

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO

**RESPOSTAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE CLONES DE  
MANDIOCA DE MESA SOB IRRIGAÇÃO E EM CONDIÇÕES DE  
SEQUEIRO**

JUSSIMAR DA SILVA ROCHA

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
JUNHO DE 2013

# **RESPOSTAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE CLONES DE MANDIOCA DE MESA SOB IRRIGAÇÃO E EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO**

**JUSSIMAR DA SILVA ROCHA**

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de sistemas Hidroagrícolas

**Orientador: Dr. Mauricio Antônio Coelho Filho**

**Co-orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS – BAHIA – 2013

## FICHA CATALOGRÁFICA

R672

Rocha, Jussimar da Silva.

Respostas morfofisiológicas de clones de mandioca de mesa sob irrigação e em condições de sequeiro / Jussimar da Silva Rocha.\_ Cruz das Almas, BA, 2013.

92f.; il.

Orientador: Maurício Antônio Coelho Filho.

Coorientador: Carlos Alberto da Silva Ledo.

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

1.Mandioca – Manejo. 2.Mandioca – Irrigação. 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.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
JUSSIMAR DA SILVA ROCHA**

---

Dr. Maurício Antônio Coelho Filho  
Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF  
(Orientador)

---

Dr. Francisco Adriano de Carvalho Pereira  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

---

Dr. Vanderlei da Silva Santos  
Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF

Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias em.....Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em.....

À Deus,

Nosso pai celestial,

A Ele toda honra e toda gloria.

Meus pais, José Oliveira Rocha e Joelita da Silva Rocha, por serem os principais responsáveis pela formação do meu caráter, pelo amor, dedicação e apoio incondicionais.

A minha amada esposa e filho Andréia e José Guilherme.

Aos meus queridos irmãos Adriano, Raimundo, Matheus, José Sandro, Iracema e Lúcia.

Aos verdadeiros Amigos, pela alegria, companheirismo e por acreditar em que mais sonhamos e queremos em especial a Arthur José Mendes Pamponet, José Claudio Macedo de Souza, Valnei da Hora Cabral e Alane Cristina Silveira Cabral.

**Dedico e Ofereço a todos.**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser a minha fortaleza, e que sempre iluminou os meus caminhos.

À minha família, que sempre me deu apoio e força, e desejou o meu sucesso.

Ao meus pais, pelo apoio e carinho. E Zequinha (José Ferreira) pelo carinho e estar sempre conosco.

A minha esposa pelo seu amor, amizade, paciência, apoio e ajuda em meus trabalhos e à sua família que sempre me acolheu com muito carinho, Dedee e Dona Rita. Ao meu filho lindo, pelo carinho e o sorriso sincero, que me dá forças para prosseguir.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em especial àqueles que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização do curso e aos discentes.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador, prof. Dr. Maurício Antônio Coelho Filho, pela orientação e confiança e co-orientador: Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo pela confiança e direcionamento na pesquisa.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura, pela concessão do uso de suas instalações e em especial aos amigos do Laboratório de Fisiologia Vegetal e pós-colheita e do Laboratório de Meteorologia e Irrigação, Pedro, Elaine, Tibério e Antônio (Tica); e aos técnicos do setor de mandioca.

Aos pesquisadores Dr. Vanderlei Santos da Silva, Dr. Eugênio Ferreira Coelho e Dra. Luciana pela ajuda nas pesquisas.

Aos amigos do grupo de Pesquisa e do curso de mestrado, na realização do trabalho: Francisco Junior e Rosângela Ribeiro.

Aos meus grandes amigos por estarem sempre próximos nos momentos alegres e tristes, por estarem sempre prontos a ajudar, em fim pela amizade. Em especial Arthur José pelo apoio e ajuda com os trabalhos e grandes idéias que me proporcionou e a Valnei Cabral pelo seu apoio.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento de minha dissertação.

A todos vocês os meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
<b>Capítulo 1</b>	
PRODUTIVIDADE DE CLONES DE MANDIOCA DE MESA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA SOB CONDIÇÕES IRRIGADAS E DE SEQUEIRO.....	11
<b>Capítulo 2</b>	
RESPOSTA FISIOLÓGICA DA MANDIOCA SOB IRRIGAÇÃO E EM CONDIÇÃO DE SEQUEIRO.....	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84

# RESPOSTAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE CLONES DE MANDIOCA DE MESA SOB IRRIGAÇÃO E EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO

**Autor:** Jussimar da Silva Rocha

**Orientador:** Dr. Mauricio Antônio Coelho Filho

**Co-orientador:** Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo estudar as respostas morfofisiológicas de clones de mandioca de mesa sob condições irrigadas e de sequeiro, aos 3, 6, 8 e 10 meses após o plantio. Os tratamentos avaliados foram: 12 clones de mandioca submetidos às condições com irrigação e em sequeiro em quatro épocas de colheita. E para as avaliações fisiológicas duas épocas: uma seca e a outra úmida. Verificou-se efeito significativo da irrigação sobre a produtividade dos clones, sendo Imbé o que apresentou maior produtividade de raízes totais, com 66,22 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação e 31,60 t.ha<sup>-1</sup> em sequeiro e raízes comerciais 45,64 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação aos 10 meses. A melhor época de colheita de raízes e de eficiência de uso da água foi aos 10 meses, no tratamento sob irrigação, para os Imbé e Neilton com 7,27 e 5,53 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. O maior percentual de raízes comerciais foi observado aos dez meses sob irrigação, destacando-se os clones BRS Gema de Ovo, Rosinha e Talo Branco. Os maiores valores de condutância foram observados no início da manhã sob a condição irrigada no período seco, havendo decréscimo ao longo do dia até as dezesseis horas. O tratamento com irrigação proporcionou os maiores valores de potencial hídrico foliar independentemente do período, destacando-se os clones Branca e Neilton, no período seco. O aumento do déficit de pressão de vapor causou uma restrição à saída de água da planta mantendo reduzido o potencial hídrico foliar sob sequeiro, sendo esta restrição dependente do clone estudado, estando estes dois fatores relacionados com a tolerância ao déficit hídrico.

**Palavras-chave:** condutância foliar, teor de água da folha, produtividade de raiz, déficit hídrico.



# MORPHO-PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF CASSAVA CLONES SUBMITTED TO IRRIGATION AND RAINFED CONDITIONS

**Author:** Jussimar da Silva Rocha

**Advisor:** Dr. Mauricio Antônio Coelho Filho

**Co-Advisor:** Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo

**ABSTRACT:** The present work aimed to evaluate the morphological, physiological and yield response of clones of sweet cassava submitted to two water regimes, with the following treatments: 12 cassava clones, two water regimes (irrigated rainfed) and four harvest periods. Physiological assessments were concentrated in two seasons: dry and wet. The productivities were affected by water conditions of the soil and increased up to 10 months. The highest yield was achieved by clone Imbé with total root productivity of 66,22 t.ha<sup>-1</sup> under irrigation and 31,60 t.ha<sup>-1</sup> rainfed and commercial roots 45,64 t.ha<sup>-1</sup> under irrigation. The best harvesting period and maximum water use efficiency (WUE) occurred in the tenth month after planting without water deficit. Clones Imbé and Neilton submitted to irrigation presented a WUE of 7,27 and 5,53 kg.m<sup>-3</sup>, respectively. The highest percentage of commercial roots under irrigation was for the BRS Gema de Ovo, Rosinha and Talo Branco clones. The highest values of leaf conductance were observed at the beginning of the morning under irrigated condition during the dry season. Plants submitted to irrigation presented the highest values of leaf water potential regardless of the period, especially for the Branca and Neilton clones, which were statistically different from the others during the dry season. The increase in water vapor pressure deficit affected the gas exchange in plants submitted to drought. The values of leaf water potential were most variable among clones especially in drought condition and dry season. These two plant physiological variables could be associated to drought tolerance.

**Keywords:** leaf conductance, leaf water content, root productivity, water deficit.

## INTRODUÇÃO

### ORIGEM E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), planta originária da América Tropical, é um dos cultivos mais importantes para os trópicos. O cultivo das chamadas “mandiocas de mesa ou mandiocas mansas”, macaxeiras ou aipins, caracterizados pelos baixos teores de compostos cianogênicos potenciais, têm aumentado substancialmente nos últimos anos devido ao crescimento do consumo de suas raízes pelas populações urbanas. Ressalte-se o desenvolvimento de processos industriais para a conservação e manutenção de suas características, possibilitado sua comercialização de diversas formas (Almendra, 2005).

A mandioca é uma cultura perene cianogênica e sua importância econômica está relacionada à produção de raízes tuberosas, as quais são usadas como alimento básico por largas faixas da população e consumidas como farinha, amido ou cozido (*in natura*). Nesse contexto, a mandioca apresenta elevada importância sociocultural para as populações que a cultivam. Por sua capacidade produtiva, pela qualidade do seu amido e da sua parte aérea, a cultura vem alcançando novos mercados, tanto na indústria quanto na alimentação animal. Apesar dessa elevada importância, no entanto, seu cultivo ainda é feito sem o uso de técnicas adequadas, como o cultivo de “fundo de quintal” e de “subsistência”, a ocupação de mão de obra pouco qualificada, a falta de organização dos produtores (associação ou cooperativas), a escassez de capital dos produtores, a instabilidade do mercado e o reduzido estímulo governamental (Fialho e Vieira, 2011).

A mandioca de mesa tem grande potencial para aumentar sua participação no mercado, especialmente pela tradição de seu consumo. Em função de seu preço ser favorável para o consumidor, a garantia da qualidade e a introdução de métodos mais apropriados de apresentação do produto tornam-se requisitos fundamentais para recuperação de seu espaço. O número elevado de cultivares de mandioca adaptados às mais diversas regiões confere ampla variação na composição nutricional e nas características sensoriais (Borges, et al., 2002).

A mandioca é considerada uma cultura rústica, principalmente por expressar produção razoável de raízes, em condições adversas de fertilidade e de umidade do solo. Entretanto, os potenciais de produtividade e qualidade das raízes de variedades de mandioca para mesa, somente são maximizados em plantios bem conduzidas, podendo produzir mais de 40 t.ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de 8 a 14 meses (Lorenzi e Dias, 1993).

## **CICLO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA MANDIOCA**

A mandioca apresenta ciclos vegetativos e produtivos com uma contínua deposição de carboidratos em suas raízes de reserva. Nas regiões onde existe um período seco e outro chuvoso definido, os ciclos da cultura da mandioca também são bem definidos. Entretanto, para uma produção econômica, são considerados um ou dois ciclos, onde as mandiocas de mesa são colhidas, preferencialmente, com um ciclo, 10 a 12 meses, e as de indústria com um ou dois ciclos, de 18 a 24 meses após o plantio (Fialho e Vieira, 2011).

Sob condições adequadas de umidade e fertilidade do solo, a cultura cresce e se desenvolve, alternando períodos de acúmulo de amido na raiz com períodos de dormência, sendo o primeiro ciclo compreendido da brotação das manivas até a fase de repouso fisiológico da planta, onde há uma paralisação do crescimento e perda total das folhas da planta. O segundo ciclo da cultura é caracterizado pela rebrota das plantas, reconstituindo a parte aérea e, novamente, florescendo, frutificando, e entrando em novo período de repouso.

Durante o ciclo de crescimento da cultura, ocorrem diferentes fases de desenvolvimento, cuja duração e existência dependem de vários fatores relacionados a diferenças varietais, condições ambientais e práticas culturais. Entre 5 a 15 dias após o plantio (DAP), ocorre a emergência dos primeiros brotos,

seguida pelo surgimento de pequenas folhas e raízes adventícias. De 15 a 90 DAP inicia-se o desenvolvimento foliar e formação do sistema radicular. Nessa fase, as raízes fibrosas começam a penetrar no solo, alcançando 40 a 50 cm de profundidade, atuando na absorção de água e nutrientes e poucas delas tornam-se raízes de reserva. O estabelecimento da copa ocorre entre 90 e 180 DAP, marcando a fase mais ativa de crescimento vegetativo e continuação da tuberização das raízes. As maiores taxas de queda das folhas, senescência foliar e acumulação de matéria seca nas raízes de reserva, ocorrem no período de 180 a 300 DAP. A partir dos 300 DAP quase todas as folhas caem e o crescimento vegetativo é paralisado, dando início à fase de dormência, no qual a planta atinge a máxima partição de matéria seca para as raízes, completando o ciclo de 12 meses, o qual pode ser seguido por um novo período de crescimento vegetativo, acumulação de matéria seca e nova dormência (Alves, 2006).

Sagrilo et al. (2002) desenvolveram, no Noroeste do Estado do Paraná, um experimento em área de Latossolo Vermelho Distrófico, para avaliar o efeito de dez épocas de colheita de mandioca, e observaram que, para todas as cultivares avaliadas, a segunda fase de repouso fisiológico das plantas mostrou-se mais propícia à colheita, uma vez que proporcionou maior produção de raízes (92,5%) e massa seca (125,0%) e aumento de 50% na produção da parte aérea, em relação a um único ciclo.

A cultura da mandioca apresenta produtividade média de raízes tuberosas, em termos mundiais, de 12,84 t.ha<sup>-1</sup> (FAO, 2013). Em 2013, o Brasil produziu 25,44 milhões de toneladas de raízes de mandioca, numa área cultivada de 1,74 milhões de hectares com rendimento médio de 14,61 t.ha<sup>-1</sup>. Em 2011 a Bahia apresentou rendimento de raízes igual a 11,73 t.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2011).

Vidigal Filho et al. (2000), estudando cultivares de mandioca, observaram que a produtividade média foi de 21,44 t.ha<sup>-1</sup> de raízes. Já Mezette et al. (2009), ao avaliarem clones de mandioca em processo de seleção, constataram que os clones apresentaram produtividade média total de 23,14 t.ha<sup>-1</sup> e comercial de 18,98 t.ha<sup>-1</sup> de raízes. Devede et al. (2009), estudando a produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi, constataram que a produtividade média de raízes totais foi de 38,32 t.ha<sup>-1</sup> e comerciais foi de 36,31 t.ha<sup>-1</sup>.

Vários fatores têm influência sobre a produtividade da mandioca, tais como: irregularidade das chuvas, a falta de variedades adaptadas às diferentes

condições de cultivo, a época de colheita, práticas culturais inadequadas, o uso de material de plantio de baixa qualidade, bem como o cultivo em regiões com precipitação inferior ao exigido pela cultura (Fukuda e Otsubo, 2003; El-Sharkawy, 2007).

## **RESPOSTAS DA MANDIOCA AO DEFICIT HIDRICO**

A mandioca é normalmente cultivada em áreas que recebem menos de 800 mm por ano. Embora seja considerada uma espécie tolerante à seca, o crescimento e rendimento são reduzidos por prolongados períodos de estresse hídrico. Os períodos, dependendo da ocorrência e intensidade, afetam praticamente todos os aspectos do crescimento da planta (parte aérea e raiz) e fisiologia, causando redução na expansão celular, condutância estomática, fotossíntese e conseqüentemente, na acumulação de matéria seca (Santos e Carlesso, 1998). Segundo Alves (2006), a redução no rendimento de raízes de mandioca, depende da duração do déficit hídrico, e é determinada pela sensibilidade de um particular estágio de crescimento ao estresse. De maneira geral, o período crítico para o efeito do déficit hídrico é de 1 a 5 meses após o plantio, período que corresponde aos estádios de iniciação e tuberização das raízes (Alves, 2006).

A mandioca apresenta várias características e mecanismos associados com a tolerância à seca. Esses mecanismos de respostas a períodos prolongados de déficit hídrico são: o controle estomático eficiente sobre as trocas gasosas, perda das folhas mais velhas e formação de novas e menores folhas, extração lenta da água das camadas profundas do solo. Essas são características de grande importância em ambientes semi-áridos (El-Sharkawy, 2007).

Conforme trabalho desenvolvido por Cerqueira (1992), em que plantas de mandioca foram submetidas ao estresse hídrico máximo, apresentaram aumento da densidade estomática, sendo que o cultivar Guamanara (BGM 054) mostrou-se com a maior densidade em resposta ao estresse, adaptando-se à situação de déficit e mostrando melhor capacidade de recuperação, no período de reidratação em relação aos demais cultivares. As características anatômicas, como a redução da expansão foliar, o aumento da densidade estomática da folha de mandioca revelam que essa espécie é naturalmente resistente à deficiência

hídrica no solo. Lago et al. (2011) estudaram respostas ao déficit hídrico de duas cultivares de mandioca, e constataram que a cultivar Fepagro RS 13 apresentou controle estomático eficiente em condição de alta demanda atmosférica, enquanto que a cultivar Fécula Branca não tem controle estomático eficiente, e utiliza a abscisão foliar para controlar o consumo hídrico pela planta e tolerar por mais tempo uma condição de déficit hídrico. Observaram que as diferentes respostas entre as cultivares de mandioca estudada confirmam a variabilidade genética existente na cultura quanto a esses caracteres.

Os resultados apresentados por Porto (1989) demonstram a sensibilidade do aparelho estomático de mandioca às variações nas condições atmosféricas. Isto é principalmente creditado aos efeitos do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ambiente. Sendo que todos os clones reduziram a condutância estomática em função da diminuição da umidade relativa do ar, sugerindo uma associação negativa entre este parâmetro climático e a condutância. No entanto, uma elevação na umidade atmosférica contribuiu para o aumento da condutância estomática, mesmo sem ocorrência de chuva.

A mandioca é normalmente cultivada em áreas com prolongados períodos de seca, entre 4 e 7 meses, no entanto apesar de ser considerada uma cultura tolerante à seca, a produtividade pode ser reduzida em até 60%, sob condições de déficit hídrico (Oliveira et al., 1982; Porto et al., 1989). Pardales Junior e Esquibel (1996) ao estudarem o efeito da seca progressiva no desenvolvimento inicial até cerca de três meses após o plantio sobre o desenvolvimento do sistema radicular da mandioca, constataram que a seca precoce causou redução do número, comprimento das raízes adventícias e peso seco total. O valor destas partes vegetativas aumentaram após a reidratação das plantas. Já a seca tardia só causou redução das raízes laterais de terceira ordem.

## **IRRIGAÇÃO E ÉPOCAS DE COLHEITA**

Dentre os fatores que podem limitar o crescimento vegetativo e a produção, a falta de água é o que merece maior destaque, já que extensas áreas de terras agrícolas dos Trópicos estão sujeitas a secas prolongadas (Souza, 2007). No semi-árido brasileiro, a irregularidade na distribuição das chuvas tem limitado o desenvolvimento e a estabilização na produção agrícola, ficando a disponibilidade

de água para as plantas à mercê da quantidade e frequência das chuvas, da capacidade de retenção de umidade do solo e da profundidade alcançada pelas raízes do cultivo (Salomão et al., 2011).

