caupi nos diferentes arranjos

Foi evidenciada a maior produção em massa seca e área foliar total de plantas de feijão quando cultivados solteiros. Houve menor vigor de plantas no arranjo de plantas de mandioca em fileiras simples comparada a duplas. De qualquer forma ficou evidente que as grandes diferenças comparadas ao solteiro evidenciam que o plantio do feijão realizado aos 60 DAP da mandioca irrigada, influencia negativamente o crescimento e produtividade do feijão, principalmente em arranjos em fileiras simples (Figura 1 A e B), já que não há limites para o crescimento da cultura principal, competindo desfavoravelmente por luz com o consorte. Esse resultado está de acordo com os encontrados por Albuquerque et al. (2012) que trabalharam com consócio entre mandioca e feijão observando decréscimos de cerca de 60% em produtividade do feijão em fileiras duplas em relação ao cultivo solteiro.

Avaliações realizadas com feijão consorciado com mandioca em fileiras duplas, plantados aos 13 dias após o plantio da mandioca em fileiras duplas, permitiram produtividades próximas a 2 toneladas por hectare (dados não apresentados). Indicando que para condições irrigadas, como o crescimento da mandioca é rápido, há necessidade de plantios precoces do feijão principalmente quando se trabalha em fileiras simples.

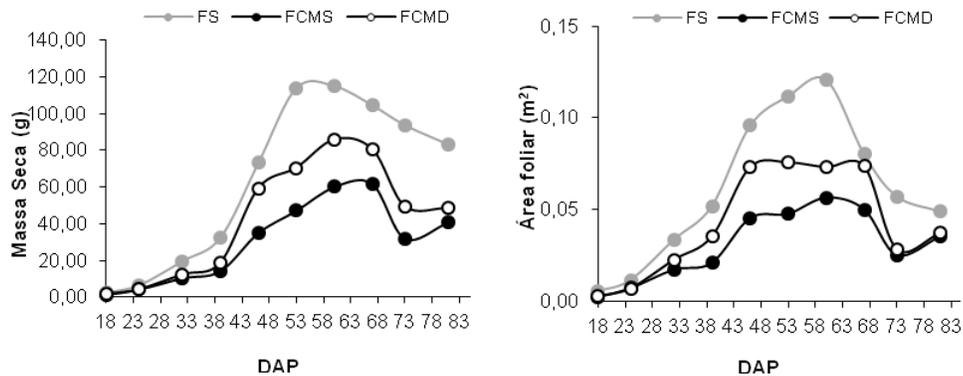


Figura 1. Área foliar total (A) e massa seca da parte aérea do feijão Caupi (B) em diferentes arranjos, onde: FS – feijão Caupi solteiro, FCMS – feijão Caupi consorciado com mandioca em fileiras simples e FCMD – feijão Caupi consorciado com mandioca em fileira dupla.

Crescimento de plantas de mandioca nos diferentes arranjos

Com base nas curvas de crescimento da mandioca cultivada em fileira simples solteira (MSS) e consorciada com o feijão Caupi (MSC), o máximo valor de área foliar foi observado aos 190 dias após a brotação (Figura 2A), apresentando 3,10 m² de área foliar/planta quando cultivada solteira, e 3,50 m² de área foliar/planta quando consorciada com o feijão Caupi. Para mandioca em fileiras duplas, o maior valor de AF foi observado aos 180 DAP, cerca de 2,3m². No presente trabalho tanto a AF como a massa seca total das plantas foram inferiores para a mandioca em fileiras duplas, quando comparada a simples. Os valores de AF para plantas em fileiras duplas foram muito próximos independente do sistema (consorciado ou não), enquanto em fileira simples houve aumento da AF no sistema consorciado, porém sem afetar a massa seca total, ligeiramente superior para mandioca solteira nas três últimas medidas (Figura 2A).

A despeito da queda em área foliar das plantas, tanto no cultivo consorciado quanto o solteiro, foram observados valores crescentes de massa seca total até o último registro a 250 DAP (Figura 2B e D), não se observando tendências diferentes ao se comparar o acúmulo de massa entre arranjos. Isso evidencia a alocação de amido e outras substâncias nos caules das plantas e taxas de acúmulo ligadas à translocação de fotoassimilados para as raízes. Esse resultado está de acordo com

Silva (2014), em estudo similar (consórcio mandioca/banana), o acúmulo de matéria seca da parte aérea foi crescente até 200 dias após o plantio (DAP). Essa resposta fisiológica também pode ser associada ao déficit hídrico, muitas vezes ocorrendo simultaneamente no consórcio, mas que no presente estudo, irrigado, fica claro que é uma resposta natural ao período evidenciados por Alves (2006), de translocação expressiva de carboidratos para raízes (180 a 300 DAP). Tal comportamento é caracterizado como um indicativo natural do ponto de colheita da cultura (DIAS e MARTINEZ, 1986; LORENZI, 1993; MATTOS, 2002; NORMANHA & PEREIRA, 1962).

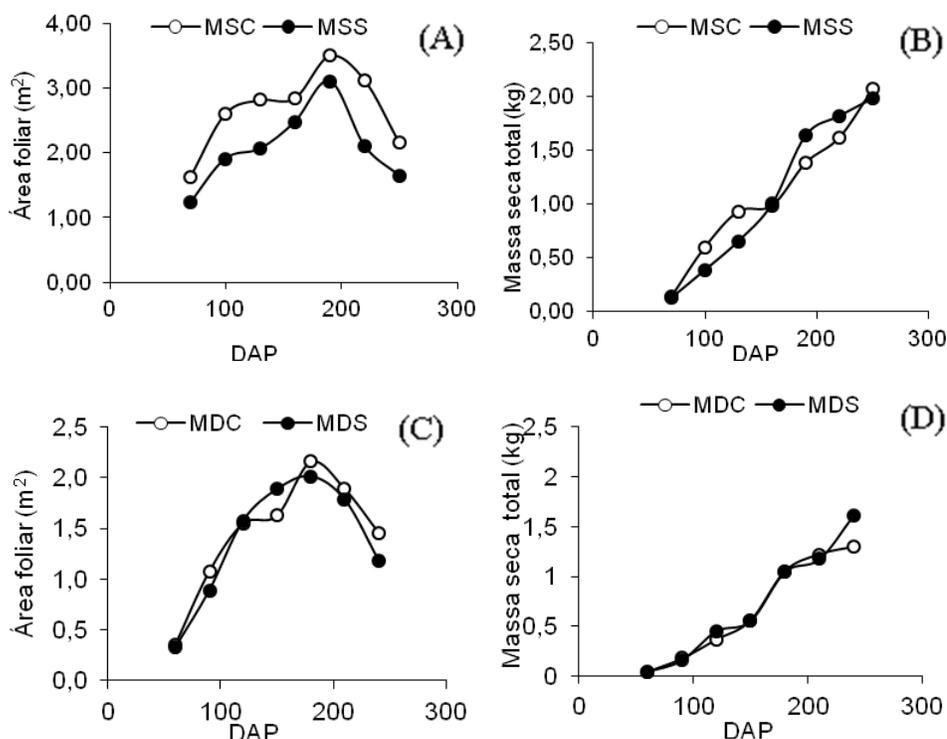


Figura 2. Área foliar total (A, C) e massa seca total da planta (folhas, pecíolos, caule, raízes) (B, D) ao longo do tempo. Mandioca ‘Salongor preta’ cultivada em diferentes arranjos, onde: MSC, mandioca em fileira simples consorciada- MSS, mandioca em fileira simples solteira, MDC – mandioca dupla consorciada com feijão caupi e MDS – mandioca dupla solteira.

Produtividade do feijão nos diferentes arranjos

Os resultados de crescimento corroboram as produções alcançadas nos arranjos estudados (Figuras 1 e 3), quando o feijão plantado solteiro (FS) possui área foliar superior quando comparado com os arranjos em consócio duplo (FCMD) e simples (FCMS).

O feijão em cultivo solteiro foi mais produtivo comparado aos consórcios (Figura 3), e quando plantado aos 60 DAP a produção do Caupi sofreu maiores reduções. Esse resultado se justifica devido à competição entre as plantas, prejudicando somente o feijão. O arranjo duplo (FCMD) quando comparado com o simples (FCMS), apresentou maior incremento na produtividade, cerca de 47%, justamente pelo fato do FCMD possuir maior espaçamento entre fileiras de plantas da mandioca, não intensificando a competição por luminosidade, nutrientes e água entre a cultura da mandioca e o feijão Caupi.