Além da cultivar, dos tratos culturais e do mercado consumidor, a disponibilidade hídrica também afeta significativamente a época de colheita da cultura da mandioca, a qual é bastante ampla, e pode variar de 6 a 24 meses, (Albuquerque et al., 2009). Esse aspecto dificulta a interpretação de resultados, e muitas vezes há afirmações generalísticas como as de Benesi et al. (2008), que afirmaram não ser conhecida época ideal para colheita de mandioca, 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, corresponde ao período em que as plantas apresentam-se total ou parcialmente desfolhadas, uma vez que neste período, as raízes encontram-se com maiores teores de matéria seca e amido.

Souza et al. (2010), estudando a interação entre irrigação e épocas de colheita, concluíram que a colheita aos 18 meses proporcionou incremento do peso da parte aérea e da produtividade de raízes tuberosas, de 16,89 para 36,73 t.ha<sup>-1</sup>, e maior índice de colheita. Plantas irrigadas durante todo o ciclo apresentaram maior produtividade de raízes tuberosas que aquelas mantidas na ausência de irrigação. Quando irrigadas, as plantas produziram raízes tuberosas com maior porcentagem de massa seca e de amido.

Estudando o efeito da irrigação e épocas de colheita, na cultura da mandioca, Lopes et al. (2010) observaram que plantas irrigadas apresentaram valores de índice de área foliar e altura maiores que plantas cultivadas em sequeiro, e a produtividade de raízes aumentou linearmente com a idade e épocas de colheita, alcançando aos 18 meses, um incremento de 100% em relação à colheita efetuada aos 8 meses.

Távora e Filho (1994) detectaram que a irrigação realizada na fase inicial do desenvolvimento da planta proporcionou maiores produtividades que a realizada após o período chuvoso, que ocorre no final do primeiro ciclo de

crescimento da planta de mandioca, e que a produtividade de raízes apresentou-se diretamente relacionada com a duração do período de cultivo da planta.

Vários trabalhos têm demonstrado que, tanto a permanência das plantas em campo, devido ao aumento da época de colheita, quanto a irrigação podem proporcionar incrementos no rendimento da mandioca; no entanto, no caso de mandioca para mesa, os atributos relacionados à qualidade, tais como o tempo de cozimento e a ocorrência de fibras também são importantes, e pelo menos a ocorrência de fibras tende a aumentar à medida que aumenta a idade das raízes. Além disto, é preciso avaliar o custo/benefício, pois o uso da irrigação na mandiocultura eleva os custos de produção, podendo tornar a atividade inviável.

O objetivo desse trabalho foi estudar as respostas morfofisiológicas de clones de mandioca de mesa sob condições irrigadas e de sequeiro, em diferentes épocas de colheita.

#### REFERÊNCIA BIBLIGRÁFICAS

ALMENDRA, A. A. **AVALIAÇÃO DE TRÊS CULTIVARES DE MANDIOCA DE MESA (*Manihot esculenta* Crantz) SUBMETIDAS AO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS**. 2005. 29 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Teresina.

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

ALBUQUERQUE, J.A.A. de; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A. da.; SEDIYAMA, C.S.; ALVES, J.M.A.; ASSIS NETO, F. de. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, p.388-394, 2009.



ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA. L.S. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.138-169, 2006.

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. 160, p. 59-74. 2008.

BORGES, M. de F.; FUKUDA W. M. G.; ROSSETTI A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p.1559-1565. 2002.

CERQUEIRA, Y. M. Efeito da deficiência de água na anatomia foliar de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) – densidade estomática. **Sitientibus**, Feira da Santana, n.10, p.103-115.1992.

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.

EL-SHARKAWY, MABROUK A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.19, n.4, pp. 257-286, 2007.

FAO: **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**. Disponível em:<  
[http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcnds/index\\_es.html](http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcnds/index_es.html)>. Acesso em : Agosto de 2013.

FIALHO, J. de F. F. e VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado**: orientações técnicas. 2ª edição. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.208, 2011.

FUKUDA, C.; OTSUBO, A. A. **Cultivares**. Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. (Sistemas de Produção, 7). Janeiro de 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/>. Acesso: 15 de junho de 2011.

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

LORENZI, J.O.; DIAS, C.A.C. **Cultura da mandioca**. Campinas: CATI, 1993, 41p.

MEZETTE, T. F.; CARVALHO, C. R. L.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; PARRA, E. S. B.; GALERA, J. M. S. V.; VALLE, T. L. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, v.68, n.3, p.601-609, 2009.

OTSUBO, A. A. e LORENZI, J. O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura/Embrapa Agropecuária Oeste, Bahia, 2004. 116p. (Sistema de Produção e Desenvolvimento, 6).

PARDALES JÚNIOR, J. R. e ESQUIBEL, C. B. Effect of Drought During the Establishment Period on the Root System Development of Cassava. **Japanese Journal of Crop Science**, v.65, n.1, p.93-97, 1996.

PORTO, M. C. M. Condutância foliar em cultivares de mandioca. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.1, p.93-98, 1989.

SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MAIA, R. R.; KVITSCHAL, M. V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, v.61, n.2, p.115-125. 2002.

SALOMÃO, de S. M.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. da S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, p.440, 2011

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.

SOUZA, M. J. L. **Manejo da irrigação, épocas de colheita e efeito do cloreto de mepiquat sobre características agronômicas da mandioca**. 2007. 68p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

SOUZA, M. J.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS R. C.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum**, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2010.

TÁVORA, F. J. A. F. e BARBOS FILHO, M. Antecipação de plantio, com irrigação suplementar, no crescimento e produção de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.12, p.1915-1926, 1994.

VIDIGAL FILHO, E. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G.; MAIA, R. R.; SAGRILO, E.; SIMON, G. A.; LIMA, R. S. Avaliação de cultivares de mandioca na região noroeste do Paraná. **Bragantia**, v.59, n.1, p.69-75, 2000.

## **CAPÍTULO 1**

### **PRODUTIVIDADE DE CLONES DE MANDIOCA DE MESA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA SOB CONDIÇÕES IRRIGADAS E DE SEQUEIRO**

## PRODUTIVIDADE DE CLONES DE MANDIOCA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA SOB CONDIÇÕES IRRIGADAS E DE SEQUEIRO

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho foi estudar a resposta de clones de mandioca de mesa cultivada sob irrigação e sequeiro em diferentes épocas de colheita. Os tratamentos avaliados foram: doze clones de mandioca de mesa submetidos às condições com irrigação e de sequeiro em quatro épocas de avaliação. A maior produtividade de massa da parte aérea foi observada sob a condição irrigada e aos dez meses após o plantio, sendo que os clones Imbé e Dona Rosa diferiram estatisticamente dos demais. A produtividade total e comercial de raízes foram influenciadas positivamente pela irrigação, aos dez meses após o plantio o clone Imbé obteve produtividade total de 66,22 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação e 31,60 t.ha<sup>-1</sup> sob sequeiro. Sob condição irrigada, a produtividade de raízes comerciais do clone Imbé diferiu da dos demais em todas as épocas avaliadas alcançando 45,64 t/ha aos dez meses, exceto do clone Neilton aos seis e dez meses, o qual obteve 37,01 t.ha<sup>-1</sup> aos dez meses. O clone BRS Kiriris apresentou a menor redução de sua produtividade de raízes total (40,81%) e comercial (11,80%) em relação ao irrigado. A melhor época de colheita de raízes comerciais independente do tratamento foi aos dez meses após o plantio. Os clones Rosinha, Saracura e BRS Kiriris obtiveram índice de colheita superior aos demais, apresentando 57,48; 57,05 e 55,82%, respectivamente. A maior eficiência de uso da água observado foi para os clones Imbé e Neilton, independente da condição de cultivo. A melhor eficiência de uso da água foi alcançada após o décimo mês, exceto para o clone BRS Dourada, que sob irrigação apresentou a maior aos seis meses. Os clones Imbé e Dona Rosa apresentaram o maior número de raízes por planta observado aos dez meses quando irrigado, entretanto para o clone BRS Dourada ocorreu aos seis meses, sob sequeiro a maioria dos clones apresentaram se com reduzido número de raízes por planta. A maioria dos clones apresentou maior número total, comercial, percentagem de raízes e diâmetro aos dez meses após o plantio, destacando se o clone BRS Gema de Ovo. Efetivamente a condição sob irrigação proporcionou as maiores produtividades.

**Palavras chave:** Raiz comercial, índice de colheita, déficit hídrico, eficiência do uso de água

## YIELD OF SWEET CASSAVA UNDER IRRIGATION AND RAINFED CONDITIONS

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the response of clones of sweet cassava subjected to two soil water regimes. The following treatments were evaluated: 12 cassava clones, two water regimes (irrigated rainfed) and four harvest periods. The highest productivity of the shoot mass was observed under irrigated condition and ten months after planting. There was effect of irrigation on yield of total and commercial of roots. Under irrigation the productivity of commercial roots of clone Imbé differed from the others in all harvest periods reaching 45,64 t.ha<sup>-1</sup> at ten month, except when it was compared to the clone Neilton harvested at six and 10 months. The less yield reduction comparing the two soil water regimes was achieved by clone BRS Kiriris: 40,81% for total roots and 11,80% for commercial roots. Clones Rosinha, Saracura and BRS Kiriris presented the highest harvest index, in comparison to the others: 57,48; 57,05 and 55,82%, respectively. The highest efficiency of water use was observed for clones Imbé and Neilton, regardless of the soil water regime. The maximum water use efficiency was at the tenth month after planting, except for the clone that BRS Dourada, which was precocious achieving maximum at six months after planting under irrigation condition. Most of the clones showed the highest total number of root, commercial roots and root diameter at ten months after planting, especially the clone BRS Gema de Ovo. Effectively the condition under irrigation provided the highest yields.

**Keywords:** Commercial root, harvest index, water deficit, water use efficiency.

## INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada em vários países da América do sul, África e Ásia assumindo grande importância social e econômica. No Brasil, centro de origem da espécie, cultiva-se mandioca em quase todas as regiões, sendo utilizada principalmente sob a forma de farinha, além da alimentação animal (Mendonça et al. 2003; Montero, 2003).

O primeiro passo da seleção das variedades de mandioca a serem cultivadas é a definição do mercado a ser atendido, seja para produção de mandioca de mesa (consumo *in natura*) ou para a indústria (farinha, fécula e glicose, entre outras). Essa escolha deve levar em consideração, além das oportunidades de mercado da região escolhida para o cultivo, características relacionadas à tolerância a seca: como a retenção foliar ou, o curto período entre o plantio e a colheita (precocidade) (Fialho, 2011).

Por se tratar de uma espécie com capacidade de produzir satisfatoriamente bem sob condições de baixa precipitação pluvial, a cultura é uma alternativa de grande importância para o semi-árido brasileiro. Porém, existem muitos fatores que afetam o desenvolvimento da planta, e são responsáveis por reduzir a produtividade potencial da cultura para uma determinada condição edafoclimática. Dentre as causas que contribuem para a baixa produtividade da mandioca no Brasil, pode-se destacar a falta de variedades adaptadas a diferentes condições de cultivo, a realização inadequada ou a falta de práticas culturais, o uso de material de plantio de baixa qualidade, bem como o cultivo em regiões com precipitação menor que o limite mínimo adequado para a cultura (Lopes, 2006; Alves, 2006).

A produtividade da mandioca é muito afetada pela seca, entretanto a irrigação é uma alternativa para se alcançar melhores produções. Lopes et al. (2010), ao avaliar o efeito da irrigação e épocas de colheita, sobre a produtividade e características agrônômicas da mandioca, observaram que plantas irrigadas apresentaram valores de índice de área foliar 39% maiores e valores de altura 14% maior que plantas cultivadas em sequeiro. A produtividade de raízes aumentou linearmente com a idade e épocas de colheita, obtendo-se, aos 18 meses, um incremento de 100% em relação à colheita efetuada aos 8 meses.

A mandioca vem ganhando importância no mercado nos últimos anos, especialmente pela tradição de seu consumo. Entre 1961 e 2007, a produção mundial de raízes de mandioca cresceu de 71.262.039 para 214.515.149 toneladas. A produtividade cresceu de 7,4 para 11,6 t.ha<sup>-1</sup> e em 2012 alcançou produtividade de 14,61 t.ha<sup>-1</sup>. Nesse contexto, a irrigação pode ser adotada como alternativa para redução do ciclo produtivo e maximização da produtividade em diferentes regiões do Brasil. Portanto, como a cultura tradicionalmente é cultivada sob sequeiro, há carência de informação sobre a resposta desta cultura à irrigação e melhores épocas de colheita de diferentes genótipos, visando aumentar a produtividade e reduzir o ciclo, possibilitando retorno econômico rápido aos produtores.

O objetivo desse trabalho foi estudar a resposta de clones de mandioca de mesa cultivada sob condições irrigadas e de sequeiro em diferentes épocas de colheita.

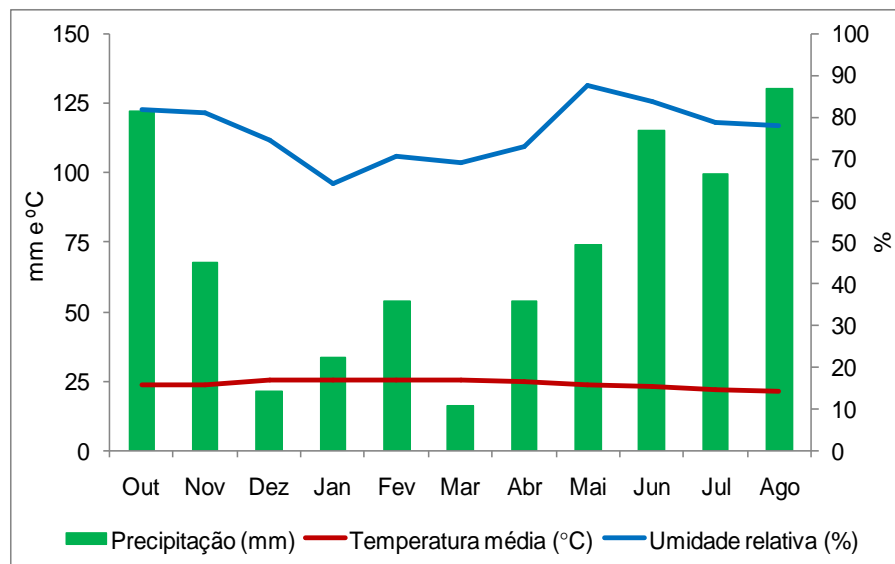
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da área experimental**

O trabalho foi conduzido entre outubro de 2011 e agosto de 2012, no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, localizado no município de Cruz das Almas, Recôncavo Baiano. A área experimental foi implantada nas seguintes coordenadas geográficas: 12°40'39" de latitude Sul e 39°06'23" de longitude Oeste, a uma altitude de 226 m. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa e temperatura média anuais de 80% e 24,1 °C, respectivamente, apresentando pluviosidade média anual de 1.170 mm (Almeida, 1999). O registro desses elementos meteorológicos no período do estudo foi por meio da estação meteorológica da Embrapa Mandioca e Fruticultura (INMET) a 100 metros do experimento (Figura 1). O experimento foi instalado em Latossolo Amarelo distrófico típico, textura franco argilo-arenosa, a moderado, caulínico, hipoférrico, fase transição floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia, declive 0 a 3% (Souza e Souza, 2001). Foram coletadas duas repetições de amostra composta coletada em 15 pontos da área de solo indeformada antes e depois do



experimento nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm. O resultado da análise química das amostras do solo da área experimental está apresentado na Tabela 1.



**Figura 1:** Médias mensais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar no período de outubro de 2011 a agosto de 2012. Cruz das Almas – BA, 2012.

**Tabela 1 –** Resultados das análises químicas de amostras de solo coletadas na área experimental. Cruz das Almas – BA, 2012.

DETERMINAÇÕES		INÍCIO		FINAL	
		0-20	20-40	0-20	20-40
pH em H <sub>2</sub> O	-	6,35	6,20	6,80	6,50
P	mg/dm <sup>3</sup>	36,00	25,50	62,5	26,5
K <sup>+</sup>		0,24	0,18	0,28	0,19
Ca <sup>2+</sup>		1,89	1,62	1,95	1,50
Mg <sup>2+</sup>		1,14	1,03	1,30	1,05
Al <sup>3+</sup>	Cmol/dm <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
H + Al <sup>3+</sup>		0,77	1,21	0,22	1,32
SB		3,29	2,88	3,59	2,78
CTC		4,06	4,09	3,70	4,10
V (%)	%	81,00	69,00	67,5	97
M.O	g/kg	10,45	10,24	9,21	8,59
MICRONUTRIENTES					
Cobre (Cu)		0,83	0,37	-	-
Ferro (Fe)		47,17	52,78	-	-
Zinco (Zn)	Cmol/dm <sup>3</sup>	6,71	4,34	-	-
Manganês (Mn)		18,60	12,95	-	-

## **Material genético**

Foram estudados 12 clones de mandioca, sendo eles: Dona Rosa, Branca, Neilton, Imbé, Eucalipo, BRS Dourada, Amarelo I, Talo Branco, BRS Kiriris, Rosinha, BRS Gema de Ovo e Saracura. Estes clones foram selecionados por apresentar características agrônômicas desejáveis, serem cultivados por produtores rurais da região de Cruz das Almas, e alguns desenvolvidos e recomendados pela EMBRAPA.

## **Procedimentos de preparação e instalação do experimento**

Antes do plantio, todo o solo da área foi escarificado, e em seguida, sulcos espaçados de um metro foram abertos com um sulcador mecânico. As manivas utilizadas no plantio foram obtidas de plantas saudáveis, com idade aproximada de 12 meses e plantadas uma semana após a coleta, distribuídas a cada 80 centímetros dentro de cada sulco e cobertas com uma camada de terra. A seleção das manivas para o plantio foi realizada procurando-se uniformizar ao máximo todo o material utilizado. Foram usadas as frações do terço médio da planta, com 18 a 20 cm de comprimento e 1,5 a 3 cm de diâmetro, perfazendo uma quantidade mínima de sete gemas.

## **Manejo de irrigação**

Foi utilizado o método da irrigação localizada por gotejamento, com dois emissores por planta. Foram utilizados gotejadores autocompensados da AGROJET modelo GA – 4, com vazão de 4 litros por hora e pressão de trabalho de 8 mca. O monitoramento da umidade do solo foi feito pelo método da *Reflectometria no Domínio da Frequência* (FDR), com tubos de acesso instalados até 0,5 metros de profundidade, sendo 12 acessos no tratamento sob irrigação e 12 no de sequeiro e as leituras realizadas através do aparelho Diviner 2000®.

O monitoramento de água no solo foi realizado para identificar os excessos ou deficiência hídrica associada ao manejo de água adotado no trabalho: irrigação e sem irrigação. A porcentagem de água no solo disponível à planta foi adotada

como parâmetro para o manejo de irrigação, obtido por meio da diferença da umidade na capacidade de campo ( $\Theta_{cc}$ ) no ponto de murcha ( $\Theta_{pmp}$ ) (Equação 1).

$$PAD = \left( \frac{\theta_s - \theta_{pmp}}{\theta_{cc} - \theta_{pmp}} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

sendo:

PAD – porcentagem de água disponível à planta;  $\Theta_s$  = umidade do solo obtida com *DIVINER* ( $m^3/m^3$ );  $\Theta_{pmp}$  - umidade do solo no ponto de murcha permanente ( $m^3/m^3$ ) e  $\Theta_{cc}$  - umidade do solo na capacidade de campo ( $m^3/m^3$ ).

O manejo da irrigação foi feito com base na evapotranspiração da cultura (ETc) sendo determinado com:

$$ETc = Kc \times ETo \times Kr \quad (\text{Equação 2})$$

*Sendo:*

Kc - o coeficiente de cultivo conforme Coelho Filho et al., (2010); ETo - a evapotranspiração de referência e Kr - o coeficiente de redução da evapotranspiração. A ETo foi determinada por meio do método de Penman-Monteith, conforme ALLEN et al., (1998), com base nos dados meteorológicos fornecidos pela estação meteorológica automática da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

$$Kr = IC + 0,5 \times (1 - IC) \quad (\text{Equação 3})$$

sendo:

Kr - coeficiente de redução da evapotranspiração e IC é o índice de cobertura da cultura de mandioca. Com os valores médios dos diâmetros das copas (D), foi determinado, para todas as culturas, os índices de cobertura (IC), que expressam a fração da superfície do solo sombreada pela planta, dados pela relação de área da copa dividido pelo espaçamento entre linha x espaçamento entre filas.

O Kr foi calculado por meio da equação proposta por Freeman e Garzoli, citados por Vermeiren e Jobling (1997) para cultivos adensados. Todas as plantas foram irrigadas até os 70 dias após o plantio para seu pleno estabelecimento, e após esse período foram aplicados os tratamentos com irrigação e sem irrigação foram.

### **Variáveis analisadas e procedimentos estatísticos**

O delineamento experimental adotado foi o delineamento em blocos casualizados, com três repetições, e em esquema fatorial 12 x 4 x 2, sendo 12 clones (Dona Rosa, Branca, Neilton, Imbé, Eucalipo, BRS Dourada, Amarelo I, Talo Branco, BRS Kiriris, Rosinha, BRS Gema de Ovo e Saracura), 4 épocas de colheita (3, 6, 8 e 10 meses após o plantio) e 2 condições de cultivo (irrigado e sequeiro). Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias das cultivares agrupada pelo teste de Scott-Knott, as médias das condições de cultivo comparadas pelo teste de F, para as médias das épocas foram ajustados modelos de regressão linear, todos a 5% de probabilidade. Os dados referentes à contagem de raízes foram transformados para cada parcela constituída de 126 plantas e as subparcelas por 756 plantas, sendo 16 plantas centrais consideradas úteis, obedecendo ao espaçamento de 1,0 x 0,8 metros em fileiras simples, totalizando 12.500 plantas por hectare. Foram avaliadas as seguintes variáveis da planta (raiz/parte aérea):

- a) Massa fresca da parte aérea – obtida pela pesagem do material vegetal em balança digital, logo após a colheita das raízes de cada planta na parcela.
- b) Massa fresca da raiz comercial e total – pesagem de todas as raízes tuberosas para obtenção do peso total com posterior separação e pesagem das raízes comerciais, no momento da colheita.
- c) Diâmetro da raiz – medido com paquímetro graduado em milímetros no meio da raiz.
- d) Proporção de raiz comercial / raiz total – calculada sobre o total de raízes colhidas de cada parcela. Foram consideradas raízes comerciais aquelas com formato cilíndrico e livre de deformações anatômicas, com massa maior ou igual a 200 gramas e com comprimento e diâmetro maior ou igual a 20 cm e 3 cm, respectivamente.

- e) Número de raiz total e comercial – obtido pela classificação de raízes comerciais e não comerciais com posterior contagem. As raízes não comerciais representaram o número total produzido pela planta e as classificadas como comerciais obedeceram a critérios preestabelecidos.
- f) Índice de colheita – relação entre o peso de raízes tuberosas e o peso total da planta.

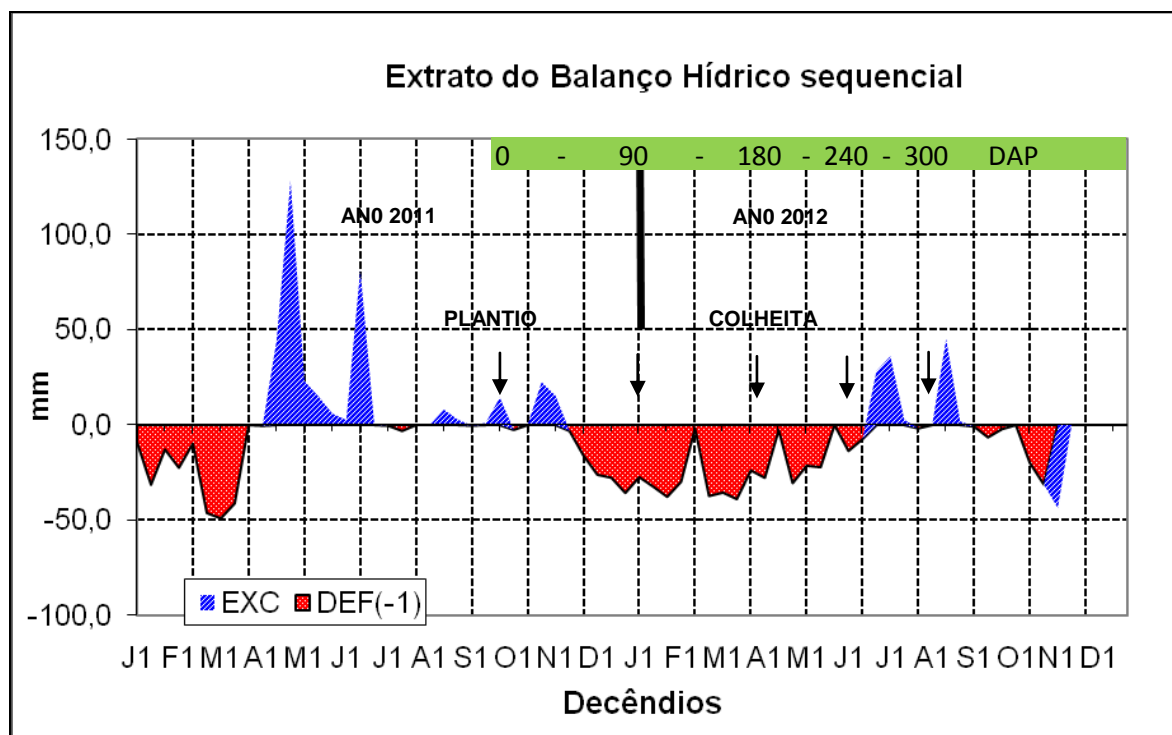
Para análise da eficiência de uso de água (EUA) foram consideradas as lâminas de irrigação a partir do 10º dia após o plantio das manivas. A EUA foi calculada em todos os tratamentos, levando em conta a produtividade total de raízes e a lâmina bruta de água aplicada através da irrigação (Equação 4).

$$EUA = \frac{P}{LBA + Pe} \quad (\text{Equação 4})$$

sendo: EUA a eficiência de uso de água ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ); P a produtividade total ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ); LBA a lâmina bruta de água aplicada ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ); Pe a precipitação pluviométrica.

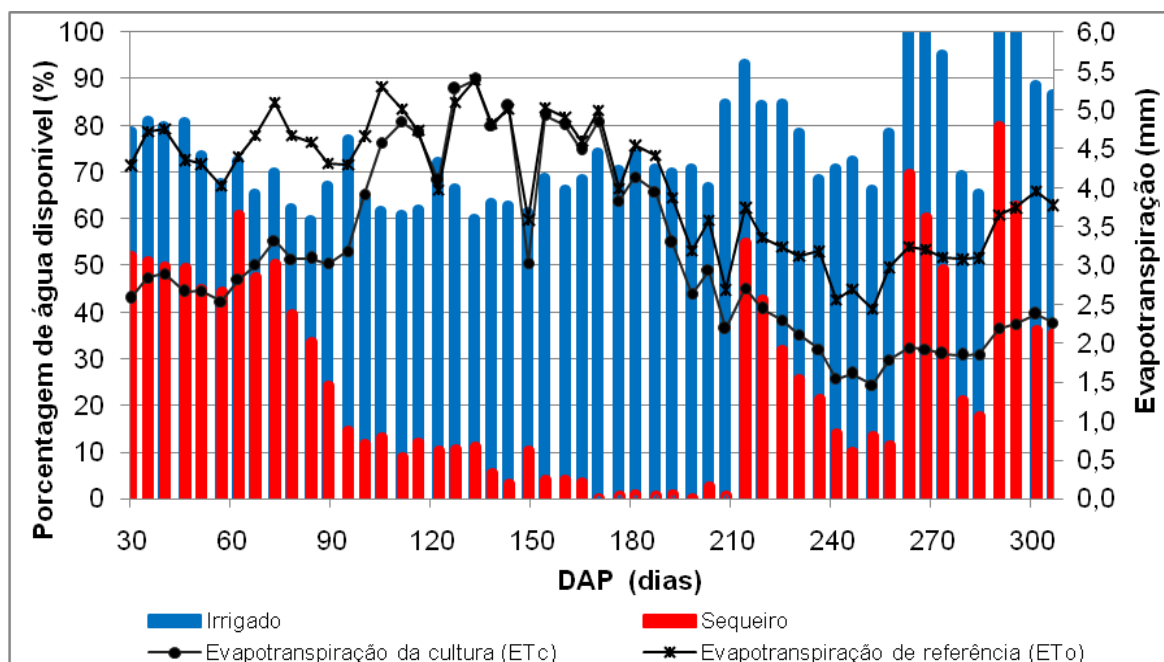
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento foi instalado em 05 de outubro de 2011, período que antecede o período seco na região. Esse aspecto pode ser observado, conforme balanço hídrico seqüencial para Cruz das Almas (Figura 2), que no período compreendido entre dezembro de 2011 e maio de 2012 ocorreu claro déficit hídrico no solo. A época seca coincidiu com o período de crescimento vegetativo da mandioca (fase onde ocorrem as maiores taxas de crescimento das folhas e ramos), antecedendo a fase de tuberização das raízes de reserva. Esse período, compreendido entre os 1º e o 5º meses considerado crítico para o efeito do déficit hídrico em mandioca (Alves, 2002).



**Figura 2:** Representação do balanço hídrico sequencial mensal para Cruz das Almas nos anos de 2011 e 2012.

A Figura 3 contém os dados da porcentagem de água disponível no solo (PAD) e a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) ao longo do ciclo das plantas do experimento. Há diferenças claras dos valores de água disponível desde os 30 dias após o plantio. A porcentagem de água no solo disponível à planta (PAD) foi reduzida abaixo dos 20% entre 90 e 210 dias após o plantio no tratamento de sequeiro, coincidindo com o período de maior demanda hídrica da cultura, evidenciado pela evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e de referência ( $ET_o$ ), conforme Figura 3. Entretanto a PAD foi maior no início e no final do ciclo por conta do período chuvoso na região (Figuras 1 e 3). A PAD mínima observada foi 60% para a condição com irrigação e 0% na condição de sequeiro. Isso pode ser justificado nas duas situações, uma vez que esse era o período de maior demanda hídrica da cultura. O período seco, em que a PAD foi menor situou-se na fase vegetativa, período de maior sensibilidade da cultura ao déficit hídrico.

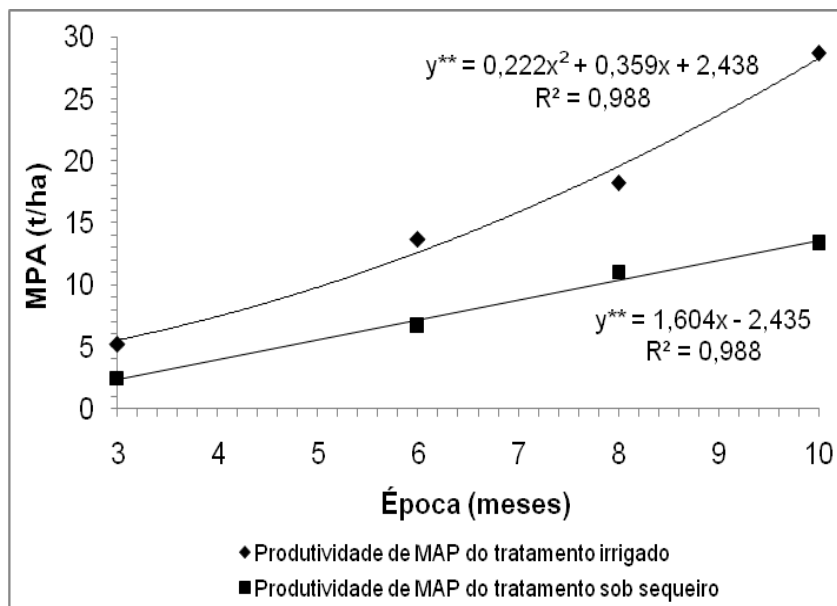


**Figura 3:** Porcentagem de água disponível (PAD), evapotranspiração da cultura (ETc) e evapotranspiração de referência (ETo) ao longo do ciclo da cultura em dias após o plantio (DAP) para os tratamentos com irrigação e sequeiro, Cruz das Almas – BA.

### ***Massa da Parte Aérea (MPA)***

A análise de variância (ANOVA) revela que houve efeito significativo para interação dupla de clone x épocas de colheita e condição de cultivo x época de colheita e clone x condição de cultivo, pelo teste F ( $p < 0,01$ ). No entanto não houve efeito significativo para a interação e clone x condição de cultivo x época de colheita e nem para bloco.

A produtividade de MPA sob a condição de sequeiro é visivelmente inferior ao comparar com aqueles sob irrigação, a qual favoreceu o desenvolvimento da parte aérea, devido à disponibilidade de água a planta. No entanto, sob sequeiro a produtividade de MPA foi afetada pela reduzida disponibilidade hídrica, ocasionado pelo período de déficit hídrico, como demonstrado pelo balanço sequencial dos anos de 2011 e 2012, para o município de Cruz das Almas, Figura 2.



**Figura 4:** Massa da Parte Aérea (MPA) sob as condições irrigada e de sequeiro em função das épocas de colheitas. Cruz das Almas, 2013.

Conforme a Figura 4, os modelos ajustados para as duas condições de cultivo foram significativos ( $p < 0,01$ ) os quais apresentaram coeficientes de determinação iguais a 0,99. A tendência das curvas apresentadas na Figura 4, demonstra que o déficit ocorrido no tratamento de sequeiro afetou negativamente a produtividade da parte aérea. A máxima produtividade estimada foi 28,23 e 13,61  $t \cdot ha^{-1}$  no 10º mês para os tratamentos com irrigação e sequeiro, respectivamente. Os resultados corroboram afirmativas de El-Sharkawy (2007), de que embora a mandioca seja uma espécie tolerante à seca, o crescimento e rendimento são reduzidos por prolongados períodos de seca, além de reduzir a área de sua copa, via perda das folhas mais velhas e formação de novas e menores folhas, o que reduz a interceptação da luz, sendo essa uma característica de adaptação à seca.

Analisando a MPA em função das quatro épocas de colheita verifica-se que houve um crescimento contínuo da primeira à quarta época de colheita (Figura 4). Conforme Alves (2006), o crescimento vegetativo mais ativo ocorre até o 6º mês (fase de estabelecimento da copa) e a partir desse período aumentam a senescência foliar e a taxa de queda das folhas, corroborando dados de ETc. No entanto, os dados apresentados demonstram um aumento da produtividade da MPA até o 10º mês, período esse que marca o final da fase vegetativa e de



colheita. Isso pode ter sido favorecido pelos tratamentos com irrigação e por causa das chuvas que ocorreram a partir do 7º mês após o plantio, com posterior reidratação e emissão de novos brotos pelas plantas do tratamento em sequeiro após o período seco e como consequência disso também, retardado a queda das folhas. No entanto, Oliveira et al. (2010), no sudoeste da Bahia, revelaram que a massa da parte aérea no segundo ciclo vegetativo da cultura, também foi crescente com as épocas de colheita. Comportamento semelhante também foi observado por Sagrilo et al. (2002) referente à massa da parte aérea.

Conforme dados de MPA (Tabela 2), coletados em quatro épocas de colheita (3, 6, 8 e 10 meses após o plantio - MAP) e sob duas condições de cultivo (com irrigação e sob sequeiro) pode-se observar que não houve diferença estatística entre os clones aos três MAP independentemente da condição de cultivo empregada. No entanto, sob as condições irrigadas e aos seis meses, houve diferença estatística entre clones, sendo Imbé, Dona Rosa, Branca, Neilton e BRS Dourada aqueles que apresentaram as maiores produtividades de MPA, alcançando 18,91; 16,99; 18,31; 21,09 e 19,90 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação e 10,16; 7,88; 11,98 e 9,28 sob sequeiro, exceto BRS Dourada. Aos oito MAP Imbé, Dona Rosa e Branca diferiram estatisticamente dos outros clones e, apresentaram produtividade de MPA iguais a 32,71; 26,83 e 27,35 t.ha<sup>-1</sup>, já sob sequeiro somente o clone Branca diferiu dos demais alcançando o maior MPA igual a 19,02 t.ha<sup>-1</sup>.

Aos dez MAP somente os clones Imbé e Dona Rosa apresentaram valores de MPA superior aos demais clones sob a condição irrigada, com 56,88 e 55,74 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Sob sequeiro o clone Branca superou os demais com MPA igual a 28,14 t.ha<sup>-1</sup>.

A redução na produtividade da MPA do tratamento sob sequeiro em relação ao irrigado foi determinado aos 10 MAP, por ser a época na qual os clones apresentaram a maior produtividade. Os clones que apresentaram a maior redução foram Talo Branco, Rosinha, Imbé e Dona Rosa com mais de 62% de redução na produtividade de MPA em relação ao tratamento sob sequeiro. No entanto os clones Branca, Neilton, BRS Dourada apresentaram as menores reduções, com menos de 45 % em relação ao tratamento irrigado. Os demais apresentaram-se com redução próximo de 50%.

**Tabela 2:** Massa da parte aérea (MPA – t.ha<sup>-1</sup>) dos clones sob irrigação e em condições de sequeiro avaliados em quatro épocas de colheita. Cruz das Almas, 2013.