O FS produziu $1,45 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 5), esse resultado está próximo aos encontrados por Freire filho et al. (2013) que classificaram a produtividade do Caupi numa faixa de $1,087 \text{ t ha}^{-1}$ a $2,070 \text{ t/ha}$, variando apenas devido a lâmina de irrigação aplicada.

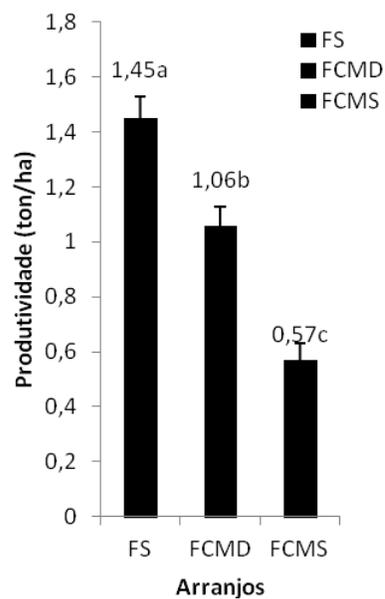


Figura 3. Produtividade final do feijão Caupi em diferentes arranjos, onde: FS – feijão Caupi solteiro, FCMS – feijão caupi consorciado com mandioca em fileiras simples e FCMD – feijão Caupi consorciado com mandioca em fileira dupla.

Produtividade da mandioca nos diferentes arranjos

Arranjos estudados envolvendo o uso de fileiras duplas ou simples quando em consórcio com o feijão proporcionaram as maiores produtividades de mandioca em condições irrigadas, 36,2 e 38,39 respectivamente ($p \leq 0,05$), Tabela 2. Devede et al., (2009) ao avaliar a produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e Caupi em sistema orgânico não verificaram efeitos dos consórcios nas produtividades de mandioca comparativamente à cultivada em sistema solteiro. No entanto, apresentaram informações importantes sobre agregação de nitrogênio ao solo no consórcio mandioca e feijão Caupi, que podem, juntamente com a maior conservação da água no solo, explicar as diferenças produtivas.

Tabela 2. Comparação entre diferentes arranjos em relação à variável produtividade para mandioca variedade 'Salongor preta', colhida aos 240 DAP.

	Arranjos	Produtividade (t.ha ⁻¹)
Mandioca	Dupla solteira (MDS)	25,51a
	Simple solteira (MSS)	30,33ab
	Dupla consorciada (MDC)	36,19b
	Simple consorciada (MSC)	38,39b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. DAP: dias após o plantio da mandioca.

Houve ligeira precocidade da mandioca cultivada em fileira simples (consorciada ou não) com valores estabilizando a partir da colheita realizada 190 DAP (Figura 4 A). No caso da mandioca em fileiras dupla, a produtividade dos dois arranjos (MDC e MDS) foram parecidas nas fases iniciais do cultivo. O cultivo de MDS foi superado em produtividade pelo MDC nas fases subsequentes. Para esse sistema, as produtividades foram aumentando com o tempo, com tendência de estabilizar aos 240 DAP para consorciada e crescente até os 270 DAP para o cultivo, sendo que nas duas condições atingindo valores próximos a 40 t ha⁻¹. Esse resultado evidencia que para os dois arranjos não há interferência negativa do consócio para o desenvolvimento e produção da mandioca (Figura 4B).

Os resultados corroboram afirmativas de que a colheita do cultivo de mandioca irrigado deve ser antecipada, pois nesse sistema há precocidade de produção. Importante destacar que a manutenção da irrigação a partir do ponto de inflexão da produtividade certamente estará ligada à redução dos ganhos econômicos.

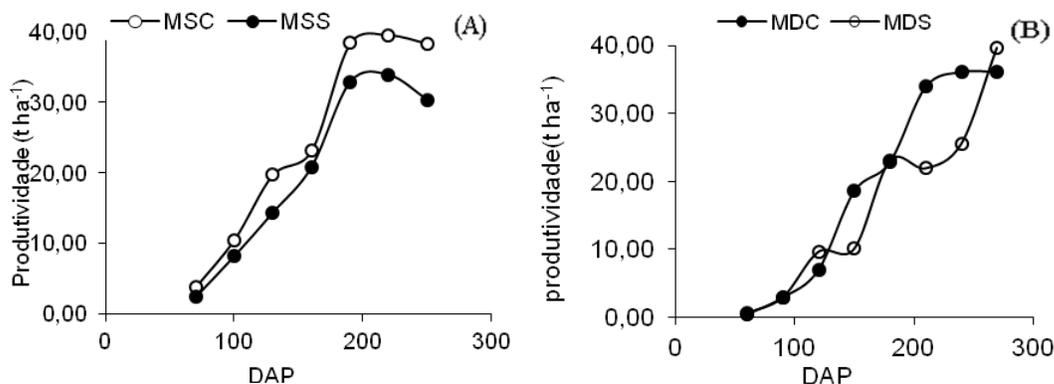


Figura 4. Produtividade (A e B) tomada ao longo do tempo de cultivo da mandioca variedade Salongor preta em diferentes arranjos, onde: MDC – mandioca dupla consorciada com feijão Caupi e MDS – mandioca dupla solteira. DAP: dias após o plantio da mandioca.

Quando a produtividade apresentada (Tabela 2) é transformada em produtividade por planta de raízes de reserva de mandioca (Figura 5), o arranjo com fileiras duplas, consorciado ou não com Caupi, apresentaram respectivamente melhores resultados (2,82 e 1,96 kg planta⁻¹) dentro de cada sistema. Tais resultados indicam que ao se trabalhar com fileiras simples há queda na produtividade por planta (kg de raiz/planta), provavelmente pela competição por luz, em se tratando de mandioca irrigada. Interessante fazer um paralelo com os resultados de acúmulo de massa seca total, inferiores para o cultivo em fileiras duplas, implicando em aumento dos índices de colheita do plantio nesse arranjo (Figura 2).

Destaca-se o acréscimo substancial na produtividade desse arranjo (fileira simples) no presente estudo, o que se deve ao grande número de plantas por unidade de área (16.667 plantas ha⁻¹), comparado ao arranjo em fileiras duplas (12.820 plantas ha⁻¹), favorecido pela disponibilidade ótima de água no solo, o que não limitou a produtividade pela competição para absorção de água, o que pode ser agravada em plantas espaçadas em maior densidade quando em condições de sequeiro

As vantagens do sistema consorciado quando comparado ao cultivo solteiro, são: aumento na produtividade por unidade de área (MATTOS et al., 2002), proteção vegetativa do solo contra a erosão, controle das plantas daninhas (DEVIDE et al.,

2009), redução da incidência de pragas e doenças nas culturas consorciadas, proporcionando, com maior frequência, maior lucro ao pequeno produtor, além de diversificar as fontes de renda e oferecer diversidade de produtos para o agricultor (ALVES et al., 2006).

Há de se evidenciar que a maioria dos estudos realizados no passado foi em cultivo de sequeiro, por isso, talvez não se tenha verificado no presente estudo diferenças na produtividade final entre os espaçamentos (Tabela 2), que em condições de sequeiro poderiam evidenciar uma possível competição por água na maior densidade de plantio ao ponto de reduzir a produtividade por hectare. Esse resultado é um indicador, também, que para condições irrigadas, onde não há limitações por água, há possibilidade de diminuir o espaçamento das fileiras duplas, o que pode representar ganhos adicionais em produtividade da cultura.

Mesmo assim, há de se destacar que o aumento da produtividade por planta (fileiras duplas), permite os mesmos ganhos produtivos com maior rendimento econômico visto ao aumento da produtividade do feijão e menor custo no plantio com manivas/ha e mão de obra para semeadura. Os resultados do presente trabalho corroboram resultados encontrados na literatura, acrescentando que a produção da cultura principal pode ser aumentada, o que representa ganhos econômicos ainda maiores.