Clone	Condição de Cultivo								Redução (%) aos 10 MAP*
	Irrigado				Sequeiro				
	Três	Seis	Oito	Dez	Três	Seis	Oito	Dez	
Imbé	10,09 Ac	18,91 Ac	32,71 Ab	56,88 Aa	4,19 Ac	10,16 Ab	11,55 Bb	21,33 Ba	62,50
Dona Rosa	8,66 Ac	16,99 Abc	26,83 Ab	55,74 Aa	2,06 Ac	7,88 Ab	12,09 Bb	21,14 Ba	62,07
Branca	7,41 Ac	18,31 Abc	27,35 Ab	41,84 Ba	3,79 Ad	11,98 Ac	19,02 Ab	28,14 Aa	32,75
Neilton	8,97 Ac	21,09 Aab	20,96 Bab	30,49 Ca	3,32 Ac	9,28 Ab	12,22 Bab	16,78 Ba	44,97
Talo Branco	5,35 Ab	10,24 Bb	16,96 Bab	25,34 Ca	2,64 Ac	5,46 Bbc	12,82 Bab	8,78 Da	65,35
BRS Dourada	4,60 Ab	19,90 Aab	17,68 Ba	24,91 Ca	2,47 Ac	6,59 Bbc	11,02 Bb	14,85 Ca	40,39
Eucalipto	3,96 Aa	11,28 Ba	12,88 Ba	17,15 Ca	2,17 Ab	6,86 Bab	6,77 Cab	8,28 Da	51,72
Amarelo I	3,82 Ac	13,34 Bab	14,41 Bab	19,68 Ca	2,32 Ab	5,73 Bab	8,86 Ca	9,72 Da	50,61
BRS Kiriris	3,26 Ab	8,56 Bab	12,39 Bab	20,25 Ca	2,52 Ac	4,85 Bab	7,51 Cab	8,63 Da	57,38
Rosinha	2,72 Ab	8,74 Bab	12,58 Bab	20,51 Ca	1,74 Aa	4,18 Ba	7,21 Ca	7,38 Da	64,02
Saracura	2,31 Aa	7,41 Ba	12,29 Ba	14,21 Ca	1,41 Ab	3,53 Bb	14,62 Bb	6,75 Da	52,5
BRS Gema de Ovo	2,09 Ab	9,61 Bab	11,96 Bab	18,08 Ca	1,18 Ab	3,63 Bab	9,07 Ca	8,53 Da	52,82
Média	5,27 d	13,70 c	18,25 b	28,76 a	2,48 d	6,68 c	11,06 b	13,36 a	-

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knot e médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade.\* Redução sequeiro/irrigado em percentagem aos 10 meses após o plantio.

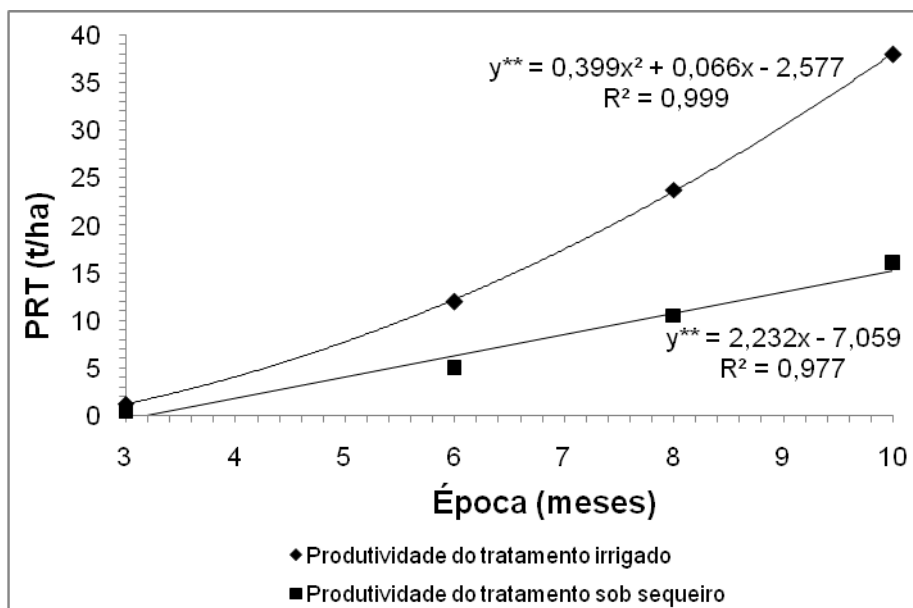
***Produtividade de raízes totais (PRT) e comerciais (PRC) e eficiência de uso de água (EUA)***

Conforme a análise de variância, houve efeito significativo dos fatores isolados para clones, condições de cultivo e épocas de colheita ( $p < 0,01$ ), e para as interações de clone x condição de cultivo ( $p < 0,05$ ), clones x épocas de colheita e condição de cultivo x época de colheita ( $p < 0,01$ ) para a variável PRT.

Na Figura 5, são apresentados os modelos de regressão linear para a PRT nas 4 épocas de colheita para os tratamentos com irrigação e sob sequeiro. Os modelos ajustados para as duas condições de cultivo apresentaram coeficientes de determinação iguais a 0,97 e 0,99 sob as condições sob sequeiro e irrigado, respectivamente.

Pode ser observado que as produtividades aos 3 meses, para as duas condições, são praticamente iguais e crescem com o tempo, sendo esse crescimento mais expressivo na condição irrigada. Aos 6, 8 e 10 meses após o plantio, a produtividade estimada foi de 12,18; 23,48 e 37,98 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, no tratamento irrigado. Já para o tratamento de sequeiro as produtividades foram de 5,00; 10,55 e 16,01 t.ha<sup>-1</sup> nesse período.

Ao se comparar as épocas de colheita para plantas sob irrigação (Figura 5), houve incremento 10,73 t.ha<sup>-1</sup> entre 3 e 6 meses, 11,79 t.ha<sup>-1</sup> entre 6 e 8 e o maior ganho na produtividade entre 8 e 10 meses, que foi igual a 14,17 t.ha<sup>-1</sup>. Sob sequeiro observa-se um comportamento menos expressivo, com incremento de 4,53 t.ha<sup>-1</sup> entre 3 e 6 meses, 5,55 t.ha<sup>-1</sup> entre 6 e 8 e entre 8 e 10 meses igual a 5,46 t.ha<sup>-1</sup>. Em média, pode ser vantajoso a colheita aos dez meses decorrente do maior ganho na produtividade nesse período e o consumo de água que é reduzido, conforme kc, significando menores gastos com irrigação, o que pode resultar em maior EUA.



**Figura 5:** Produtividade total de raízes ( $t \cdot ha^{-1}$ ) de clones de mandioca de mesa sob irrigação e em sequeiro, em função das épocas de colheita. Cruz das Almas, 2013.

A redução percentual da relação sequeiro/irrigado foi de 57,89% aos dez MAP. A produtividade reduzida desse tratamento pode ser explicada pela baixa PAD, no período que antecedeu a fase de tuberização das raízes, conforme dados do monitoramento da umidade do solo (Figura 3), corroborando afirmativa de Alves (2002) de que, entre o 1° e o 5° mês após o plantio, o déficit hídrico de dois meses pode reduzir a produção de raízes tuberosas entre 32 a 60%. O déficit hídrico que foi quantificado pelo balanço hídrico sequencial para o período compreendido entre o 1° e o 5° mês após o plantio, atingiu 401,32 mm, e tendo em vista que a necessidade hídrica da cultura situa-se em torno de 1200 mm bem distribuídos no ciclo produtivo (Oliveira et al. 2006) esse valor representou 33,44% daquele necessário para a planta conseguir se desenvolver e produzir em potencial.

Apesar dos resultados apresentados, é preciso levar em consideração vários fatores envolvidos com a época de colheita da mandioca de mesa, como a cultivar a ser explorada, manejo, o clima da região, a finalidade do produto entre outros fatores, uma vez que a época ideal de colheita da mandioca não é conhecida (Benesi et al. 2008). 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. Esses atributos são indispensáveis em se tratando de mandioca de mesa para consumo *in natura*. Segundo Aguiar (2003), 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 maiores teores de matéria seca e amido.

Não houve diferença estatística entre os clones avaliados sob sequeiro, exceto no décimo mês de avaliação (Tabela 3). Esses resultados vêm reforçar que os clones estudados possuem características semelhantes quanto à tolerância à seca, apesar de partição de biomassa diferente, conforme resultados de MPA. Sob irrigação também não houve diferença aos três MAP. A diferença foi evidenciada a partir do sexto MAP, destacando-se com as maiores produtividades os clones Imbé (23,63 t.ha<sup>-1</sup>), Neilton (19,77 t.ha<sup>-1</sup>) e BRS Dourada (18,13 t.ha<sup>-1</sup>) aos seis meses; Imbé (43,55 t.ha<sup>-1</sup>) e Neilton (34,65 t.ha<sup>-1</sup>) aos oito; e Imbé (66,22 t.ha<sup>-1</sup>) aos dez meses, todos pelo teste de Scott-Knot ( $p < 0,05$ ). Evidenciando o resultado aos 6 MAP, verifica-se a presença da BRS Dourada, considerada precoce em estudos preliminares na Chapada Diamantina e confirmado no presente estudo. Porém o poder produtivo dessa variedade não foi aumentando com o tempo, como verificado para Neilton e principalmente o clone Imbé.

Ao se comparar as condições de cultivo, observa-se que não houve diferença estatística entre sequeiro e irrigado aos três MAP, para nenhum dos clones avaliados. Aos seis MAP houve diferença apenas para os clones Imbé, Neilton e BRS Dourada alcançando 23,63; 19,77 e 18,13 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação contra 6,54; 6,74 e 4,59 t.ha<sup>-1</sup> sob sequeiro. Já aos oito meses somente não diferiu estatisticamente entre as condições de cultivo para os clones Saracura, BRS Gema de Ovo e Branca. Aos dez meses, houve diferença estatística entre as condições de cultivo, sendo a condição com irrigação superior à de sequeiro para todos os clones avaliados. Os dados evidenciam que a reposição de água por meio da chuva entre 210 e 300 dias após o plantio não foi suficiente para o aumento da produtividade das plantas sob sequeiro, comparativamente com os clones sob irrigação, demonstrando que essa reposição não afetou significativamente a produtividade de raízes. A PTR foi reduzida quando comparado ao tratamento com irrigação em função da baixa PAD entre 90 e 210

dias após o plantio (Figura 3), sendo que o seu efeito sobre a PTR da mandioca nesse tratamento está vinculado ao período de ocorrência do déficit hídrico, durante o desenvolvimento das plantas na fase vegetativa (Figura 2), bem como a sua duração.

A PTR foi sensivelmente afetada pelo déficit hídrico, sendo que sob sequeiro a maioria dos clones apresentou uma redução de mais de 50% em relação ao irrigado aos 10 MAP, exceto o clone BRS Kiriris com redução de 40,81%, sendo esse o menor valor observado. No entanto os clones, Amarelo I e Talo Branco apresentaram-se com maior sensibilidade ao déficit, alcançando redução superior a 72%.

**Tabela 3:** Produtividade total de raízes (PTR – t.ha<sup>-1</sup>) de mandioca de mesa sob condições irrigadas e de sequeiro, avaliados em quatro épocas de colheita (3, 6, 8 e 10 meses após o plantio). Cruz das Almas, 2013.

Clone	Época de colheita (meses após o plantio - MAP)								Redução (%)**
	Três		Seis		Oito		Dez		
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	
Imbé	1,53 aA	0,41 aA	23,63 aA	6,54 bA	43,55 aA	19,56 bA	66,22 aA	31,60 bA	52,28
Neilton	1,18 aA	0,12 aA	19,77 aA	6,74 bA	34,65 aA	11,60 bA	50,37 aB	20,62 bB	59,06
BRS Dourada	1,50 aA	0,71 aA	18,13 aA	4,59 bA	22,28 aB	10,47 bA	31,05 aC	13,73 bC	55,78
BRS Kiriris	2,40 aA	0,31 aA	10,90 aB	5,86 aA	23,64 aB	12,04 bA	35,67 aC	21,11 bB	40,81
Saracura	1,42 aA	0,15 aA	9,58 aB	3,97 aA	25,26 aB	15,55 aA	40,01 aC	14,17 bC	64,58
BRS Gema de Ovo	1,36 aA	1,19 aA	9,29 aB	4,95 aA	11,33 aB	7,50 aA	24,60 aC	8,79 bD	64,22
Rosinha	1,46 aA	0,39 aA	8,79 aB	5,50 aA	25,63 aB	13,03 bA	36,65 aC	17,09 bC	53,37
Amarelo I	0,90 aA	0,36 aA	10,42 aB	5,85 aA	20,36 aB	7,22 bA	32,63 aC	8,18 bD	74,93
Dona Rosa	0,84 aA	0,25 aA	7,85 aB	2,77 aA	16,66 aB	6,82 bA	31,36 aC	11,52 bD	63,27
Eucalipto	0,53 aA	0,43 aA	11,05 aB	5,00 aA	23,36 aB	7,46 bA	33,31 aC	16,49 bC	50,50
Talo Branco	0,21 aA	ne	7,83 aB	3,28 aA	20,70 aB	5,44 bA	34,05 aC	9,25 bD	72,84
Branca	ne	ne	6,67 aB	4,99 aA	17,90 aB	9,95 aA	39,44 aC	19,58 bB	50,36
Média	1,26 a	0,47 b	11,99 a	5,00 b	23,77 a	10,55 b	37,94 a	16,01 b	

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knot e médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem pelo teste de FISHER, ambos a 5% de probabilidade. \*ne - não estimado. \*\* Redução sequeiro/irrigado em percentagem aos 10 meses após o plantio.

Para a variável produtividade de raízes comerciais (PRC, Tabela 4) e houve efeito significativo das interações clones x condições de cultivo e épocas x Condição de cultivo. Sob condições de sequeiro não houve diferença estatística entre os clones avaliados para a PRC. Independentemente da época de colheita. Entretanto foi verificado efeito da irrigação na PRC, com destaque para os clones Imbé e Neilton com PRC máxima aos 10 MAP iguais a 45,64 e 37,01 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente aos clones.

De acordo com dados da Tabela 4, nota-se efeito da irrigação sobre a PRC dos clones em todas as épocas, entretanto ao se comparar as condições de cultivo é possível observar que só houve diferença estatística entre irrigado e sequeiro para os clones Imbé, Neilton e BRS Dourada no terceiro MAP, com produtividades iguais a 19,73; 16,95 e 12,45 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação e 3,09; 2,62 e 0,61 t.ha<sup>-1</sup> sob sequeiro, respectivamente aos clones.

Já aos oito MAP houve diferença entre as duas condições para todos os clones, exceto apenas para BRS Gema de Ovo e Dona Rosa. Sob irrigação, a maior produtividade foi 27,33 t.ha<sup>-1</sup> para o clone Neilton e 35,91 t.ha<sup>-1</sup> para o clone Imbé. Esses mesmos clones se destacaram também aos 10 meses, mas com produtividade bem superior alcançando 37,01 t.ha<sup>-1</sup> e 45,64 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Conforme dados apresentados, observa-se efeito da irrigação sobre a produtividade de raízes quando comparado com sequeiro, evidenciando o potencial produtivo dos clones sob condições de disponibilidade hídrica. Como a maior produtividade ocorreu no 10º MAP, foi calculada a percentagem de redução da PRC em relação à condição sob irrigação. Os dados revelam que a grande maioria dos clones apresentou redução superior a 52%, com destaque para o clone BRS Dourada, com a maior redução, igual a 73,08 %. BRS Kiriris apresentou a menor redução em sua produtividade, sendo esta igual a 11,80%. Dessa forma, se o objetivo for comercializar raízes com padrão para consumo *in natura* não é vantajoso irrigar o clone BRS Kiriris, uma vez que a produtividade em sequeiro se aproxima daquela com irrigação. O efeito da irrigação também foi verificado por Souza et al. (2010), onde plantas irrigadas apresentaram maior produtividade de raízes tuberosas do que aquelas mantidas na ausência de irrigação.



**Tabela 4:** Produtividade de raízes comerciais (PRC – t.ha<sup>-1</sup>) sob condições irrigadas e de sequeiro. Cruz das Almas, 2013.

Clone	Época de colheita (meses após o plantio - MAP)						Redução (%) aos 10 MAP*
	Seis		Oito		Dez		
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	
Imbé	19,73 aA	3,09 bA	35,91 aA	11,85 bA	45,64 aA	20,24 bA	55,65
Neilton	16,95 aA	2,62 bA	27,33 aB	8,77 bA	37,01 aA	13,59 bA	63,28
BRS Dourada	12,45 aB	0,61 bA	19,37 aC	9,81 bA	21,19 aB	7,87 bA	73,08
Saracura	9,88 B	ne	17,94 aC	10,24 bA	28,13 aB	13,27 bA	52,83
Amarelo I	9,51 aB	4,11 aA	17,88 aC	2,71 bA	20,30 aB	9,16 aA	54,88
BRS Kiriris	9,32 aB	2,32 aA	18,14 aC	7,77 bA	21,54 aB	19,00 aA	11,80
Talo Branco	8,69 aB	1,28 aA	15,31 aC	8,47 bA	25,91 aB	11,71 aA	54,80
Eucalipto	8,36 aB	1,99 aA	15,61 aC	7,55 bA	28,27 aB	12,29 bA	56,53
BRS Gema de Ovo	7,91 aB	2,39 aA	8,96 aC	7,88 aA	26,82 aB	10,88 aA	59,43
Dona Rosa	7,73 B	ne	12,07 aC	6,53 aA	17,74 aB	7,68 aA	56,70
Branca	5,03 aB	1,18 aA	14,94 aC	8,83 bA	32,16 aB	13,45 bA	58,18
Rosinha	7,62 aB	3,91 aA	18,78 aC	10,23 bA	30,72 aB	12,42 bA	59,57
Média	10,43 a	2,29 b	18,52 a	8,47 b	27,95 a	13,42 b	

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knot e médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem pelo teste de F, ambos a 5% de probabilidade.\* Redução sequeiro/irrigado em percentagem aos 10 meses após o plantio.

A Tabela 5 apresenta os dados referentes à produtividade de raízes comerciais e à produtividade percentual de raízes comerciais (PRC/PRT). Conforme dados apresentados, nota-se que a PRC diferiu estatisticamente entre as épocas de colheita, sendo superior aos 10 meses após o plantio alcançando 27,95 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação e 13,42 t.ha<sup>-1</sup> sob sequeiro. O tratamento com irrigação foi superior ao de sequeiro em todas as épocas de colheita para a PRC, diferindo estatisticamente entre os tratamentos.

Referente à relação entre a Produtividade de Raízes Comerciais / Produtividade de Raízes Totais (PRC/PRT-%) observa-se que houve efeito significativo para condição de cultivo, época de colheita e para a interação épocas de colheita x condições de cultivo.

A PRC/PRT não diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ) entre as épocas de colheita, no tratamento com irrigação. Já para a condição de sequeiro houve diferença entre as épocas de colheita, sendo superior aos oito e dez meses após o plantio. Esse resultado é interessante e mostra que em condição de sequeiro a perda por falta de qualidade é elevada, sendo este igual a 63% comparado aos 6 e 8 meses, obtendo – se valor inferior a 30% de raízes não comerciais. No entanto para a condição irrigada o valor é estável. Não houve diferença estatística pelo teste F ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos de sequeiro e irrigado aos oito e dez meses. No entanto aos seis meses esses tratamentos diferiram estatisticamente, demonstrando o efeito da irrigação e da época de colheita sobre a PRC/PRT. Souza et al. (2010) também constataram efeito da irrigação no percentual de raízes de mandioca, obtendo-se um incremento de 54,98% em relação ao tratamento sem irrigação.

**Tabela 5:** Produtividade de Raízes Comerciais (PRC) e Produtividade Percentual de Raízes Comerciais (PRC/PTR) de mandioca de mesa em condições irrigadas e de sequeiro. Cruz das Almas, 2013.

Época	PRC (t.ha <sup>-1</sup> )		PRC/PRT (%)	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
Seis	10,43 aC	2,30 bC	81aA	37 bB
Oito	18,52 aB	8,47 bB	82 aA	79 aA
Dez	27,95 aA	13,42 bA	75 aA	72 aA

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey e seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem pelo teste F, ambos a 5% de probabilidade.

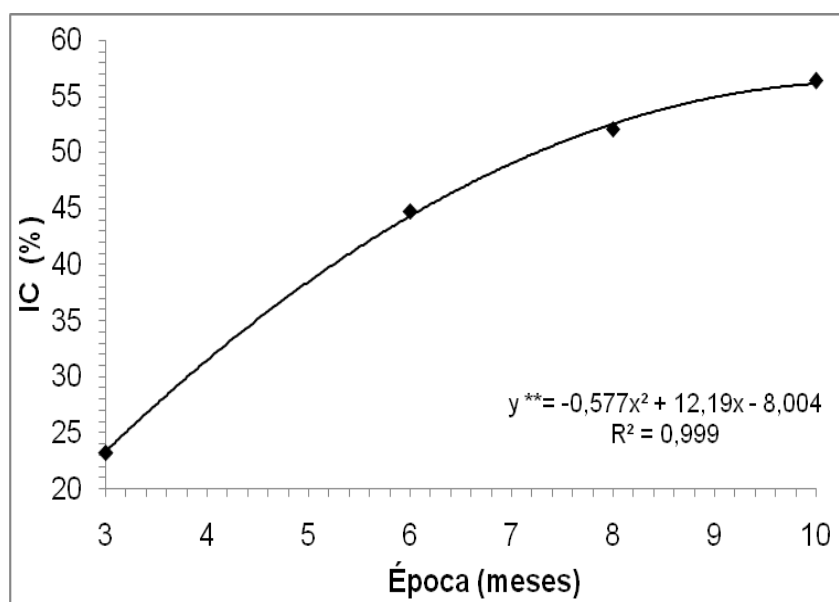
Referente ao índice de colheita (IC%), só houve efeito significativo dos fatores isolados clone, condição de cultivo e época de colheita. Conforme dados para a fonte de variação clone, da Tabela 6, os clones Rosinha, Saracura e BRS Kiriris obtiveram índice de colheita superior aos demais, apresentando 57,48; 57,05 e 55,82%, respectivamente. Estes resultados demonstram o potencial produtivo de raiz por massa foliar desses clones em relação aos demais estudados. Estes resultados estão em conformidade com os observados por Alves et al. (2008) onde o maior índice de colheita foi igual 58,86% para o clone Aciolina. Souza et al. (2010) também verificaram que o Índice de colheita não foi influenciado pela irrigação, mas houve efeito de épocas de colheita.

**Tabela 6:** Índice de colheita (IC %) de clones de mandioca de mesa. Cruz das Almas, 2013.

Clone	IC (%)
Rosinha	57,48 A
Saracura	57,05 A
BRS Kiriris	55,82 A
BRS Gema de Ovo	49,41 B
Eucalipto	48,95 B
Imbé	47,91 B
Neilton	44,68 C
BRS Dourada	43,43 C
Talo Branco	42,84 C
Amarelo I	42,29 C
Branca	37,17 C
Dona Rosa	29,23 C
Média	46,35

O comportamento dos clones nas diferentes épocas de colheita permitiu o ajuste de um modelo quadrático para explicar a variável índice de colheita (IC%). Esse modelo foi significativo ( $p < 0,01$ ) e com coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,99. Sendo, que do terceiro ao décimo mês após o plantio, houve um crescimento do índice, provavelmente, devido ao intenso e contínuo aumento da produção da parte aérea total em detrimento do aumento da produção de raízes tuberosas (Figura 6).

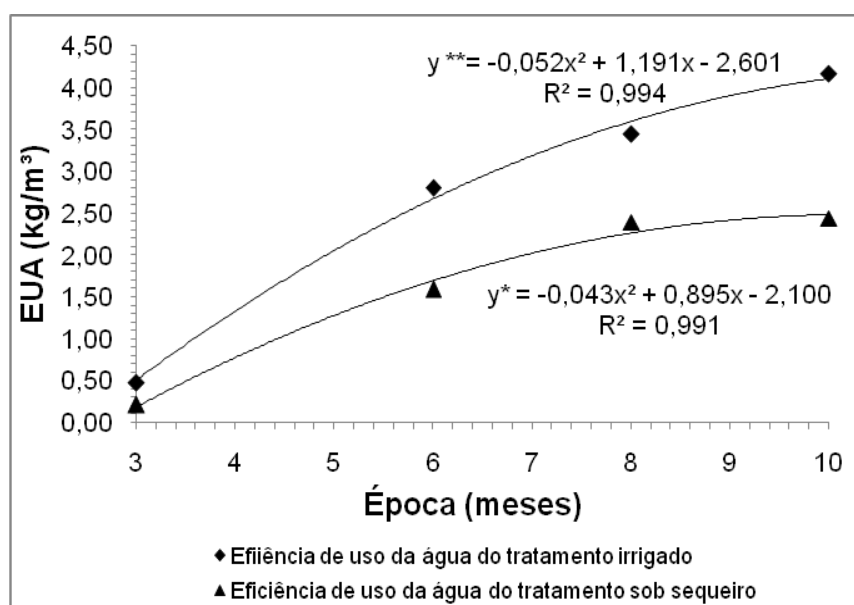
O índice de colheita observado foi crescente com as épocas de colheita, obtendo-se um máximo estimado igual a 56,37% aos 10,56 meses. Esse comportamento sugere que as plantas de mandioca direcionam os fotoassimilados em maiores proporções para as raízes tuberosas, embora a parte aérea seja o dreno preferencial na fase vegetativa. No entanto após o sexto mês de plantio essa translocação seja muito mais expressiva (Figura 6). Esse comportamento fisiológico da mandioca, segundo Alves (2006), é devido a sua forma de crescimento alternando períodos de crescimento vegetativo e armazenamento de carboidratos nas raízes, sendo mais intensa a tuberização das raízes após o 6º mês do plantio.



**Figura 6:** Índice de colheita (IC %) de clones de mandioca de mesa em função das épocas de colheita. Cruz das Almas, 2013.

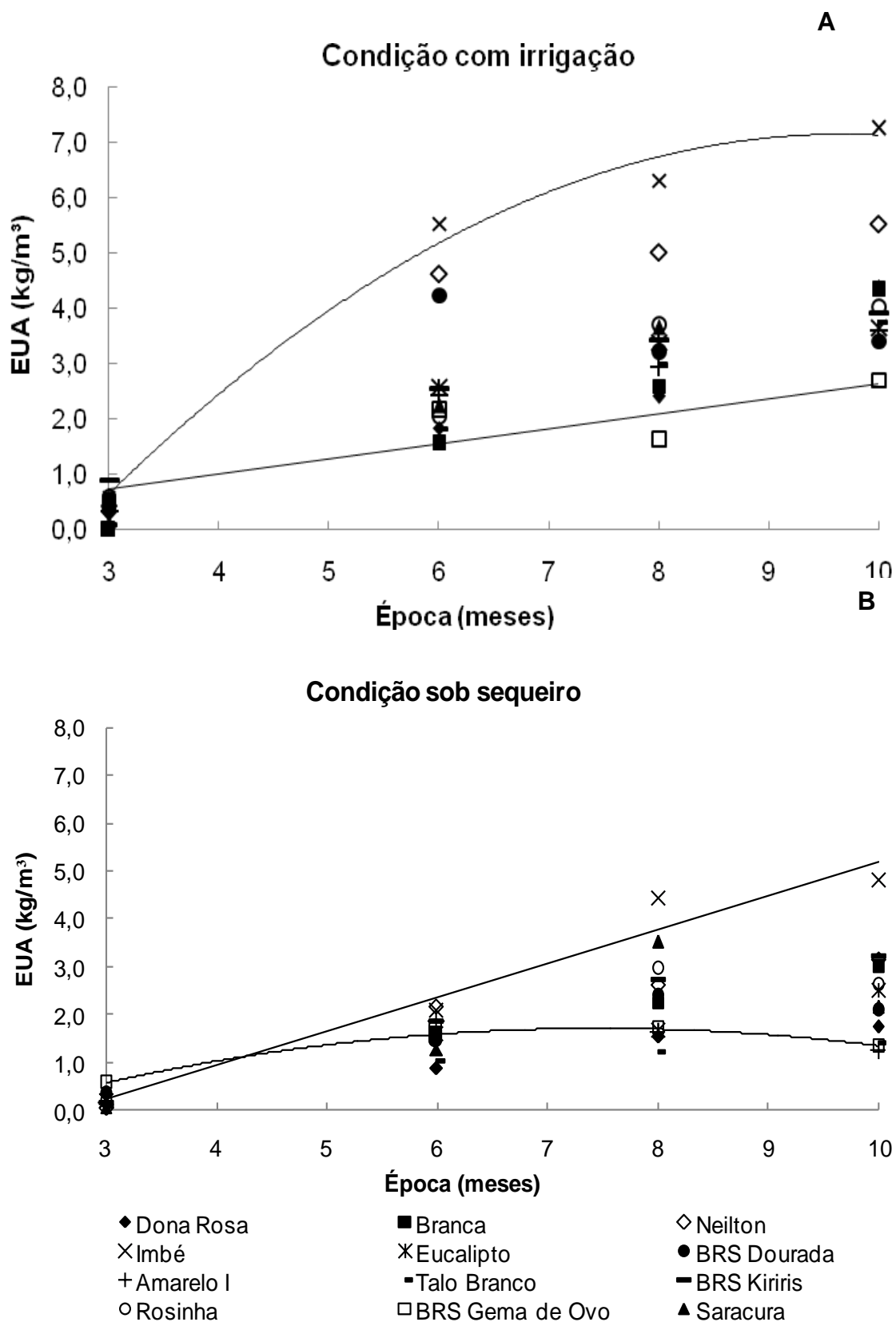
Para a variável EUA, houve efeito significativo somente para os fatores isolados clone, condição de cultivo, época de colheita e para as interações clone x época de colheita e época de colheita x condição de cultivo.

As equações apresentadas na Figura 7 refletem o comportamento polinomial quadrático para a EUA pelos clones, sendo ajustados modelos significativos ( $p < 0,05$ ) e apresentando coeficientes de determinação iguais a 0,99 para as condições irrigadas e de sequeiro, respectivamente.



**Figura 7:** Eficiência de uso da água (EUA –  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) de clones de mandioca de mesa em condições irrigada e de sequeiro em função das épocas de colheita (mês após plantio). Cruz das Almas, 2013.

Ao se comparar os dois tratamentos no tempo, há aumento da distância entre as curvas que evoluiu do terceiro ao décimo mês de avaliação. Os máximos observados ocorreram aos 10 meses após o plantio para os tratamentos com irrigação que foi igual a  $4,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  e para sequeiro,  $2,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Segundo Blum (2009) a eficiência de utilização de água (EUA) é muitas vezes considerada um determinante importante do rendimento sob estresse e até mesmo como um componente de resistência das culturas à seca, podendo ser usada para indicar que a produção vegetal pode ser aumentada por unidade de água utilizada.



**Figura 8** - Eficiência de uso da água (EUA – kg.m<sup>-3</sup>) de clones de mandioca de mesa em função das épocas de colheita nas condições com irrigação (A) e sob sequeiro (B). Cruz das Almas, 2013.

Como observado pela Tabela 7, foi possível ajustar equações com significância ( $p < 0,05$ ) para os dados representados pela Figura 8 e bons coeficientes de determinação sendo estes suficientes para explicar o comportamento da Eficiência de Uso da Água (EUA) ao longo dos períodos de avaliação, exceto para o modelo do clone Saracura que apresentou o menor valor observado, igual a 0,61 sob sequeiro. O maior valor de EUA observado foi para os clones Imbé e Neilton, sendo estes iguais a 7,27 e 5,53  $\text{kg.m}^{-3}$  no tratamento com irrigação e 4,82 e 3,14  $\text{kg.m}^{-3}$  sob sequeiro, respectivamente.

O comportamento linear e crescente da maioria dos clones sugere que a melhor EUA será alcançada após o 10<sup>o</sup> mês, conseqüentemente se terá colheitas também mais tardias, exceto para o clone BRS Dourada, que sob irrigação apresentou a maior EUA aos seis meses (4,24  $\text{kg.m}^{-3}$ ), Rosinha (2,96  $\text{kg.m}^{-3}$ ) e Saracura (3,53  $\text{kg.m}^{-3}$ ) aos oito meses sob sequeiro. Os índices da EUA alcançados pelos clones ao longo das épocas de colheita indicam um potencial produtivo para Imbé e Neilton, visto que se apresentam sensíveis em sua resposta à água com crescimento linear até o 10<sup>o</sup> mês. Os outros clones apresentaram EUA bem reduzidos, sendo todos os valores de EUA observado aos dez meses, menores ou iguais a 4,39  $\text{kg.m}^{-3}$  quando irrigados e 3,22  $\text{kg.m}^{-3}$  sob sequeiro. A EUA foi variável entre os clones e nas diferentes épocas de colheita evidenciado pelas duas linhas de tendência o comportamento de clones contrastantes, sendo observado a maior EUA do Imbé e menor de BRS Gema de Ovo. Essa resposta associado a um manejo adequado, concomitantemente a utilização dos demais insumos necessários ao pleno desenvolvimento da cultura transformando, de forma eficiente, os investimentos desses insumos em produção efetiva de matéria seca redundando, em um potencial maior de produção de raízes por área explorada.

**Tabela 7:** Modelos ajustados para cada clone em função das épocas, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e máximos observado pela equação. Cruz das Almas, 2013.

Clone	Condição com Irrigação			Condição sob Sequeiro		
	Modelos ajustados	R <sup>2</sup>	Máximo	Modelos ajustados	R <sup>2</sup>	Máximo
Dona Rosa	$y^{**} = 0,436x - 0,944$	0,99	3,44	$y^{**} = 0,244x - 0,575$	0,97	1,76
Branca	$y^{**} = 0,603x - 1,954$	0,98	4,33	$y^* = 0,349x - 0,515$	0,99	2,99
Neilton	$y^{**} = -0,141x^2 + 2,534x - 5,820$	0,98	5,53	$y^{**} = 0,436x - 0,947$	0,92	3,14
Imbé	$y^{**} = -0,146x^2 + 2,824x - 6,512$	0,98	7,27	$y^{**} = 0,707x - 1,891$	0,95	4,82
Eucalipto	$y^{**} = 0,502x - 0,936$	0,91	3,66	$y^{**} = 0,311x - 0,602$	0,94	2,51
BRS Dourada	$y^{**} = -0,155x^2 + 2,363x - 4,995$	0,86	4,24	$y^{**} = 0,276x - 0,300$	0,84	2,38
Amarelo I	$y^{**} = 0,458x - 0,768$	0,94	3,59	$y^* = -0,090x^2 + 1,321x - 2,939$	0,96	1,25
Talo Branco	$y^{**} = 0,532x - 1,428$	0,99	3,74	$y^{ns} = 0,186x - 0,307$	0,9	1,41
BRS Kiriris	$y^{**} = 0,44x - 0,276$	0,97	3,92	$y^{**} = 0,445x - 1,015$	0,97	3,22
Rosinha	$y^{**} = 0,521x - 0,923$	0,96	4,03	$y^{**} = 0,380x - 0,689$	0,84	2,96
BRS Gema de Ovo	$y^{**} = 0,274x - 0,095$	0,76	2,70	$y^{ns} = -0,057x^2 + 0,858x - 1,494$	0,99	1,34
Saracura	$y^{**} = 0,568x - 1,137$	0,99	4,39	$y^{**} = 0,382x - 0,822$	0,61	3,53

\* Probabilidade de 5% de erro; \*\*Probabilidade de 1% de erro;



### ***Número total de raízes, comercial e porcentagem de raízes comerciais***

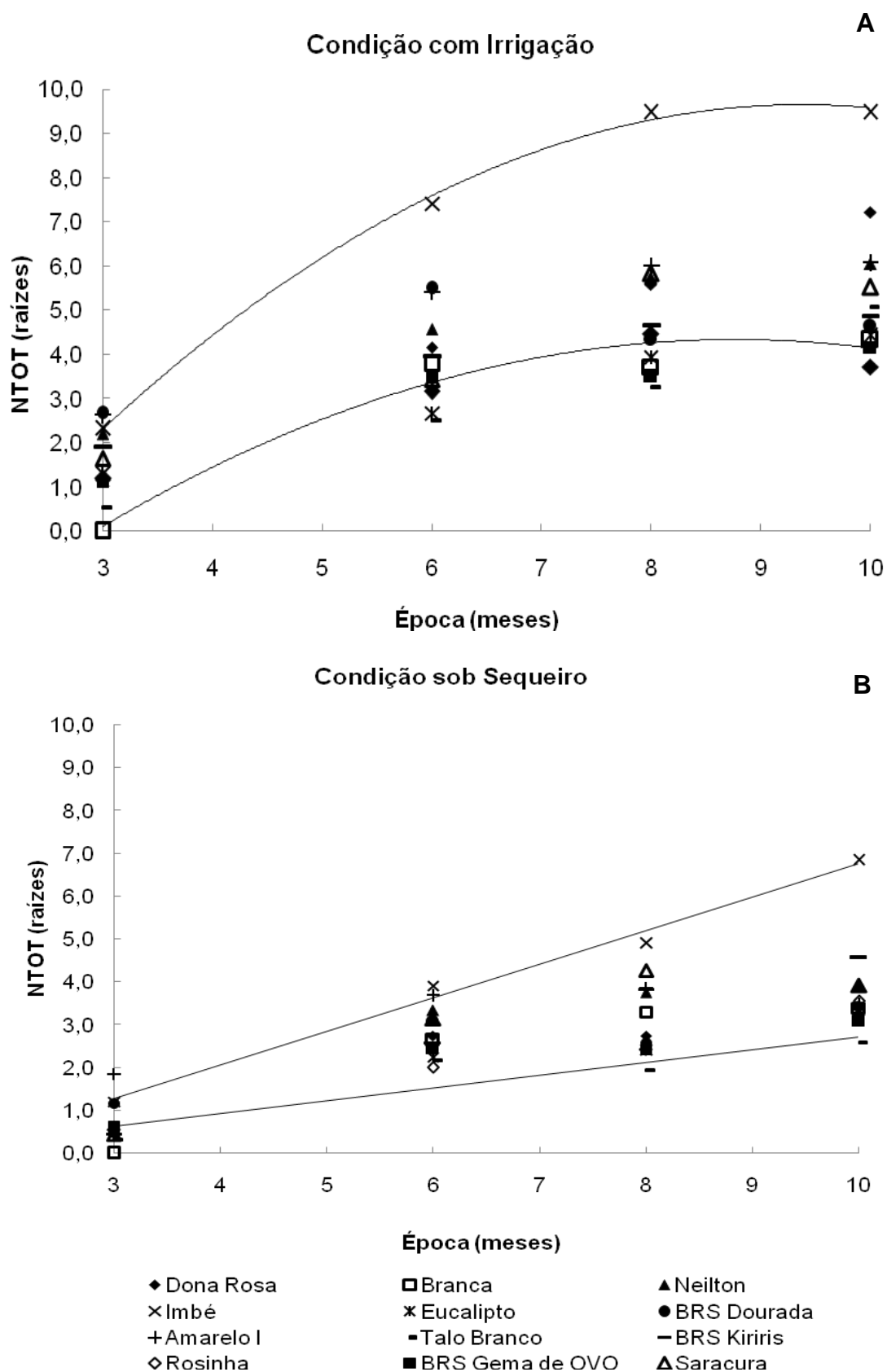
Houve efeito significativo para as variáveis isoladas clone, condição de cultivo e época e para a interação dupla clone x época e Condição de cultivo x época de colheita referente à variável número total de raízes - NTOT.