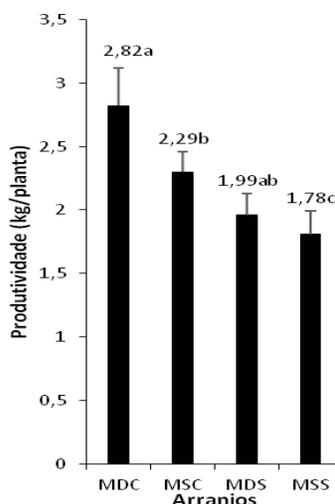


Figura 5. Produtividade unitária de mandioca (Kg/planta) em diferentes arranjos aos 240 DAP, onde: MDC, mandioca consorciada em fileira dupla – MDS mandioca em fileira em fileira dupla solteira- MSC, mandioca em fileira simples consorciada- MSS, mandioca em fileira simples solteira.

Conclusões

O plantio de Caupi em arranjo com mandioca em fileiras duplas é o mais indicado por proporcionar maiores produtividades da mandioca

O cultivo consorciado proporcionou aumento da produtividade da mandioca, independente do arranjo.

Em cultivo irrigado a variedade 'Salongor Preta' a mandioca pode ser colhida com até 8 meses após o plantio, com produtividades próximas a 40 t ha⁻¹,

Independente do arranjo espacial da mandioca há melhoria do rendimento quando a mesma é consorciada com o feijão.

Referências bibliográficas

AGUIAR, E.B. Produção e qualidade de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita. 2003, 90f. Dissertação (Mestrado Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J.M.A.; SILVA, A.A.; UCHÔA, S. C. A. Cultivo da mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. *Ciência Agronômica*, v.43,n.3, p.532-538, 2012.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. IN: Souza, L. S. et al. Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 138-169. Aye, M.; Howeler, R. H. Cassava agronomy: intercropping systems. In: Howeler, R. H. (ed.) *The cassava handbook: a reference manual based on the Asian regional cassava training course, held in Thailand*. Cali: CIAT. 2012. p. 613-625.

BENESI, I. R. M.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L.; MAHUNGU, N. M.; SAKA, J. K. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. *Euphytica*, v.4, n.160, p. 59-74, 2008.

COELHO FILHO, M.A.; GOMES JUNIOR, F.A. Crescimento e evapotranspiração da cultura da mandioca solteira e consorciada em condições irrigadas. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte-XVI. Anais... Belo Horizonte: 2009.

DEVIDE, A. C. P.; RIBEIRO, R. de L. D.; VALLE, T. L.; ALMEIDA, D. L. de.; CASTRO, C. M. de; FELTRAN, J. C. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.1, p.145-153, 2009.

DIAS, C. A. DE C.; MARTINEZ, A. A. Mandioca: Informações importantes. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1986. 20 p.

EL-SHARKAWY, M.A.; COCK, J.H.; HELD, A.A. Water use efficiency of cassava. II. Differing sensitivity of stomata to air humidity in cassava and warm climate species. *Crop Science*, v. 24, n.3, p.503-5077, 1984.

FREIRE FILHO, F.R.; VILARINHO, A.A.; CRAVO, M. S.; CAVALCANTE, E.S. Panorama da cultura do feijão-caupi no Brasil. In: Workshop sobre a cultura do feijão caupi em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. 2013.

GUIMARÃES, M.J.M.; LOPES, I.; OLDONI, H.; COELHO FILHO, M.A. Balanço hídrico para diferentes regimes pluviométricos na região de Cruz das Almas-BA. *Ciências Agrárias*, v.59, n.3, p.252-258, 2016.

GROXKO, M. Análise da conjuntura agropecuária. Secretaria de estado da agricultura e do abastecimento, departamento de economia rural. Paraná. 2016.

Lima Filho, A. F.; Coelho Filho, M. A.; Heinemann, A. B. Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo CROPGRO. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 12, 2013.

LOPES, A. C.; VIANA, A. E. S.; MATSOMOTO, S. N.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; SÃO JOSÉ, A. R. Complementação da irrigação e épocas de colheita de mandioca cv. coqueiro no planalto de conquista, BA. Ciência Agrotecnologia, v. 34, n. 3, p.579-587, 2010

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. DE. Cultura da mandioca. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 41 p. (Boletim técnico, n. 211).

MATTOS, P. L. P. DE. Consorciação e rotação de culturas. IN:Souza, L. S. et al. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2002. p. 518-559.

NORMANHA, E. S.; PEREIRA A. S. Instruções para a cultura da mandioca. Campinas: Instituto Agrônômico, 1962. 28 p. (Boletim, n.124).

ODUBANJO, O. O.; OLUFAYO, A. A.; OGUNTUNGE, P. G. Water use, growth, and yield of drip irrigated cassava in a humid tropical environment. Soil and Water Research, Praha, v. 6, n. 1, p. 10-20, 2011.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; ARAÚJO, H. S.; NARITA, N. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, n. 4, p. 552-558, 2011.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; KRAULICH, B.; PINHEIRO, D. G.; Water Resources and Irrigation Management, v.6, n.3, p.151-159, 2009.

SILVA, H. R. F.; MELO, V. L.; PACHECO, D. D.; ASSIS, Y. J. M.; SALES, H. R. Acúmulo de matéria seca e micronutrientes em mandioca consorciada com bananeira. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, n. 1, p. 15-23, 2014.

SOUZA, L DA S.; SOUZA, L. D. Manejo e conservação do solo. IN:SOUZA, L. S. et al. Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 248-290.

Capitulo I I I

Produtividade de variedades de mandioca de mesa irrigada e épocas distintas de colheita

Produtividade de variedades de mandioca de mesa irrigada e épocas distintas de colheita

Resumo - Esse trabalho teve como objetivo avaliar em condições irrigadas e não irrigadas as diferentes épocas de colheita em relação aos aspectos fisiológicos, crescimento, e produtividade de raízes de reserva de diferentes variedades de mandioca. O experimento foi plantado em setembro de 2010 e as colheitas foram feitas aos 6, 8 e 10 meses após plantio. Foram avaliados sete variedades de mandioca, sendo elas: Saracura, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Gema de Ovo e Imbé, sob duas condições hídricas: Irrigados (Precipitação + irrigação) e não irrigados (irrigação de manutenção nos dois primeiros meses após plantio + precipitação). As variáveis analisadas foram: produtividade de parte aérea; produtividade total e comercial; índice de colheita; potencial hídrico foliar; condutância estomática; conteúdo relativo de água (época úmida e época seca). O déficit hídrico afetou negativamente as variáveis fisiológicas da mandioca, bem como apresentou influência decisiva nas perdas de quantidade e qualidade das raízes de reserva. Aos seis meses após plantio (MAP) apenas a variedade Imbé apresentou produtividade satisfatória de raízes de reserva (acima de 20 t ha⁻¹). Variedades como a Saracura podem ser colhidas aos oito MAP, sem perdas significativas em produtividade.

Palavras-chave: Aspectos fisiológicos; Manejo da irrigação; *Manihot esculenta*; Produção de raízes de reserva

Productivity of irrigated table cassava varieties and distinct harvest seasons

Abstract- The objective of this work was to evaluate the different harvesting times in irrigated and non irrigated conditions in relation to the physiological aspects, growth, and yield of reserve roots of different cassava varieties. The experiment was planted in September 2010 and harvested at 6, 8 and 10 months after planting. Seven varieties of cassava were evaluated: Saracura, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Gema de Ovo and Imbé, under two water conditions: Irrigated (Precipitation + irrigation) and non irrigated (maintenance irrigation in the first two months after planting + rainfall). The variables analyzed were: shoot yield; total and commercial

productivity; harvest index; foliar water potential; stomatal conductance; relative water content (wet season and dry season). The water deficit negatively affected the physiological variables of cassava, as well as it had a decisive influence on the losses of quantity and quality of the reserve roots. At six months after planting (MAP) only the Imbé variety had satisfactory yield of reserve roots (above 20 t ha⁻¹). Varieties like Saracura can be harvested at eight MAP without significant losses in productivity.

Keywords: Physiological aspects; Irrigation management *Manihot esculenta*; Yield of reserve roots

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), planta do tipo heliófila, perene, arbustiva e pertencente a família das euforbiáceas. Possui como centro de origem a região sulamericana (SILVA et al., 2014). Representa uma das fontes mais importantes de carboidratos nas regiões tropicais e subtropicais (EL-SHARKAWY et al., 2004). Nos países africanos a mandioca, cultura de origem brasileira, se expandiu rapidamente de forma satisfatória. Se tornando cultura de segurança alimentar (GROXKO, 2016).