A Figura 9 apresenta o comportamento da variável número total de raízes por planta, dos clones de mandioca de mesa estudados, em função das épocas de colheita. Para a interação entre os clones e as épocas de colheita, foram ajustados modelos significativos e que apresentaram elevados coeficientes de determinação. Notam-se ainda, semelhanças no comportamento gráfico para todos os clones. Entretanto, os clones Imbé e Dona Rosa se destacaram dos demais, apresentando NTOT máximo observado em 9,50 e 7,22 raízes por planta quando irrigado 10 meses, respectivamente, os demais clones apresentaram no máximo 6,0 raízes para a mesma época. Entretanto, o clone BRS Dourada apresentou maior NTOT aos seis meses (5,50 raízes) e Saracura aos oito (5,80 raízes) quando irrigados, indicando que os mesmos podem ser colhidos precocemente.

Sob sequeiro o Imbé apresentou 6,86 raízes aos 10 meses, sendo que os demais apresentaram-se com NTOT máximo abaixo de 4,5 raízes por planta, já o NTOT máximo para Amarelo I e Saracura ocorreu aos oito meses com 3,86 e 4,27 raízes por planta, demonstrando que o número de raízes tuberosas é definido principalmente nos primeiros 8 meses após o plantio para estes dois clones .

O comportamento linear e quadrático (Figura 9) é um indicativo no caso de alguns clones, como evidenciado pelas linhas de tendência dos clones contrastantes em sua produtividade de raízes por planta, de que é possível colher um número maior de raízes com a permanência das plantas em campo até o décimo mês, corroborando com dados encontrados por Rós et al. (2011), ao avaliarem a produtividade de nove cultivares de mandioca, destinada a indústria, detectaram um número médio de raízes igual 7,77 raízes por planta na colheita aos 12 meses após o plantio. Já Devide et al. (2009) detectaram que o NTOT foi de 6,47 raízes por planta aos 8 meses. O número de raízes por planta pode ser um indicativo, mas não determinante para a melhor época de

colheita, uma vez que pode-se ter plantas com número elevado de raízes, mas com baixa produtividade por conta do tamanho reduzido das mesmas, além de não apresentarem um padrão comercial para consumo *in natura*.



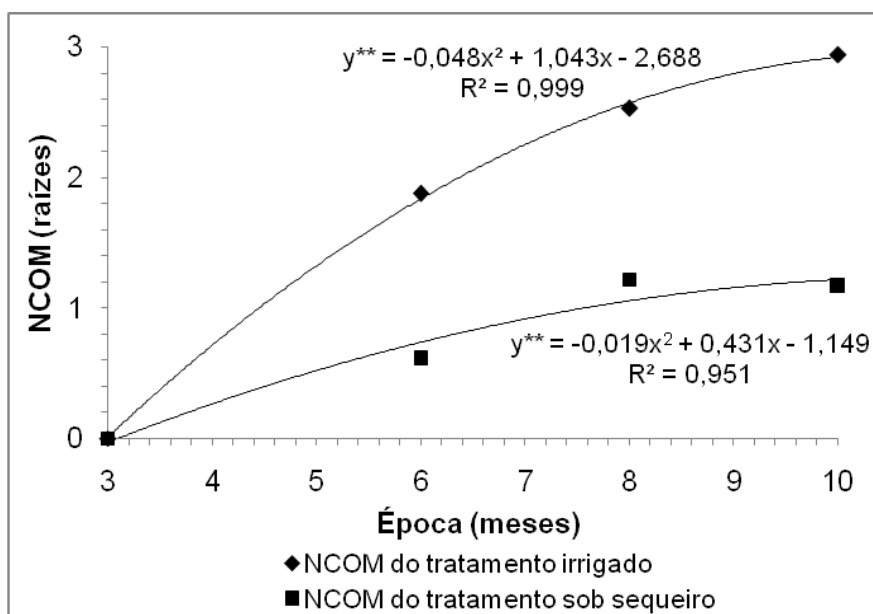
**Figura 9:** Número total de raízes (NTOT) de clones de mandioca de mesa em função das épocas de colheita para os tratamentos com irrigação (A) e sob sequeiro (B). Cruz das Almas, 2013.

**Tabela 8:** Modelos ajustados para cada clone em função das épocas de colheita, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e máximo observado para a Variável Número Total de Raízes (NTOT). Cruz das Almas, 2013.

Clone	Condição com Irrigação			Condição sob Sequeiro		
	Modelos ajustados	$R^2$	Máximo	Modelos ajustados	$R^2$	Máximo
Dona Rosa	$y^{**} = 0,851x - 1,201$	0,99	7,22	$y^{**} = 0,299x + 0,491$	0,89	3,39
Branca	$y^* = -0,127x^2 + 2,230x - 5,445$	0,95	4,33	$y^* = -0,095x^2 + 1,719x - 4,290$	0,99	3,39
Neilton	$y^{**} = 0,567x + 0,816$	0,94	6,06	$y^* = -0,103x^2 + 1,819x - 3,992$	0,99	3,89
Imbé	$y^{**} = -0,18x^2 + 3,376x - 6,194$	0,99	9,50	$y^{**} = 0,783x - 1,064$	0,99	6,86
Eucalipto	$y^{**} = 0,466x - 0,056$	0,98	4,44	$y^{**} = 0,390x - 0,519$	0,94	3,33
BRS Dourada	$y^* = -0,116x^2 + 1,730x - 1,333$	0,75	5,50	$y^{**} = 0,289x + 0,618$	0,75	3,44
Amarelo I	$y^{**} = 0,498x + 1,672$	0,84	6,08	$y^* = 0,242x + 1,587$	0,61	3,86
Talo Branco	$y^{**} = 0,623x - 1,362$	0,98	5,08	$y^{**} = 0,297x - 0,249$	0,81	2,58
BRS Kiriris	$y^{**} = 0,429x + 0,954$	0,9	4,86	$y^{**} = 0,595x - 1,163$	0,98	4,56
Rosinha	$y^{**} = 0,404x + 0,405$	0,74	4,47	$y^{**} = 0,410x - 0,641$	0,98	3,56
BRS Gema de Ovo	$y^{**} = 0,413x + 0,277$	0,86	4,17	$y^{**} = 0,333x - 0,111$	0,87	3,08
Saracura	$y^{**} = 0,616x - 0,05$	0,89	5,80	$y^* = -0,112x^2 + 1,978x - 4,511$	0,99	4,27

\*\*Probabilidade de 1% de erro; \* Probabilidade de 5% de erro. O máximo foi observado aos dez meses após o plantio.

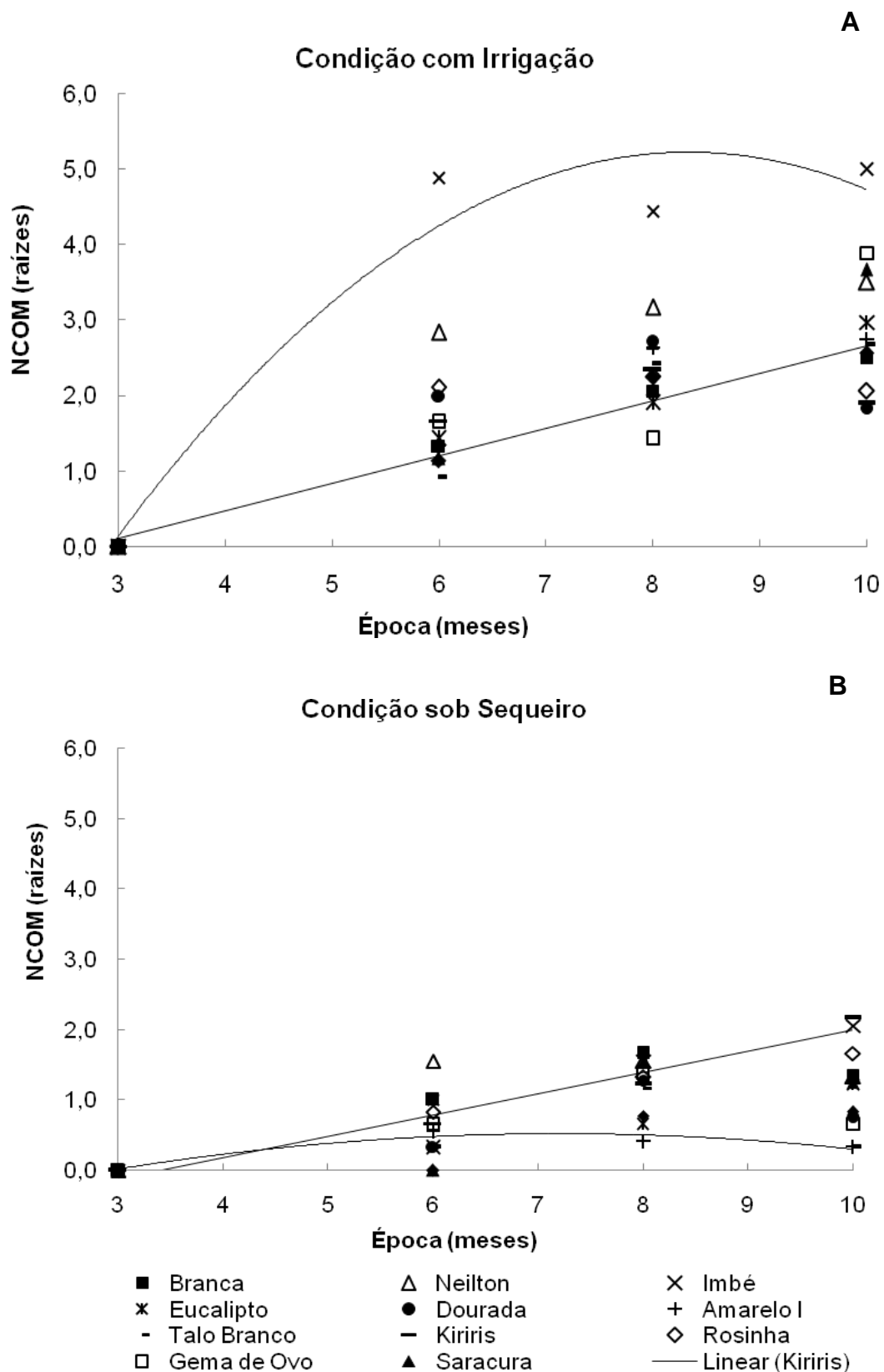
Referente à variável número de raízes comerciais (NCOM) e conforme a é possível afirmar que houve efeito significativo para os fatores isolados bloco, clone, condição de cultivo e época e para as interações duplas clone x condição de cultivo, clone x época e condição de cultivo x época de colheita.



**Figura 10:** Número de raízes comercial (NCOM) em função das épocas de colheita para as condições sob irrigado e sequeiro. Cruz das almas, 2013.

Foram ajustados modelos de regressão linear, que apresentaram coeficientes de determinação iguais a 0,99 (sob irrigação) e 0,95 (sob sequeiro). A condição com irrigação proporcionou a colheita de um número maior de raízes comerciais aos 6, 8 e 10 meses após o plantio, quando comparado a de sequeiro. No tratamento irrigado foi observado o máximo de 2,94 raízes por planta aos dez meses após o plantio e sob sequeiro 1,22 raízes aos oito meses. Como se observa na Figura 10, o NCOM foi influenciado pela disponibilidade de água, o que refletiu em menor número de raízes comerciais por planta no tratamento de sequeiro avaliado.

Quando o interesse for comercializar as raízes em unidades, para consumo *in natura*, o NCOM se torna relevante. Dessa forma a Figura 11 apresenta os dados acerca do NCOM sob irrigação e em condições de sequeiro dos clones estudados. A linha de tendência evidencia comportamento dos clones contrastantes para essa variável.



**Figura 11:** Número de Raízes Comerciais (NCOM) de clones de mandioca de mesa em função das épocas de colheita para os tratamentos com irrigação (A) e sob sequeiro (B). Cruz das Almas, 2013.

**Tabela 9:** Modelos ajustados para cada clone em função das épocas de colheita, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e máximo observado para a variável Número de Raízes Comerciais (NCOM). Cruz das Almas, 2013.

Clone	Condição com Irrigação			Condição sob Sequeiro		
	Modelos ajustados	$R^2$	Máximo	Modelos ajustados	$R^2$	Máximo
Dona Rosa	$y^{**} = 0,383x - 1,103$	0,97	2,6	$y^* = 0,137x - 0,525$	0,78	0,8
Branca	$y^{**} = 0,362x - 0,974$	0,98	2,5	$y^{**} = 0,211x - 0,429$	0,77	1,7
Neilton	$y^* = -0,095x^2 + 1,720x - 4,258$	0,97	3,5	$y^{**} = -0,074x^2 + 1,146x - 2,749$	0,98	1,6
Imbé	$y^{**} = -0,178x^2 + 2,974x - 7,172$	0,94	5,0	$y^{**} = 0,313x - 1,127$	0,91	2,1
Eucalipto	$y^{**} = 0,410x - 1,186$	0,96	3,0	$y^{**} = 0,151x - 0,301$	0,72	1,2
BRS Dourada	$y^* = -0,115x^2 + 1,779x - 4,34$	0,98	2,7	$y^* = 0,141x - 0,364$	0,59	1,3
Amarelo I	$y^{**} = 0,420x - 1,154$	0,94	2,8	$y^{ns} = -0,028x^2 + 0,411x - 0,961$	0,91	0,3
Talo Branco	$y^{**} = 0,411x - 1,275$	0,94	2,7	$y^{ns} = -0,043x^2 + 0,640x - 1,611$	0,57	1,2
BRS Kiriris	$y^{**} = 0,291x - 0,498$	0,73	2,3	$y^{**} = 0,301x - 1,022$	0,97	2,2
Rosinha	$y^* = -0,017x^2 + 0,607x - 1,706$	0,98	2,1	$y^{**} = 0,241x - 0,671$	0,99	1,7
BRS Gema de Ovo	$y^{**} = 0,493x - 1,580$	0,84	3,9	$y^* = -0,052x^2 + 0,807x - 2,007$	0,80	1,4
Saracura	$y^{**} = 0,538x - 1,754$	0,98	3,7	$y^{**} = 0,224x - 0,814$	0,67	1,6

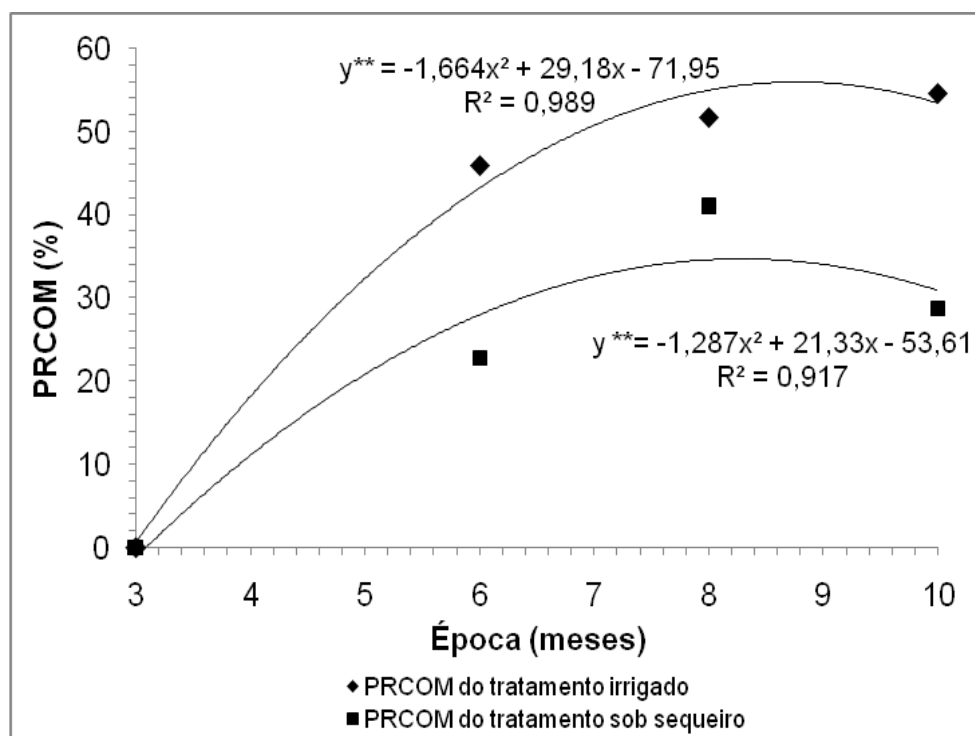
\*\*Probabilidade de 1% de erro; \* Probabilidade de 5% de erro. O máximo foi observado aos dez meses após o plantio.

Em condições com irrigação o maior número de raízes comerciais (NCOM) foi observado para o clone Imbé com cinco raízes pro planta aos dez meses. A maioria dos clones alcançou o máximo NCOM no décimo mês, exceto os clones BRS Dourada e BRS Kiriris com o maior NCOM observadas aos oito meses após o plantio. Sob sequeiro os clone Imbé e BRS Kiriris apresentaram o maior NCOM aos dez meses, com duas raízes por planta, os demais obtiveram uma raiz por planta somente. O maior NCOM foi observado aos dez meses, no entanto somente para os clones BRS Dourada, BRS Gema de Ovo e Saracura foi registrado aos oito meses com menos de duas raízes por planta.

Foram ajustados modelos de regressão linear e quadrático, com  $R^2$  entre 0,80 e 0,99, exceto no caso dos modelos ajustados para os clones BRS Kiriris sob a condição com irrigação e Dona Rosa, Branca, Eucalipto, BRS Dourada, Talo Branco e Saracura sob sequeiro com  $R^2$  inferior a 0,80. Os modelos ajustados para os clones Amarelo I e Talo Branco foram não significativos.

Esses dados revelam o efeito da irrigação sobre o número de raízes comerciais principalmente aos oito e dez meses após o plantio. No entanto, a época de colheita apresentou maior influência entre seis e oito meses. Isso é bastante compreensível, uma vez que, a partir dos seis meses após o plantio é o período que marca a fase onde ocorrem as maiores taxas de acumulação de matéria seca nas raízes de reserva de mandioca.

Referente à percentagem de raízes comerciais (PRCOM) houve efeito estatístico somente para os fatores isolados clone, época e condição de cultivo, e para as interações duplas clone x época de colheita e condição de cultivo x época de colheita.



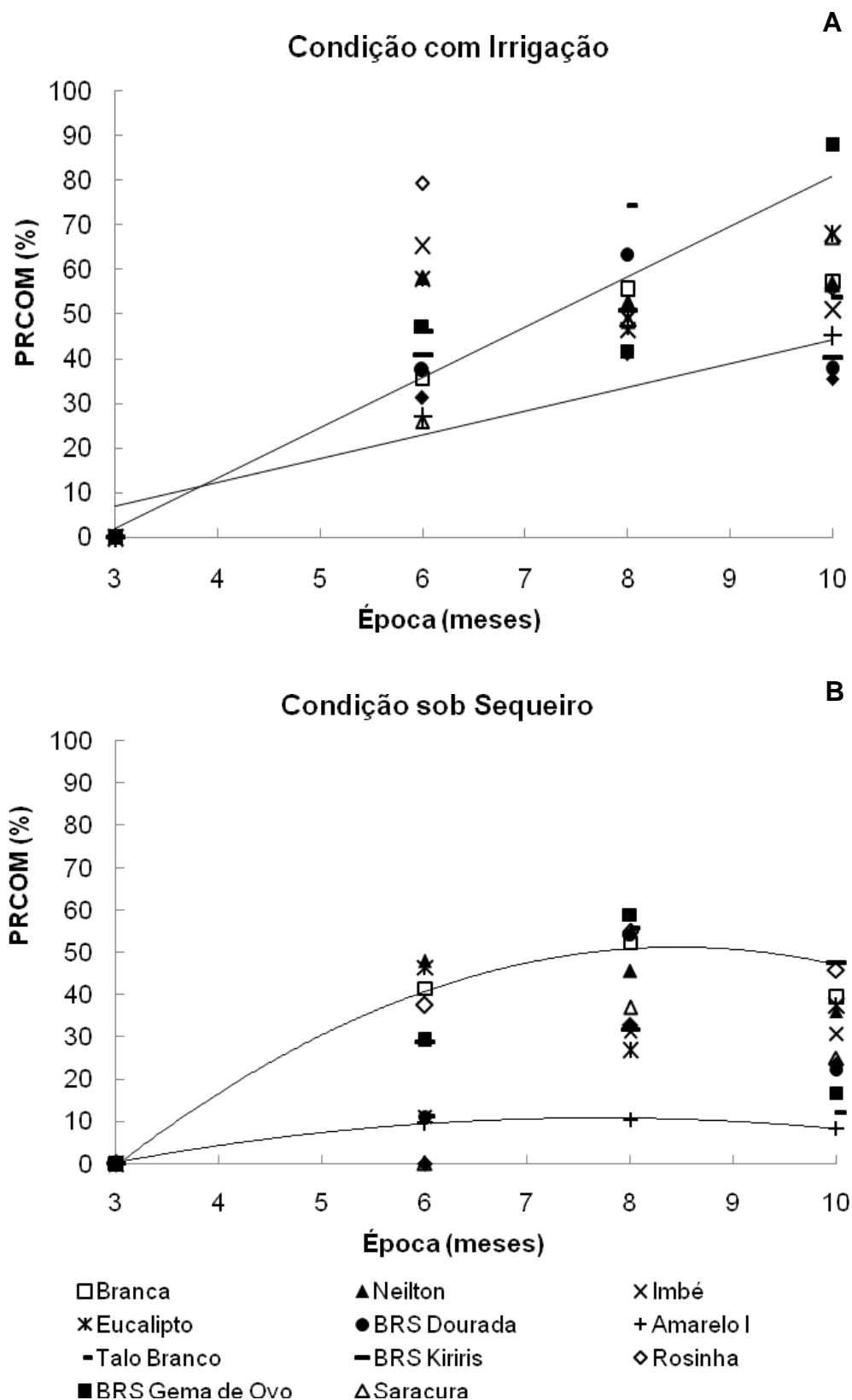
**Figura 12:** Porcentagem de raízes comerciais (PRCOM) de mandioca de mesa em função das épocas de colheita para os tratamentos irrigados e sequeiros. Cruz das almas, 2013.



Para entender tal variável, foram ajustadas equações que refletem o comportamento polinomial quadrático. As equações foram significativas ( $p < 0,01$ ) e apresentaram coeficientes de determinação iguais a 0,98 e 0,91 para as condições com irrigação e de sequeiro, respectivamente.

Observa-se que o tratamento com irrigação apresentou o máximo valor observado igual a 55% de raízes comerciais aos 10 meses após o plantio e o de sequeiro 41 aos 8 meses. Independente da condição de cultivo a porcentagem de raízes comerciais foi à mesma aos três meses e a partir daí houve aumento crescente dessa variável até o máximo. Isso é possível em decorrência do aumento da partição de fotoassimilados das folhas para as raízes, aumentando, a tuberização das raízes de reserva. Entretanto observa-se que a condição com irrigação se mostrou mais expressiva do que a de sequeiro possibilitando melhor rendimento ao se colher na mesma época.

A porcentagem de raízes comerciais (PRCOM) em função das épocas de colheita está apresentada na Figura 13. A PRCOM representa uma fração do total produzido em número de raízes por planta.



**Figura 13:** Porcentagem de raízes comerciais (PRCOM - %) de mandioca de mesa em função das épocas de colheita para as condições com irrigação (A) e sob sequeiro (B). Cruz das almas, 2013.

**Tabela 10:** Modelos ajustados para cada clone em função das épocas, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e máximo observado para a variável Porcentagem de Raízes Comerciais (PRCOM - %). Cruz das Almas, 2013.

Clones	Condição com Irrigação			Condição sob Sequeiro		
	Modelos ajustados	$R^2$	Máximo	Modelos ajustados	$R^2$	Máximo
Dona Rosa	$y^{**} = 5,339x - 9,17$	0,75	41,00	$y^* = 4,357x - 15,43$	0,62	32,69
Branca	$y^{**} = 8,577x - 20,72$	0,92	57,38	$y^{**} = -2,167x^2 + 33,97x - 82,79$	0,99	52,30
Neilton	$y^* = -2,260x^2 + 36,79x - 88,38$	0,94	56,59	$y^{**} = -2,447x^2 + 36,65x - 87,2$	0,98	45,50
Imbé	$y^{**} = -2,702x^2 + 41,30x - 96,88$	0,86	65,44	$y^{**} = 4,886x - 14,70$	0,90	31,35
Eucalipto	$y^{**} = 8,933x - 16,56$	0,78	68,01	$y^* = 4,513x - 2,756$	0,45	46,41
BRS Dourada	$y^* = -2,427x^2 + 37,72x - 93,26$	0,91	63,30	$y^{**} = 4,915x - 11,32$	0,40	54,18
Amarelo I	$y^{**} = 6,937x - 16,98$	0,89	47,34	$y^{ns} = -0,486x^2 + 7,482x - 18,01$	0,99	10,42
Talo Branco	$y^{**} = -2,509x^2 + 41,02x - 102,2$	0,99	74,36	$y^* = -1,978x^2 + 29,21x - 74,14$	0,48	55,66
BRS Kiriris	$y^* = -2,050x^2 + 32,49x - 79,30$	0,99	50,83	$y^{**} = 6,446x - 16,52$	0,95	47,53
Rosinha	$y^{**} = -3,357x^2 + 50,13x - 116,5$	0,80	79,37	$y^* = -1,745x^2 + 29,53x - 73,63$	0,98	54,80
BRS Gema de Ovo	$y^{**} = 11,30x - 32,09$	0,88	87,94	$y^{**} = -2,844x^2 + 40,56x - 99,04$	0,76	58,99
Saracura	$y^{**} = 9,692x - 30,09$	0,99	67,15	$y^* = 4,761x - 16,66$	0,59	36,99

\*\*Probabilidade de 1% de erro; \* Probabilidade de 5% de erro. O máximo foi observado aos dez meses após o plantio.

A diferença na PRCOM obtidas nas diferentes épocas de colheita pode ser observada conforme dados da Figura 13, dependendo de cada clone, são evidenciadas pelas linhas de tendência de clones contrastantes entre a maior e menor PRCOM. Desta forma, os clones que apresentaram a maior percentagem de raízes comerciais sob irrigação foram BRS Gema de Ovo com 87,94% aos 10 meses, Rosinha com 79,37% aos seis meses e Talo Branco com 74,36% aos oito meses. Os demais se apresentaram com o máximo observado entre 41 e 68% de raízes comerciais. Entretanto, os clones Dona Rosa, Imbé, BRS Dourada, Talo Branco e BRS Kiriris apresentaram a PRCOM máxima observada aos oito meses e Rosinha aos seis.

Sob sequeiro, os valores de PRCOM foram menos expressivos sendo os clones Branca, BRS Dourada, Talo Branco, Rosinha e BRS Gema de Ovo aqueles que apresentaram a maior PRCOM observados entre 52 e 59% aos dez meses e, os outros clones situaram-se no intervalo de 10 a 47%. A máxima PRCOM ocorreu aos oito meses, com exceção para os clones Eucalipto e BRS Kiriris que foi aos dez meses após o plantio.

Os dados ajustaram - se aos modelos de regressão polinomial de 1º grau e quadrático, apresentando bons coeficientes de determinação, exceto para aqueles dos clones Dona Rosa, Eucalipto, BRS Dourada, Talo Branco e Saracura, com coeficientes situados entre 0,40 e 0,62. Esses modelos não conseguem explicar com precisão o comportamento dos dados observados, em função dos reduzidos valores dos coeficientes de determinação.

A forma com que os dados se comportaram pode ser um indicativo da melhor época de colheita, quando o objetivo é comercializar raízes para consumo *in natura*, sendo Dona Rosa, Imbé, BRS Dourada, Talo Branco, BRS Kiriris e Rosinha clones provavelmente precoces, devido à maior PRCOM ocorrer até os oito meses e posterior redução até o 10º mês quando irrigados e Branca, Eucalipto, BRS Gema de Ovo e Saracura clones de produtividade tardia, devido ao crescimento linear até o 10º mês, indicando possibilidade de colheita após esse período. No entanto, é preciso ter cautela, pois em se tratando de mandioca para consumo *in natura*, a colheita tardia pode proporcionar raízes fibrosas e com dificuldades na cocção como observado por Fukuda e Borges (1988) e Benesi et al. (2008).

Referente à variável diâmetro da raiz houve efeito significativo dos fatores isolados clone, condição de cultivo e época, e para a interação dupla condição de cultivo x épocas de colheita.

A Tabela 11 apresenta os dados referentes ao diâmetro da raiz de clones de mandioca de mesa sob irrigação e em condições de sequeiro aos seis, oito e dez meses após o plantio.

Observa-se diferença estatística entre os tratamentos sob irrigação e sequeiro somente aos dez meses, sendo não significativa aos 6 e 8 meses. Houve diferença estatística entre as épocas de colheita, sendo que o maior diâmetro foi observado aos 10 meses após o plantio sob irrigação (5,51 cm) e sequeiro (4,90 cm). No entanto no tratamento sob sequeiro só não ocorreu diferença entre as épocas 8 e 10 meses. O menor diâmetro foi observado aos seis meses nas duas condições de cultivo, pois até esse período ainda predomina o crescimento vegetativo e a partir desse período é que ocorrem as maiores taxas de acumulação de matéria seca nas raízes de reserva, redundando em maiores diâmetros (Alves, 2006). Semelhante a esses valores Rós et al. (2011) estudando produtividade de cultivares de mandioca para indústria, detectaram diâmetro médio de raízes de 5,36 cm.

No entanto, para a comercialização de raízes fresca de mandioca de mesa que apresente diâmetros elevados acima de 6 cm (raiz grossa ou muito grossa) não é interessante, uma vez que foge ao padrão comercial oferecido em feiras livres e supermercados.

**Tabela 11:** Diâmetro da raiz de clones de mandioca de mesa sob irrigação e em condições de sequeiro aos seis, oito e dez meses após o plantio (MAP). Cruz das Almas, 2013.

Época (meses)	Diâmetro da raiz (cm)	
	Irigado	Sequeiro
Seis	3,59 aC	3,36 aB
Oito	4,72 aB	4,69 aA
Dez	5,51 aA	4,90 bA

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey e médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem pelo teste de FISHER, ambos a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

A MPA foi maior aos 10 meses, com destaque para os clones Imbé e Dona Rosa sob irrigação e Branca sob a condição de sequeiro.

O maior incremento na PTR ocorreu no tratamento irrigado entre oito e dez meses.

A época de colheita aos dez meses proporcionou as maiores PRT e PRC com destaque para o clone Imbé sob condições irrigadas. No entanto, os clones Neilton e Imbé apresentam potencial para colheita a partir dos seis meses, tanto de raiz total quanto comercial.

A condição de irrigação proporcionou maior PRC independentemente da época de colheita. Já a relação PRC/PRT só foi influenciada aos 6 meses.

O melhor índice de colheita foi observado aos 10 meses, com destaque para os clones Rosinha, Saracura e BRS Kiriris, não havendo diferença estatística para condição sob irrigação e sequeiro.

A maior EUA foi observado aos 10 meses para todos os clones sob irrigação e em condição de sequeiro, exceto BRS Dourada com máximo aos 8 meses.

Tanto a irrigação quanto a época de colheita apresentaram maior influencia sobre a produtividade de raízes do que sobre o número de raízes por planta.

O Diâmetro da raiz foi maior aos 10 meses na condição irrigada e de sequeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and drainage. Paper, 56).

ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. In: **Cassava: biology, production and utilization**, ed. R.J. Hillocks; J.M. Thresh and A.C. Bellotti. Cabi Publishing, UK, pp.67-89. 2002.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA. L.S. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.138-169, 2006.

ALVES, J. M. A.; COSTA, F. A.; UCHÔA, S. C. P.; SANTOS, C. S. V. ALBUQUERQUE, J. A. A.; RODRIGUES, G. S. Avaliação de dois clones de mandioca em duas épocas de colheita. **Revista Agroambiente**, v.2, n.2, p.15-24, 2008.

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. 160, p. 59-74. 2008.

BLUM, A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Research**, 112, p.119-123, 2009.

CENI, G. C.; COLET, R.; PERUZZOLO, M.; WITSCHINSKI, F.; TOMICKI, L.; BARRIQUELLO, A. L.; VALDUGA, E. Avaliação de componentes nutricionais de Cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.1, p.107-111, 2009.

CERQUEIRA, Y. M. Efeito da deficiência de água na anatomia foliar de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) – densidade estomática. **Sitientibus**, Feira da Santana, n.10, p.103-115.1992.

EL-SHARKAWY, MABROUK A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.19, n.4, p. 257-286, 2007.

FENIMAN, C. M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) da cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita.** 2004. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FUKUDA, W. M. G.; BORGES, M. de F. Avaliação qualitativa de cultivares de mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.7, n. 1, p.63-71, 1988.

LOPES, A. C.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; NELSON, S. C. J.; ALCEBÍADES R. S. J. Complementação da irrigação e épocas de colheita de mandioca cv. coqueiro no Planalto de Conquista, BA. **Ciência Agrotécnica**. 2010, vol.34, n.3, pp. 579-587.

MENDONÇA, H. A. de; MOURA, G. de M; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.6, p.761-769, 2003.

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

OLIVEIRA, S. L. de; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, C. C. P. Irrigação. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATOS, P. L. P. de FUKUDA, W. M. G. **Aspectos Socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas, Cap.11. p.292-300, 1982.

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



SARMENTO, S. B. S. et al. Análise quimiométrica de propriedades físico-químicas e funcionais de féculas de mandioca. **Brazilian Journal Food Technology**, v.2, n.1/2, p.131-137, 1999.

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-CNPMP. 2001. 56p. (Boletim de Pesquisa, 20).

SOUZA, M. J.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS R. C.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2010.

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.

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).

## **CAPÍTULO 2**

### **RESPOSTA FISIOLÓGICA DA MANDIOCA SOB IRRIGAÇÃO E EM CONDIÇÃO DE SEQUEIRO**

## RESPOSTA FISIOLÓGICA DA MANDIOCA SOB IRRIGAÇÃO E EM CONDIÇÃO DE SEQUEIRO

**RESUMO:** Objetivou-se com esse trabalho a investigação de respostas fisiológicas de plantas de mandioca cultivadas em condições irrigadas e de sequeiro, o qual foi conduzido no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, município de Cruz das Almas. Foram estudados 12 clones de mandioca avaliados em dois períodos um seco e o outro úmido, para determinações da condutância estomática, conteúdo relativo de água e potencial hídrico foliar. Houve diferença estatística entre os clones e os maiores valores de condutância foram observados no início da manhã sob a condição irrigada no período seco, destacando-se o clone Imbé com  $1.030 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . A condutância reduziu para esse clone, assim como para todos os outros, quando a demanda atmosférica aumentou, e sob sequeiro este clone manteve a condutância baixa imposta pela reduzida disponível hídrica desse tratamento. A condutância no tratamento com irrigação foi maior que em sequeiro, em todos os horários do dia. Tanto no período úmido quanto seco e independentemente da condição de cultivo, houve decréscimo na condutância ao longo do dia até as dezesseis horas. Referente ao conteúdo relativo de água, houve diferença estatística entre irrigado e sequeiro no período úmido, sendo o maior valor observado sob sequeiro. O tratamento com irrigação proporcionou os maiores valores de potencial hídrico foliar, independentemente do período, destacando-se os clones, Branca e Neilton, no período seco. O clone Imbé demonstrou ser tolerante às condições de restrição hídrica, pois sob condições favoráveis apresenta alta condutância estomática e restringindo igualmente aos demais sob condições de restrição de água no solo, alto déficit de pressão e temperatura. Uma redução na umidade relativa do ar, mas com aumento da temperatura e do déficit de pressão de vapor, causou restrição à saída de água da planta e manteve elevado potencial hídrico foliar, sendo esta restrição dependente do clone estudado.

**Palavras-chave:** condutância foliar, potencial de água na folha, déficit hídrico, irrigação.

## PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF CASSAVA UNDER IRRIGATION AND RAINFED CONDITIONS

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the physiological responses of clones of sweet cassava cultivated in two soil water regimes. The following treatments were evaluated: 12 cassava clones, two water regimes (irrigated and rainfed) and two seasons (wet and dry). The physiological assessments were: stomatal conductance, relative water content and leaf water potential. There was statistical difference between the clones in relation to leaf conductance and the highest leaf conductance were observed in the morning under irrigated condition in dry period, specially the clone Imbé ( $1,030 \text{ mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$ ). The leaf conductance was reduced during day with increase in water vapor pressure deficit and during the dry period due to high water vapor pressure deficit and soil water deficit. In relation to relative water content, there was statistical difference between irrigated and rainfed conditions during the wet period. Plants irrigated presented the highest values of leaf water potential regardless of the period, especially for the clones Branca and Neilton in the dry period. The plants presented high stomatal conductance in favorable condition and efficient gas exchange regulation under constraint conditions of soil water and high vapor pressure deficit. The stomatal regulation during the day or between seasons varied with clone.