No Brasil, os estados do Pará, do Paraná e da Bahia, juntos, foram os que mais produziram: o equivalente a 46,4% (11,7 milhões de toneladas) da produção nacional. A produtividade mundial de raízes de reserva gira em torno de 12,36 t ha⁻¹, já a produtividade Brasileira, cerca de 15,08 t ha⁻¹ (GROXKO, 2016). Dentre os fatores que limitam a produtividade da mandioca, destaca-se a podridão radicular, associado ao uso de variedades suscetíveis e a não utilização de práticas culturais adequadas aos sistemas produtivos (EMBRAPA, 2003). A produção de mandioca do Estado da Bahia caracteriza-se pela produção de raízes, farinha e fécula, sendo utilizada como fonte alimentar para humanos e animais (RÓS et al. 2011; ODUBANJO et al., 2011).

A mandioca apresenta, ao longo do ano, sazonalidade em relação principalmente à qualidade das raízes de reserva que, em épocas de crescimento

vegetativo mais intenso da planta, tem reduzido o teor de amido e matéria seca, provocando queda de rendimento industrial das raízes (LOPES, 2006).

A época de colheita ideal da mandioca não é bem definida, uma vez que esta cultura não apresenta um período de maturação definido. Quando as raízes são colhidas muito cedo, ocorre redução na sua produtividade, e, se colhidas tardiamente, há perdas em função do desenvolvimento de raízes fibrosas e com reduzido teor de amido (BENESI et al., 2008). Excetuando as regiões onde ocorrem precipitações pluviométricas durante todo o ano, a melhor época de colheita, considerando o estágio fisiológico, encontra-se no período em que as plantas apresentam-se total ou parcialmente desfolhadas, uma vez que neste período, as raízes encontram-se com maior teor de matéria seca e amido (AGUIAR, 2003).

A produção de parte aérea e a altura de plantas aumentaram com a permanência das plantas em campo. Entretanto, as plantas apresentaram menor área foliar aos 310 dias após plantio (PONTE, 2008).

Mesmo a mandioca sendo considerada tolerante a seca, déficit hídrico na fase de enraizamento e tuberação (1° ao 5° mês após plantio) provoca perdas significativas na quantidade e qualidade das raízes de reserva (ANDRADE et al., 2009). Apesar da produção de raízes ser reduzida sob condições de escassez de água, a cultura pode recuperar-se quando a água torna-se disponível, por meio da rápida formação de novas folhas, de modo a compensar as perdas de produção; com efeito, a produção aproxima-se da produção de cultivos bem irrigados. A mandioca pode extrair, lentamente, água das camadas profundas do solo, uma característica de grande importância em ambientes semi-áridos sazonalmente secos (EL-SHARKAWY, 2007).

A água é fator limitante, em praticamente todos os aspectos fisiológicos e adaptativos da mandioca, sendo verificadas mudanças de comportamento em função das lâminas de irrigação aplicadas (COELHO FILHO et al., 2009). A eficiência no uso da água (EUA) tem sido usada como parâmetro de determinação do rendimento de plantas sob estresse. É altamente influenciada por características morfofisiológicas, como abertura e densidade estomática, presença ou ausência de cobertura nas folhas (tricomas, cera epicuticular) e posicionamento dos estômatos. Os estômatos compreendem as principais estruturas relacionadas às trocas gasosas pelas plantas. Na mandioca a alteração na quantidade de água perdida está em

função de alterações no mecanismo, tamanho e distribuição dos estômatos. Fatores ambientais como temperatura, umidade relativa do ar ou do solo e velocidade do vento influenciam diretamente a eficiência no uso da água (OLIVEIRA e MIGLIORANZA, 2014; ASPIAZÚ et al., 2010).

Esse trabalho teve como objetivo avaliar em condições irrigadas e não irrigadas as diferentes épocas de colheita em relação aos aspectos fisiológicos, crescimento, e produtividade de raízes de reserva de diferentes variedades de mandioca.

Material e Métodos

Local e clima

O estudo foi realizado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas, Bahia (Latitude: 12°40'39"S, Longitude; 39°06' 23"W, Altitude; 225m). A precipitação média do município de Cruz das Almas-BA é de 1131,17 mm, com anos muito secos com valores abaixo de 900 mm e anos chuvosos com valores acima de 1300 mm (GUIMARAES et al., 2016). Durante o experimento foram coletados dados meteorológicos em estação meteorológica automática da Embrapa Mandioca e Fruticultura distante 50 m do experimento.

Tipo de solo, Procedimentos de preparação e instalação do experimento

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, textura franco argilo-arenosa, caulínico, hipoférrico, fase transição floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia, declive 0 a 3% (SOUZA e SOUZA, 2001).

O solo foi arado, gradeado e escarificado; em seguida os sulcos foram abertos conforme o espaçamento. Manivas com comprimentos entre 18 a 20 cm (mínimo de 7 gemas por porção), foram retiradas de plantas com idade aproximada de 12 meses.

Tabela 1: Análise física do solo da área experimental.

Profundidade (m)	Areia	Silte (%)	Argila	Ds	Dp	CC	PM	AD
0-0,2	73,2	8,7	18,1	1,67	2,53	0,1761	0,098	0,0781
0,2-0,4	62,9	6,8	30,3	1,66	2,5	0,1936	0,1514	0,0422
0,4-0,7	60	7,7	32,3	1,43	2,46	0,1837	0,132	0,0517
0,7-1,0	53,3	8,1	38,4	1,39	2,4	0,2039	0,1435	0,0604

Ds - densidade do solo; Dp - densidade de partícula; CC - capacidade de campo; PM - ponto de murcha; AD - água disponível.

Fonte: LIMA FILHO (2013).

Manejo da irrigação e material genético utilizado

Foram avaliados sete variedades de mandioca, sendo elas: Saracura, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Gema de Ovo e Imbé, sob duas condições hídricas: Irrigados (Precipitação + irrigação) e não irrigados (irrigação de manutenção nos dois primeiros meses após plantio + precipitação). Essas variedades foram selecionadas por apresentar características agrônômicas desejáveis e serem cultivados por produtores rurais da região.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi obtida pela equação:

$$ETc = Kc \times ETo \times Kr$$

Sendo,

ETC – Evapotranspiração da cultura (mm);

Kc – Coeficiente de cultivo (adimensional);

ETO – Evapotranspiração de referência (mm).

Kr – Coeficiente de redução da evapotranspiração, calculado conforme Freeman e Garzoli, citado por Vermeiren e Jobling (1997).

Os coeficientes de cultivo (Kc) utilizados foram calculados e sua variação está em função da fase fenológica da cultura (COELHO FILHO et al., 2009).

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento com emissores autocompensados da AGROJET modelo GA – 4, com vazão de 4 litros por hora e pressão de trabalho variando de 8 a 10 m.c.a., espaçados na linha lateral de 0,50 m.

Durante o ciclo de cultivo, foi aplicado 357,40 mm de água no tratamento irrigado. No tratamento não irrigado, foi aplicado 85 mm de água nos dois primeiros

meses após plantio. A precipitação somada a irrigação apresentou total aplicado de 1441,2 mm, bem distribuídos no ciclo da cultura, suprimindo as necessidades hídricas nas fases de enraizamento e tuberização da mandioca no tratamento irrigado.

O experimento foi instalado em setembro de 2010, final do período chuvoso em Cruz das Almas-BA, como pode ser evidenciado pelo balanço hídrico sequencial. O período de déficit se estendeu até abril de 2011, demonstrado pelo balanço hídrico negativo. Ocorreram nesse período, pequenas chuvas, atingindo balanço hídrico positivo em algumas ocasiões (abril, maio, e junho de 2011). A colheita foi realizada aos 6, 8 e 10 meses após plantio (MAP), período em que o déficit hídrico foi acentuado (Figura 1).

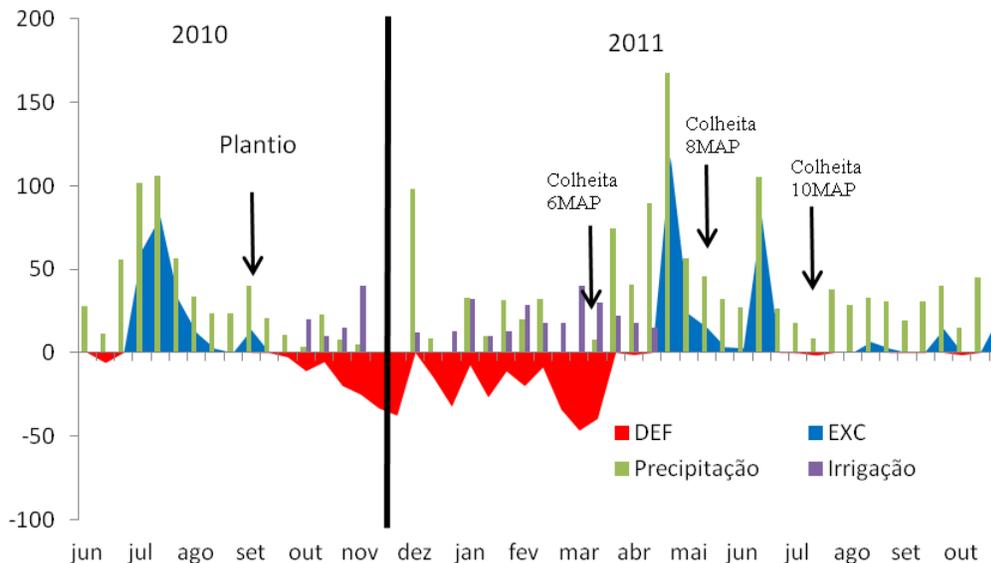


Figura 1: Representação do balanço hídrico sequencial decendial para o município de Cruz das Almas BA, nos anos de 2010 e 2011 durante o ciclo de cultivo.

Desenho experimental, variáveis analisadas e procedimentos estatísticos

O experimento foi desenvolvido em dois blocos, com três repetições dentro de cada bloco (15 plantas uteis), totalizando 30 plantas coletadas por bloco.

Colheitas foram realizadas aos 6, 8 e 10 meses após plantio. Foi utilizado o delineamento blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 x 7, com duas condições de cultivo (irrigado e não irrigado), três épocas de colheita: (6, 8 e 10 MAP) e sete variedades. As médias das condições de cultivo e épocas de colheita foram comparadas pelo teste de Tukey e as variedades agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Espaçamento 1,0 x 0,8 metros em fileiras simples, totalizando 12.500 plantas por hectare.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o programa Sisvar 5.0. Quando houve interação significativa entre tratamento hídrico, arranjos experimentais e variedades foi realizado o desdobramento das variáveis dentro de cada fator. Em caso contrário, considerou-se o efeito independente dos fatores para as variáveis estudadas.

Foram analisadas as seguintes variáveis: massa fresca da parte aérea (kg planta^{-1}); número de raízes de reserva; produção de raízes de reserva (kg planta^{-1}); produtividade total de raízes de reserva (t ha^{-1}) e índice de colheita (%). O índice de colheita é a relação entre o peso de raízes e o peso total da planta (maniva semente, raízes, caule, pecíolo e folhas).

Variáveis analisadas

Foram analisadas as seguintes variáveis: produtividade de parte aérea (t ha^{-1}); Produtividade total e comercial – Obtido pela relação entre a produção total/comercial pela área ocupada (t ha^{-1}). Pesagem das raízes de reserva e classificação (raízes comerciais: são aquelas com formato cilíndrico, sem deformações anatômicas, com massa maior ou igual a 200 gramas, comprimento e diâmetro igual ou maior que 20 cm e 3 cm, respectivamente; índice de colheita – Relação entre a massa das raízes de reserva e a massa total da planta (%). Potencial hídrico foliar – Determinado ao amanhecer (entre 3 e 5 horas da manhã). Em dois blocos com duas repetições por bloco (4 plantas uteis). Coletaram-se três folhas maduras fisiologicamente (totalmente expandidas), sadias, com ausência de injúrias físicas. Foi aplicado uma pressão até ocorrer exsudação da seiva (SCHOLANDER et al., 1965). Medidas realizadas nos meses de fevereiro e maio (seco e úmido). Condutância estomática – Foi determinada utilizando um porômetro de difusão AP4

modelo Delta – T Devices Cambridge – UK. Folhas maduras fisiologicamente (totalmente expandidas), saudáveis, com ausência de injúrias físicas. Em três horários do dia: início da manhã (09:00 horas), início da tarde (13:00 horas) e final da tarde (15:00 horas). Medidas realizadas nos meses de fevereiro e maio (seco e úmido). Conteúdo relativo de água - Em dois blocos com duas repetições por bloco (4 plantas uteis). Utilizou-se seis discos foliares de 5,0 mm de diâmetro sem nervura central, obtendo assim a massa fresca. Posteriormente esses discos foram acondicionados em placas de Petri com água destilada, no refrigerador e na ausência de luz para obtenção da massa túrgida. Em seguida esse material foi levado à estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas, quando, ao fim, obteve-se a massa seca. Medidas realizadas nos meses de fevereiro e maio (seco e úmido).

Equação:

$$CRA = \frac{MF-MS}{MT-MS} * 100 \text{ (BARRS \& WEATHERLEY, 1962).}$$

Sendo: CRA= Conteúdo relativo de água (%); MF= massa fresca (g); MS= massa seca (g); MT=massa túrgida (g).

Resultados

O manejo hídrico afetou todas as variáveis estudadas, com exceção para o conteúdo relativo de água e índice de colheita. Quando a fonte de variação foi à época (seca ou úmida) a única variável que não foi afetada foi o potencial hídrico foliar. As variedades seguiram o mesmo padrão do manejo hídrico, não apresentando diferenças apenas para o conteúdo relativo de água. Houve interação ($p \leq 0.01$) manejo e épocas de colheita apenas para as variáveis fisiológicas (conteúdo relativo de água, potencial hídrico foliar e condutância estomática). A interação manejo hídrico e variedades só apresentou diferenças significativas para as variáveis potencial hídrico foliar e produção de parte aérea. A interação época x variedades afetou as variáveis potencial hídrico foliar, produtividade total de raízes de reserva, produtividade comercial de raízes de reserva e índice de colheita (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo da análise de variância, com teste F, coeficiente de variação e média geral das variáveis potencial hídrico foliar (ψ_w), conteúdo relativo de água (CRA), condutância estomática (gs) produtividade total de raízes de reserva (P.Total), produtividade comercial de raízes de reserva (P.Comercial), produção de parte aérea (P.Áerea) e índice de colheita (IC) de variedades de mandioca. Cruz das Almas, 2011.

FV	GL	Quadrado Médio						
		ψ_w	CRA	gs	P.Total	P.Comercial	P.áerea	IC
Bloco	1	0,001ns	6,94ns	16,554ns	265,85ns	390,70**	222,26**	646,05**
Manejo hídrico	1	3,46**	216,47ns	115858,55*	3837,17*	3017,33**	7370,86**	258,00ns
					4626,44*			
época	2	0,001ns	8186,32**	311899,45**	*	3520,40**	1907,42**	2434,16**
Variedades	6	0,07**	93,85ns	55748,45**	993,63**	721,70**	1451,26**	1765,05**
Man*época	2	0,1134**	1109,72**	107290,76**	110,63ns	134,50ns	143,40ns	162,82ns
Man*Var	6	0,1422**	30,75ns	20005,13ns	78,33ns	56,60ns	385,98*	125,48ns
época*Var	12	0,055**	65,86ns	26677,77ns	338,02**	334,87**	143,40ns	230,49*
Man*epoc*Var	6	0,07**	21,69ns	18974,26ns	271,02ns	201,41ns	149,03ns	93,32ns
		(Mpa)	(%)	(mmol m ⁻² s ⁻¹)	(ton ha ⁻¹)	(ton ha ⁻¹)	(ton ha ⁻¹)	(%)
época	Úmida	1,146a	82,751a	307,05a	-	-	-	-
	Seca	1,157a	58,570b	246,12b	-	-	-	-
Manejo hídrico	Irrigado	0,903a	68,694a	295,15a	25,98a	17,735a	35,792a	43,741a
	Não irrigado	1,140b	72,627a	258,01b	18,18b	10,815b	24,975b	41,717b
Variedades	Gema de ovo	1,219b	72,243a	280,38b	20,331b	15,003c	30,529b	42,643c
	Branca	1,060a	67,369a	261,94b	19,883b	13,037c	37,996a	33,252d
	Dourada	1,096a	68,242a	267,31b	15,682b	8,752c	25,316c	39,364c
	Imbé	1,304c	77,057a	246,86b	27,830a	16,821b	29,766b	48,370b
	Dona rosa	1,227b	71,291a	244,30b	21,979b	13,112c	30,983b	36,486d
	Saracura	1,1187a	70,896a	343,68a	18,419b	10,723c	20,276c	53,413a
	Neilton	1,035a	67,52a	291,62b	30,465a	22,477a	37,821a	45,577b
épocas de colheita	6 MAP	-	-	-	13,568b	6,886c	25,223c	36,837c
	8 MAP	-	-	-	27,166a	18,952a	31,312b	47,389b
	10 MAP	-	-	-	25,519a	16,986b	34,616a	43,962a
Erro	-	27	27	271	190	190	190	190
Total Corrigido	-	55	55	335	251	251	251	251
CV(%)	-	5,57	10,47	44,21	53,54	73,22	41,53	25,14
Média Geral	-	1,15	70,66	276,58	22,08	14,27	30,38	42,72

CV.= Coeficiente de variação; * = p<0,05 ** = p<0,01 e ns= não significativo.

Houve redução de 40% em média do potencial hídrico foliar nas plantas submetidas ao déficit hídrico. A exceção foi a variedade Saracura que não

apresentou diferenças estatísticas para a variável potencial hídrico foliar dentro da interação manejo hídrico x variedades. Tal comportamento explica a interação significativa $p \leq 0,01$ (Figura 2A). Considerando as épocas de avaliação (seca e úmida do ano), o potencial hídrico foliar foi inferior no período seco, tal comportamento foi evidenciado nas variedades Dona rosa, Imbé, Gema de ovo e Saracura, reduções médias em torno de 15%. As demais variedades não apresentaram reduções significativas (Tabela 2). Apesar da relação direta entre conteúdo relativo de água e potencial hídrico foliar, o conteúdo relativo de água foi menos sensível aos tratamentos. Não houve variação entre os tratamentos (manejo de água) e as variedades estudadas. O conteúdo relativo de água só apresentou diferenças significativas para a fonte de variação época e interação manejo x época. No entanto, na época úmida ocorre um acréscimo no conteúdo relativo de água foliar, em torno de 24% (Tabela 2).

Ao analisar-se o efeito isolado, a condutância estomática foi afetada pelo manejo hídrico, época e variedades. A interação manejo hídrico e épocas também afetou a condutância estomática na mandioca ($p \leq 0,01$). A época seca apresentou reduções na condutância estomática em torno de 20%, quando comparado à época úmida. Quando comparado os tratamentos sem irrigação suplementar e com irrigação suplementar a redução na condutância é de apenas 12% no sem irrigação. A variedade Saracura apresentou a maior condutância estomática, quando comparado as demais variedades estudadas, acréscimos em torno de 20% (Tabela 2). Nos tratamentos sem irrigação suplementar a partir das 13:00 horas ocorre diminuição significativa da condutância, apresentando os mínimos valores as 15:00 horas. O tratamento irrigado apresentou menores reduções na condutância estomática em função da hora do dia, quando comparado ao tratamento sem irrigação. Apenas as 15:00 horas o tratamento irrigado apresentou reduções significativas na condutância estomática, enquanto no tratamento sem irrigação essa redução começou a ocorrer as 13:00 horas. A mandioca apresentou decréscimos na condutância estomática em função do manejo hídrico apenas na época seca. Na época úmida a condutância estomática da mandioca apresentou tendência em estabilização entre os tratamentos irrigado e sequeiro (Figura 2D).

As variedades Neilton e Imbé apresentaram maiores produtividades totais, respectivamente, 30,46 e 27,83 t ha⁻¹, quando comparadas as outras variedades

estudadas (Tabela 2). Aos seis meses após plantio (MAP) a produtividade de raízes é muito inferior aos oito e dez MAP, reduções de cerca de 50 e 74% em produtividade total e comercial de raízes, respectivamente.

As variedades Neilton e Branca apresentaram maior parte aérea, enquanto que a Saracura apresentou reduções de cerca de 47% em massa total de parte aérea, quando comparada as variedades mais produtivas (Tabela 2). Essa característica é própria de cada variedade, podendo ou não utilizar de forma semelhante suas reservas da parte aérea para constituição de raízes de reserva. Aos 6 MAP não houve diferenças estatísticas entre as variedades estudadas para produção de parte aérea. Aos 8 MAP variedades como Branca e Neilton apresentaram grande alocação de matéria na parte aérea, tendência que se mantém aos 10 MAP.

A variedade Saracura apresentou o maior índice de colheita, cerca de 53%. A Branca e a Dona Rosa apresentaram os menores índices de colheita, cerca de 33 e 36%, respectivamente. Esse resultado ocorre devido altas produções de parte aérea aliado a baixas produtividades de raízes. As variedades Neilton e Imbé apresentaram índices de colheita intermediários, aproximadamente 45% e 48%. Nessas duas variedades a alta produção de raízes de reserva favoreceu o aumento dos índices de colheita, mesmo se tratando de materiais com grandes produções de parte aérea (Tabela 2).

Quando analisou-se épocas de colheita x variedades as variáveis produtividade total e comercial de raízes de reserva e produção de parte aérea, apresentaram resultados similares. Aos 6 MAP apenas as variedades Imbé, Saracura e Neilton se destacaram com produtividades acima de 15 t ha⁻¹. No entanto, aos 8 e 10 MAP há uma tendência de estabilização das produtividades, mesmo entre as variedades que aos 6 MAP apresentaram baixas produtividades (total e comercial). Variedades como a Saracura expressam seu máximo em produtividade total aos 8 MAP, já a variedade Neilton apresenta seu máximo produtivo aos 10 MAP (Tabela 3).

A interação épocas de colheita x variedades para a variável índice de colheita, foi significativa. Aos 8 MAP as variedades com maior índice de colheita é a Saracura, Imbé e Neilton. Aos 8 e 10 MAP há uma tendência de estabilização da

produção de parte aérea. A exceção é a variedade Saracura que apresentou o maior índice de colheita aos 8 MAP, aproximadamente 64% (Figura 3B).

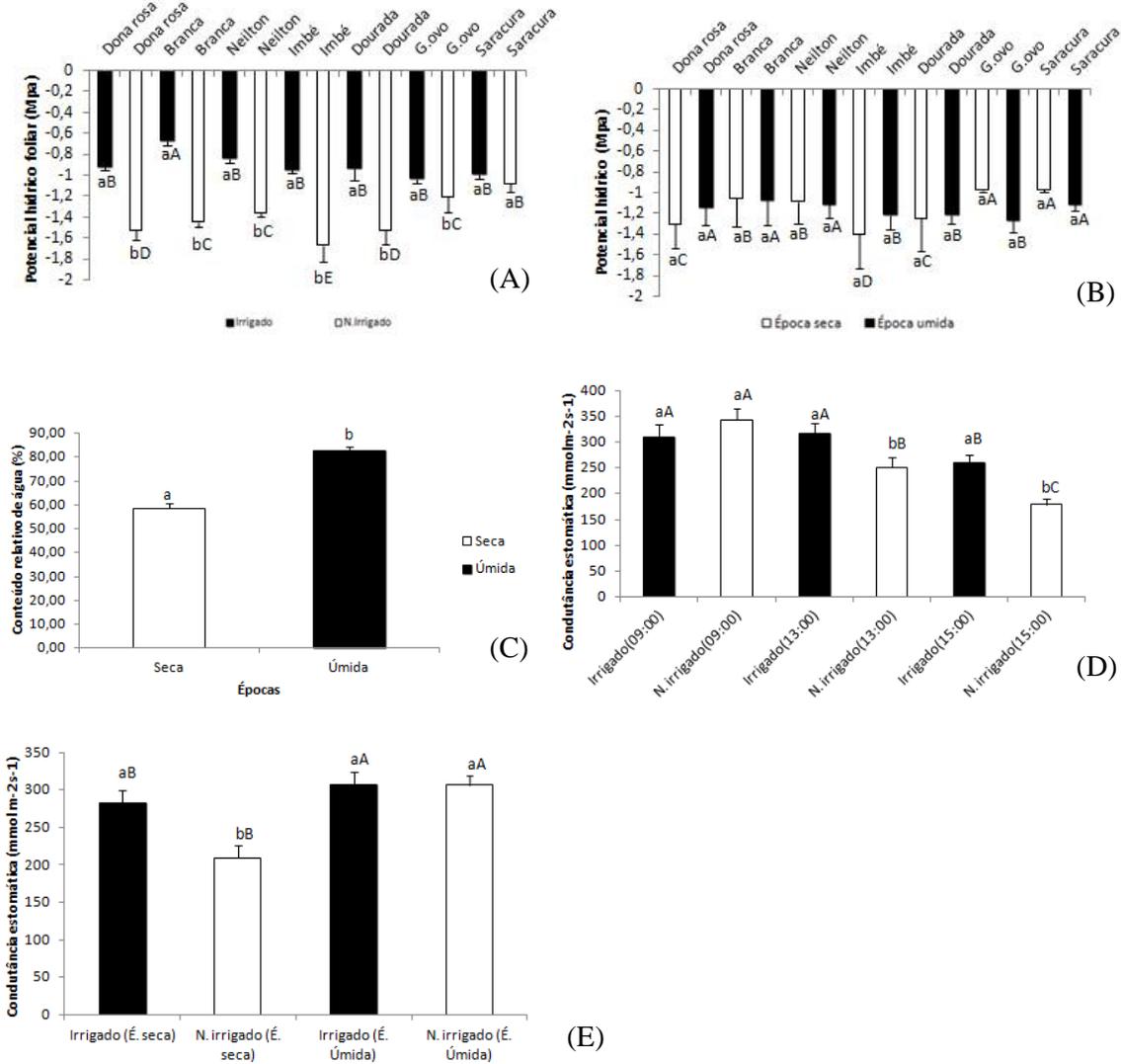


Figura 2: Valores médios de potencial hídrico foliar, manejo de água x variedades (A). Potencial hídrico foliar, época x variedades (B). Conteúdo relativo de água, de mandioca cultivada sob diferentes épocas: seca e úmida (C). condutância estomática, manejo hídrico x hora (D). Condutância estomática, manejo hídrico x época (E). Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos irrigado e não irrigado. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as variedades ($p \leq 0,05$).

Tabela 3: Valores médios de produtividade total (P. Total) e produtividade comercial (P. Comercial) de raízes de reserva, épocas de colheita x variedades. Cruz das Almas, 2011.

Variedade	Épocas de colheita					
	6 MAP	8 MAP	10 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP
	P.Total			P.Comercial		
Gema de ovo	8,38 aA	31,91 bB	20,69 aB	4,43 aA	28,18 bC	12,39 bB
Branca	11,51 aA	23,1 aB	25,02 aB	6 aA	13,57 aB	19,53 bB
Dourada	11,04 aA	20,12 aB	15,87 aB	5,25 aA	12,39 aB	8,61 aA
Imbé	23,18 bB	27,15 aB	33,15 bB	12,64 bA	17,1 aB	20,71 bB
Dona rosa	8,93 aA	31,43 bB	25,56 aB	2,11 aA	20,86 bB	16,35 bB
Saracura	16,15 bA	21,71 aB	17,39 aB	8,56 aA	13,6 aB	10 aA
Neilton	15,75 bA	34,71 bB	40,93 bB	9,19 aA	26,94 bC	31,29 aC

Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre as variedades. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as épocas de colheita ($p \leq 0,05$).

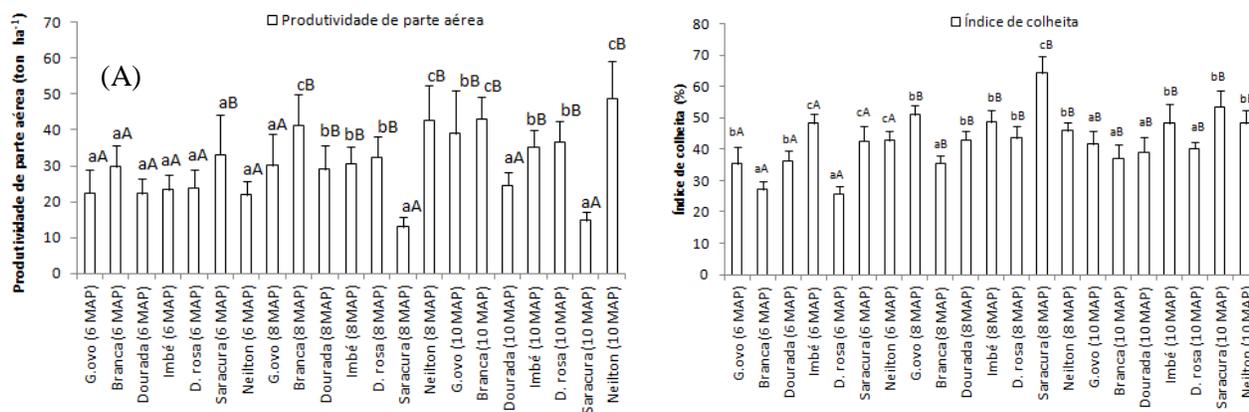


Figura 3: Valores médios de produtividade de parte aérea, épocas de colheita x variedades (A). Índice de colheita, épocas de colheita x variedades (B). Letras minúsculas distintas indicam diferenças estatísticas entre as variedades. Letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre as épocas de colheita ($p \leq 0,05$).

Discussão

O potencial hídrico foliar apresentou variabilidade em função do manejo hídrico. A variedade Imbé possui o menor potencial hídrico foliar (ψ_w) em condições não irrigadas. Esse resultado indica que a variedade Imbé apresenta maior resposta ao déficit hídrico, diminuindo o ψ_w de suas folhas. A variedade Saracura não diminuiu significativamente seu ψ_w em função do déficit hídrico, demonstrando maior capacidade em manter sua estabilidade metabólica.

Em função das épocas de cultivo o potencial hídrico foliar apresentou características similares aos resultados obtidos quando comparado o tratamento com irrigação suplementar e o sem irrigação suplementar. Na época úmida o ψ_w foliar é maior que na época seca, sendo a variedade Saracura a única a não apresentar diminuição do ψ_w foliar em função das épocas analisadas (Figura 1 e 2). O potencial hídrico foliar é uma medida importante do estado hídrico da planta. Apresenta os valores próximos a zero em plantas não estressadas e abaixo de zero em plantas sob estresse. Pode ser usado para o entendimento dos mecanismos envolvidos na tolerância ao déficit hídrico pelas plantas. A quantidade de água decresce no solo, também decresce na planta, causando perda de turgescência foliar e fechamento estomático (BIANCHI, 2004; KRAMER e BOYER, 1995). O ψ_w foliar sofre reduções mesmo quando a umidade do solo se encontra próximo a capacidade de campo. Ocorre de forma mais acentuada no verão e/ou momentos em que as plantas são submetidas ao déficit hídrico (CRUZ et al., 2007).

Potencial hídrico foliar mais elevado na mandioca cultivada em condições de déficit hídrico pode ser um mecanismo de evitar a desidratação celular e com isso tolerar à seca. Dessa forma a tolerância à seca em variedades de mandioca pode ter relação direta com a manutenção de altos valores de potencial hídrico foliar (EL-SHARKAWY, 2004).

A mandioca não foi sensível aos tratamentos hídricos e épocas para o conteúdo relativo de água. Apresentou sensibilidade apenas quando analisado as épocas úmidas e seca. A época úmida que ocorreu durante o período de cultivo da mandioca que foi de 1084,2mm. A época seca foi de aproximadamente 6 meses, sendo bem distribuídas as precipitações nos outros meses do cultivo.

No período seco setembro de 2010 a abril de 2011 nos tratamentos irrigados houve queda na condutância estomática a partir das 15:00 horas, enquanto nos tratamento sem irrigação essa queda na condutância estomática teve início às 13:00 horas. Sabidamente a cultura da mandioca regula a perda de água no período da tarde e aumenta a eficiência de uso de água, sendo essa uma característica que pode ser usada como seleção de materiais tolerantes à seca.

A queda na condutância estomática ao longo do dia pode estar ligada ao aumento do DPV, à diminuição do potencial hídrico foliar ou ao efeito combinado desses dois fatores. Quanto ao DPV no que se refere ao potencial da água, que tem ligação direta com a condutância estomática para plantas iso-hídricas, não foi possível relacionar, desde que as leituras foram realizadas somente antes do amanhecer. Variedades como a Saracura que não reduziram o potencial hídrico foliar independentemente do manejo de água indicam algum mecanismo de controle de perda de água e manutenção do status hídrico independente da umidade do solo, sendo um indicador de plantas aniso-hídricas. Outro ponto se refere a uma possível conservação de água no solo, possivelmente a menor extração de água do solo, está ligada a menor parte aérea dessa variedade.

O déficit hídrico aumenta a resistência difusiva ao vapor de água. O fechamento estomático reduz a transpiração, diminui significativamente o ingresso de CO₂, interferindo diretamente na fotossíntese das plantas (NOGUEIRA et al., 1988). Nas variedades estudadas não necessariamente a diminuição na condutância estomática, teve impacto negativo na produção de raízes de reserva. A fotossíntese apresenta maiores taxas no início da manhã, sendo a correlação entre a fotossíntese e a condutância estomática positiva, indicando que a resposta estomática à variação na luminosidade e umidade do ar é composto por mecanismos complexos, necessitando de estudos aprofundados (COSTA & MARENCO, 2007).

A época seca ocorrida durante o ciclo produtivo favoreceu o decréscimo na abertura estomática foliar, justificando sua diferenciação entre as épocas. A disponibilidade hídrica afetou os processos de abertura e fechamento estomático.

Em mandioca quando sob déficit hídrico, ocorre o fechamento estomático para impedir a redução do potencial hídrico foliar. No entanto com o fechamento estomático, além da diminuição da perda de água, ocorre também a diminuição da

entrada de CO₂, que é insumo fundamental pra realização do processo fotossintético.

O manejo hídrico, época e variedades afetaram a condutância estomática das variedades estudadas. Em condições de baixa demanda evaporativa da atmosfera, as cultivares Fécula branca e Fepagro apresentaram respostas distintas, sendo a fécula branca não responsiva em fechamento estomático e pequeno aumento na fração de água transpirável crítica. A Fepagro teve valor de fração de água transpirável crítica menor e foi mais eficiente, mesmo com baixas quantidades de água no solo. Essas variações nas respostas fisiológicas das cultivares comprovam a variabilidade genética da cultura da mandioca (LAGO et al., 2011).

As variedades Dourada, Saracura e Dona rosa apresentaram maiores reduções na produtividade comercial em relação a produtividade total. Esse grupo apresentou número maior de raízes tortuosas, sem boa conformação, pequenas, com diâmetro irregular. As variedades Neilton e Gema de ovo apresentaram as menores reduções. Esse grupo apresentou em sua maioria formato cilíndrico, sem muitas deformações anatômicas, massa igual ou superior a 200 gramas, comprimento e diâmetro igual ou maior que 20 cm e 3 cm, respectivamente (Tabela 2).

A variedade Saracura possui maior índice de colheita. No entanto, esse resultado não está associado à alta produção de raiz de reserva e sim a uma baixa produção de parte aérea. A Branca e a Dona Rosa apresentaram os menores índices de colheita. Esse resultado ocorre devido altas produções de parte aérea aliado a baixas produções de raízes de reserva. As variedades Neilton e Imbé também apresentaram índices de colheita elevados. Nessas duas variedades a alta produção de raízes de reserva favoreceu o aumento dos índices de colheita, mesmo se tratando de materiais com grandes produções de parte aérea (Tabela 2).

Conclusões

Aos seis meses após plantio (MAP) apenas a variedade Imbé apresentou produtividade satisfatória de raízes de reserva (próximo de 25 tha¹).

As variedades estudadas podem ser colhidas aos oito MAP, sem perdas significativas em produtividade de raízes de reserva.

O déficit hídrico afetou negativamente as variáveis fisiológicas (potencial hídrico foliar e condutância estomática) da mandioca, bem como apresentou influência decisiva nas perdas de quantidade das raízes de reserva.

Neilton e Imbé apresentam as maiores produtividades totais e comerciais, quando comparado às outras variedades estudadas.

Variedades como Dourada, Saracura e Dona rosa apresentaram as maiores reduções na produtividade comercial. Esse comportamento deve estar relacionado a fatores intrínsecos da própria variedade.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, E.B. Produção e qualidade de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita. 2003, 90f. Dissertação (Mestrado Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.

ASPIAZÚ, L.; SEDIYAMA, T.; RIBEIRO JUNIOR, J.; L.; SILVA, A.A.; CONCENCO, G.S.; FERREIRA, E.A.; GALO, N.L.; ARAÚJO, W.F. Water use efficiency of cassava plants under competition conditions. *Revista Planta Daninha*, v.28, n.4, p.699-703, 2010.

BARRS, H. D. & WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the Relative Turgidity Technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* v.15, p.413- 428. 1962.

BENESI, I. R. M.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L.; MAHUNGU, N. M.; SAKA, J. K. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. *Euphytica*, v.4, n.160, p. 59-74, 2008.

BIANCHI,C.A.M. Avaliação de indicadores da condição hídrica em milho sob diferentes níveis de água, em semeadura direta e convencional.2004.109f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

COELHO FILHO,M.A.; GOMES JUNIOR,F.A. Crescimento e evapotranspiração da cultura da mandioca solteira e consorciada em condições irrigadas.In:Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte-XVI.Anais...Belo Horizonte:2009.

COSTA,G.F.; MARENCO,R.A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). Revista Acta Amazônica,v.37,n.2,p.229-234,2007.

CRUZ,M.C.M.; ROCHA,R.H.C.; SIQUEIRA,D.L.; SALOMÃO,L.C.C. Avaliação do potencial hídrico foliar,umidade do solo e temperatura do ar no período pré-florescimento dos citros.Ciênc.agrotec,v.31,n.5,p.1291-1296,2007.

EL-SHARKAWY, M. A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semi arid environments. Braz. J. Plant Physiol., v. 19, n. 4, p. 257-286, 2007

EL-SHARKAWY, M.A. Cassava biology and physiology. Plant Molecular Biology, v. 56, p. 481-501, 2004.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL. Cultivo da mandioca para a região do cerrado.Cruz das Almas,2003.Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/Rotacao.htm>. Acesso em:17 de Nov.2015.

GUIMARÃES,M.J.M.; LOPES,I.; OLDONI,H.; COELHO FILHO,M.A. Balanço hídrico para diferentes regimes pluviométricos na região de Cruz das Almas-BA. Ciências Agrárias,v.59,n.3,p.252-258,2016.

GROXKO, M. Análise da conjuntura agropecuária. Secretaria de estado da agricultura e do abastecimento,departamento de economia rural.Paraná.2016.

KRAMER,P.J.; BOYER,J.S. Water relations of plants and soils.San Diego:Academic Press,1995,495p.

LAGO, I.; STRECK,N.A.; BISOGNIN,D.A.; SOUZA,A.T.; SILVA,M.R. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. Revista Pesq. Agropec. Bras,v.46,n.11,p.1415-1423,2011.

LIMA FILHO,A.F.; COELHO FILHO,M.A.; HEINEMAN,A.B. Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo CROPGRO.Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,v.17,n.12,p.1294-1300,2013.

LOPES, A. C. Efeito da irrigação e de épocas de colheita sobre a cultura da mandioca.2006.67f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2006.

NOGUEIRA,R.J.M.; SANTOS,C.R.; SANTOS NETO,E.B.; SANTOS,V.F. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim a diferentes regimes hídricos. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira,v.33,n.10,p.1963-1969,1998.

ODUBANJO, O. O.; OLUFAYO, A. A.; OGUNTUNGE, P. G. Water use, growth, and yield of drip irrigated cassava in a humid tropical environment. Soil and Water Research, Praha, v. 6, n. 1, p. 10-20, 2011.

OLIVEIRA,E.C; MIGLIORANZA,E. Dimensões e densidade estomática em diferentes variedades de mandioca. Scientia Agropecuária, v.5,p.135-140, 2014.

PONTE, C.M.A. Épocas de colheita de variedades de mandioca. 2008. 108f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2008..

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; ARAÚJO, H. S.; NARITA, N. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, n. 4, p. 552-558, 2011.

SILVA, H. R.F.; MELO, V. L.; PACHECO, D. D.; ASSIS, Y. J. M.; SALES, H. R. Acúmulo de matéria seca e micronutrientes em mandioca consorciada com bananeira. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, n. 1, p. 15-23, 2014.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D. Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas. Bahia. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF. 2001.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. Science, v. 148, p.339-346, 1965.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. Irrigação localizada. Tradução de H.R. Gheyi, F.A.V. Damasceno, L.G.A. SILVA JR.; J.F. de Medeiros, Campina Grande, UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36).