**Keywords:** leaf conductance, leaf water potential, water deficit, irrigation.

## INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), por sua adaptação aos diferentes regimes pluviométricos, às altas temperaturas e solos de baixa fertilidade, é cultivada em praticamente todas as regiões de clima tropical do mundo (Howeler, 2002). Estudos sobre biologia e fisiologia da mandioca têm demonstrado que os mecanismos fisiológicos relacionados à tolerância ao déficit hídrico, estão relacionados à notável sensibilidade dos estômatos tanto à variação da umidade da atmosfera como ao déficit hídrico do solo. (El-Sharkawy, 2004; Setter and Fregene, 2007).

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal, cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (Santos e Carlesso, 1998). Esses fatores levam ao estudo de diferentes variáveis da planta em resposta ao estresse, destacando-se o potencial hídrico foliar, o conteúdo relativo de água e a condutância estomática.

O decréscimo na disponibilidade de água no solo ocasiona queda no potencial da água nas folhas, levando à perda de turgescência e à redução da condutância estomática, reduzindo a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> e o crescimento da planta. Os estômatos se fecham quando o potencial hídrico da folha decresce, e quando o déficit de pressão de vapor, entre a folha e o ar, aumenta (geralmente devido ao decréscimo na umidade relativa). Como o estômato é o caminho pelo qual o CO<sub>2</sub> entra na folha, a diminuição da abertura estomática, causada pelo estresse hídrico, pode limitar a taxa de difusão do CO<sub>2</sub> para dentro da folha e conseqüentemente, a taxa fotossintética. Em condições de escassez de água o importante não é alta taxa de crescimento, mas sim o mais eficiente uso da água disponível, na manutenção do rendimento existente e seu aumento (Alves, 2006; Connor e Palta, 1981).

Sob condições de suprimento inadequado de água, se faz necessária a presença de alguma estratégia em condições naturais, para garantir a sobrevivência do vegetal. Por isso, é necessário identificar as características do vegetal em estudo, tais como a condutância estomática, a área foliar, a abscisão foliar, a densidade estomática e o potencial hídrico das folhas que

podem garantir a sobrevivência em ambientes com deficiência hídrica, com vistas a serem usados nos atuais sistemas de produção, com baixo custo tecnológico, sobretudo em clima semiárido, bem como de melhorar o entendimento sobre as respostas fisiológicas da mandioca sob condição de deficiência hídrica (Alves, 2002; Porto et al., 1989).

Porém, não basta conhecer as principais respostas adaptativas existentes entre os vegetais. Se deve buscar quais, dentre as muitas características adaptativas, são utilizadas pela espécie em estudo (Subarão et al., 1995). Por exemplo, a maioria das leguminosas desenvolvem o controle estomático e o desenvolvimento do sistema radicular (Guimarães et al., 2006), sem fazer ajuste osmótico. No caso da mandioca ocorre o aprofundamento das raízes, o controle estomático, o aumento da densidade estomática, a abscisão e a redução do crescimento foliar, (Cerqueiro, 1992; El-Sharkawy, 2007).

Assim, propõe-se nesse trabalho a investigação de respostas fisiológicas de plantas de mandioca cultivadas em condições irrigadas e de sequeiro, visando aumentar a produtividade e reduzir o ciclo, e como base no entendimento dessas respostas fisiológicas, identificar características relacionadas à tolerância ao déficit hídrico.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, localizado no município de Cruz das Almas, Recôncavo Baiano, instalado em 05 de outubro de 2011, nas coordenadas geográficas 12°40'39" de latitude Sul e 39°06'23" de longitude Oeste, com altitude de 226 m. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa e temperatura média anuais de 80% e 24,1 °C, respectivamente, apresentando pluviosidade média anual de 1.170 mm (Almeida, 1999).

Foram estudados 12 clones de mandioca, sendo eles: Dona Rosa, Branca, Neilton, Imbé, Eucalipo, BRS Dourada, Amarelo I, Talo Branco, BRS Kiriris, Rosinha, BRS Gema de Ovo e Saracura. Estes clones foram selecionados por apresentar características agrônômicas desejáveis, serem

cultivados por produtores rurais da região de Cruz das Almas, e alguns desenvolvidos e recomendados pela EMBRAPA.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com duas repetições, no esquema de parcela subdividida, sendo estudados 12 clones, submetidos às condições de cultivo: com irrigação e sem irrigação; avaliados em dois períodos do ciclo: 1- período de estiagem, caracterizando a época seca, sendo feita as determinações no mês de março de 2012 aos 167 dias após o plantio; e 2 – período chuvoso, caracterizando a época úmida, sendo feitas as determinações no mês de julho de 2012, aos 293 dias após o plantio. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias dos clones agrupadas pelo teste de Scott-Knott, as médias das condições de cultivo e período dentro do ciclo foram comparadas pelo teste de Fisher da análise de variância, e as médias dos horários de avaliação ao longo do dia foram ajustadas modelos de regressão, todos a 5% de probabilidade. Cada parcela constituída de 756 plantas e as subparcelas por 63 plantas, sendo 16 plantas centrais consideradas úteis, obedecendo ao espaçamento de 1,0 x 0,8 metros em fileiras simples, totalizando 12.500 plantas por hectare. Foram avaliadas as seguintes características:

### ***Potencial hídrico foliar (PHF)***

O potencial hídrico foliar (PHF) foi determinado nas primeiras horas do dia, entre 6 e 7 horas da manhã, utilizando-se uma bomba de pressão tipo Scholander. A determinação consistiu na coleta de amostras de 3 folhas completamente expandidas e com bom estado fitossanitário, as quais foram colocadas na câmara da bomba de pressão de forma sucessiva (uma de cada vez), onde, em seguida, foi aplicada pressão até ocorrer à exsudação pelo corte feito no pecíolo da folha, para a leitura da pressão aplicada (Scholander et al., 1965). As medidas foram realizadas em um dia para o período seco e um dia para o período úmido, sendo que foram marcadas plantas em dois blocos para a determinação PHF.

Neste método, o órgão a ser medido tem que ser cortado e colocado na câmara, de acordo com a Figura 1. Para fazer a medição, a câmara é

pressurizada com gás comprimido até que a água retorne para a superfície do corte (Figura 1B). Quando ocorreu o umedecimento da superfície do corte, parou-se a pressurização e foi feita a leitura da pressão marcada no manômetro. Este valor negativo corresponde ao PHF do órgão.



**Figura 1.** Câmara de pressão e manômetro da bomba Scholander (A); exudação de seiva do ramo para medição do potencial hídrico (B).

### ***Condutância estomática***

A condutância foi determinada utilizando-se um porômetro de difusão AP4 modelo Delta – T Devices Cambridge – UK. As medições foram feitas em folhas completamente expandidas (pegando sempre o lóbulo foliar central) localizadas na parte superior da planta, expostas a radiação solar. As medições foram realizadas em quatro horários do dia: início da manhã (07:00 horas), final da manhã (11:00 horas), início da tarde (13:00 horas) e final da tarde (17:00 horas). As medidas foram realizadas em plantas pré-marcadas em dois blocos, sendo a determinação feita em um dia inteiro para o período seco e um dia para o período úmido.





**Figura 2:** Medidas de porometria com auxilio de porômetro

### ***Conteúdo Relativo de Água da Folha (CRA)***

Para determinação do Conteúdo relativo de água coletaram-se discos foliares de seis folhas completamente expandidas, que em seguida pesados gerando valores de massa fresca (MF). Os discos foram postos para saturar em água deionizada por 24 horas em geladeira, à temperatura de 12 °C. Após retirar amostras da geladeira, retirou-se o excesso de água com papel toalha para obtenção da massa túrgida (MT) das amostras, as quais foram levadas à estufa (temperatura de 65 °C ± 5 °C, até peso constante), para obtenção da massa seca (MS) das amostras. As medidas foram feitas em um dia no período seco e no período úmido em dois blocos com plantas Pré-selecionadas.

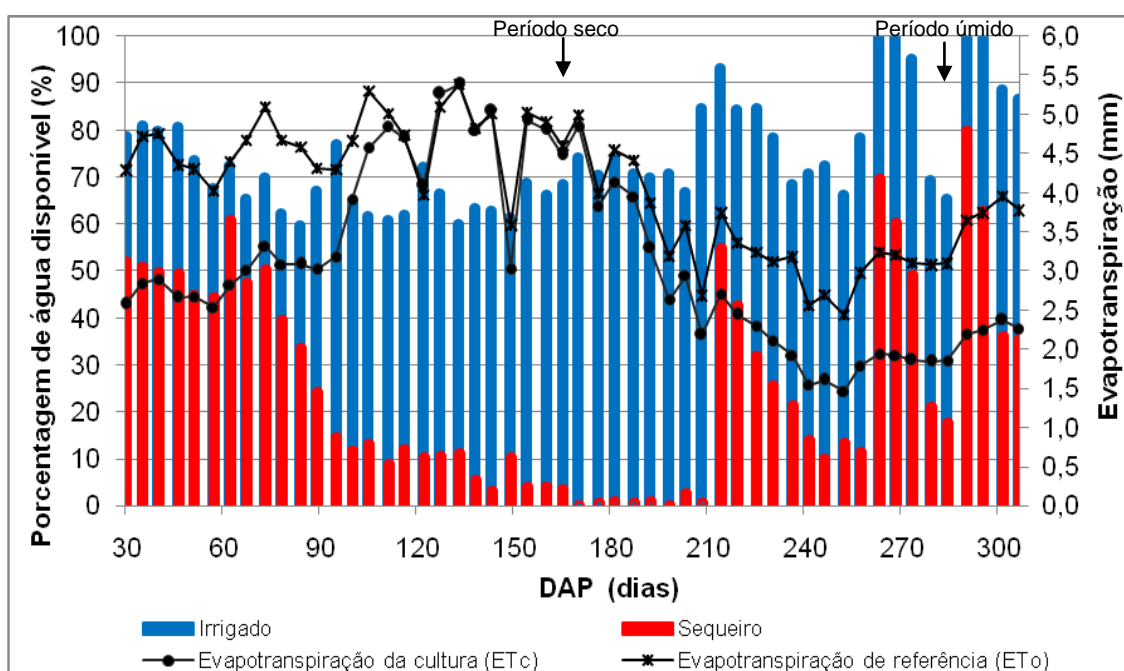
Utilizou-se balança de precisão de 0,0001 g para determinação das massas fresca, túrgida e seca dos discos foliares coletados. As avaliações foram realizadas durante o déficit e após a reidratação das plantas. O CRA foi calculado por meio da seguinte equação 1:

$$CRA(\%) = \left[ \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \right] * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: CRA - Conteúdo Relativo de Água (%); MF - massa fresca, g; MS - massa seca, g e MT - massa túrgida, g.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações fisiológicas foram realizadas num período considerado seco para a região. É possível observar (figura 3) que exatamente no período entre 90 e 210 após o plantio ocorreu déficit hídrico, uma vez que a porcentagem de água disponível (PAD) foi reduzida no tratamento sob sequeiro.



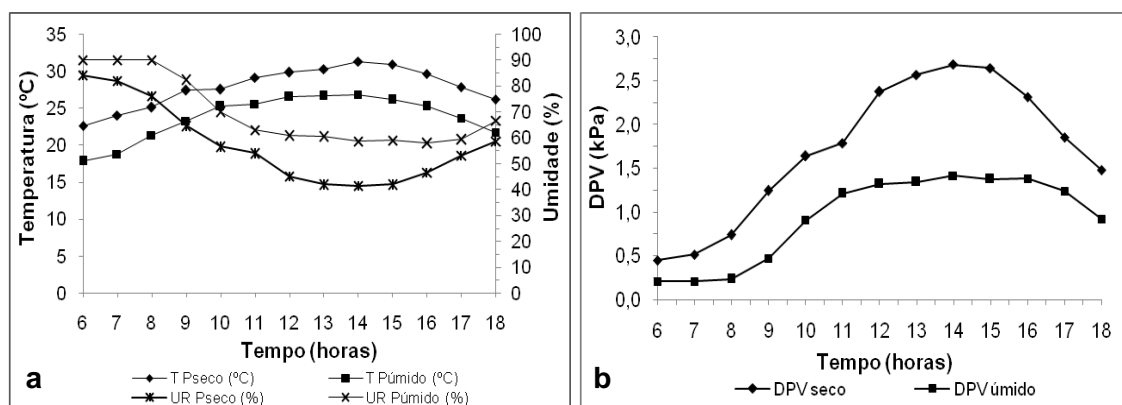
**Figura 3:** Porcentagem de água disponível (PAD), evapotranspiração da cultura (ETc) e evapotranspiração de referência (ETo) ao longo do ciclo da cultura em dias após o plantio (DAP) para os tratamentos com irrigação e sequeiro, Cruz das Almas – BA.

Nota-se que a porcentagem de água no solo disponível à planta (PAD) foi reduzida entre 90 e 210 dias após o plantio no tratamento de sequeiro, sendo esse o período de maior demanda hídrica da cultura (evidenciado pela ETc), caracterizando o período seco, no entanto a PAD foi maior no início e no final do ciclo, por conta do período chuvoso na região, sendo este considerado como o período úmido (Figura 3). A PAD mínima observada foi 60% para a condição com irrigação e muito próximo de 0% na condição de sequeiro, isso pode ser justificado nas duas situações, uma vez que esse era o período de

maior demanda hídrica da cultura. O período seco, onde a PAD foi menor situou-se na fase vegetativa entre o primeiro e o quinto mês após o plantio, período de maior sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (Alves, 2006).

Foram caracterizadas duas épocas de estudo ao longo do ciclo da cultura da mandioca. Um considerado seco, sendo este justamente na fase vegetativa do ciclo da cultura onde ocorreu o maior déficit hídrico e maior demanda hídrica da cultura. As avaliações fisiológicas foram realizadas aos 167 dias após o plantio, sendo este o período seco, caracterizado pelas baixas precipitações ocorridas desde o final do mês de dezembro. E aos 293 dias após o plantio, sendo este o período considerado úmido por conta do retorno das chuvas a partir do mês de junho de 2012 na região do município de Cruz das Almas, o qual ocorreu na fase de tuberização das raízes, sendo este caracterizado especificamente no mês de julho de 2012.

A temperatura ( $T$  °C), umidade relativa (UR%) e o déficit de pressão de vapor (DPV) para as duas épocas caracterizadas como seca e úmida são apresentados na Figura 4.



**Figura 4:** Temperatura ( $T$  °C), umidade do ar (%) (a) e déficit de pressão de vapor do ar (DVP- KPa) diário (b) para as duas épocas caracterizada como seca e úmida. Cruz das Almas, 2013.

Observa-se conforme Figura 4, que no período seco a temperatura e o déficit de pressão de vapor (DPV) mais baixo foram registrados no início do dia com 22 °C e 0,41 KPa, respectivamente, e se elevaram com o passar do tempo alcançando o máximo às 14 horas, sendo estes iguais a 31 °C e 2,70 KPa. No período úmido foi observado comportamento semelhante ao longo do dia,

entretanto, com temperaturas mais amenas e DPV também reduzidos, sendo o mínimo observado no início do dia iguais 18 °C e 0,21 KPa, e máximo de 27 °C e 1,41 KPa às 14 horas. Comportamento contrário foi verificado para a umidade, a qual foi maior no início do dia com valor igual a 84% no período seco e 90% no úmido e reduzindo a partir daí para 41% e 58% às 14 horas, respectivamente.

### ***Condutância estomática***

Conforme ANAVA para a variável condutância estomática, houve efeito estatístico para as interações duplas clones x condições de cultivo ( $p < 0,05$ ), condição de cultivo x período de avaliação, clone x horários de avaliação, condição de cultivo x horário de avaliação, período avaliado x horário de avaliação ( $p < 0,01$ ), mas não houve efeito para blocos pelo teste F. Não houve efeito estatístico para a interação clone x condição de cultivo no período úmido as 7 e 13 horas, e as 11 e 17 horas independentemente do período avaliado, demonstrando que o melhor horário para a realização das leituras é no início da manhã. Houve efeito significativo a 1% de probabilidade para todos os fatores isolados, no entanto serão discutidas apenas as interações duplas. Houve diferença estatística entre os clones tanto sob irrigação quanto em sequeiro. Os maiores valores de condutância foram observados sempre no início da manhã sob a condição irrigada, destacando-se o clone Imbé com 1.030 mmol/m<sup>2</sup>/s. A condutância reduziu para esse clone para 235,50 mmol/m<sup>2</sup>/s quando a demanda atmosférica foi maior com DPV 2,56 KPa e temperatura igual a 30 °C às 13 horas no período seco, sob sequeiro este clone manteve a condutância baixa imposta também pela reduzida disponibilidade hídrica do tratamento com PAD inferior a 10 %. E sob sequeiro para os clones Rosinha e BRS Kiriris alcançando 465 e 529,50 mmol/m<sup>2</sup>/s pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, respectivamente. Ao se comparar as duas condições com irrigação e sob sequeiro, observa-se que houve diferença estatística para todos os clones, exceto Rosinha e BRS Kiriris. O maior valor de condutância observado no tratamento com irrigação no período seco a sete horas, foi do clone Imbé com 1.030 mmol/m<sup>2</sup>/s e apenas 232 mmol/m<sup>2</sup>/s no de sequeiro. E o

menor foi 360 mmol/m<sup>2</sup>/s sob irrigação e 176,50 mmol/m<sup>2</sup>/s em sequeiro do clone Amarelo I.

No período úmido, os valores de condutância não apresentaram grande amplitude entre sequeiro e irrigado para quaisquer horários avaliados quando se compara com o período seco. Às 7 horas, o maior valor detectado foi do clone BRS Gema de Ovo com 647,93 (irrigado) e 622,20 mmol/m<sup>2</sup>/s (sequeiro) no período úmido. O maior valor observado às 11 horas no período seco foi do clone Rosinha 535 (irrigado) e 263 mmol/m<sup>2</sup>/s (sequeiro) e no úmido 329,75 (irrigado) e 300 mmol/m<sup>2</sup>/s (sequeiro) evidenciando a maior redução da condutância no período seco, principalmente quando se compara o tratamento irrigado com o de sequeiro, sendo a condutância menos sensível no período úmido, esse comportamento é por conta da disponibilidade de água à planta.

Sob sequeiro, às 13 horas, destacaram-se os clones Rosinha (228,75 mmol/m<sup>2</sup>/s), BRS Gema de Ovo (284,50 mmol/m<sup>2</sup>/s), Branca (242,50 mmol/m<sup>2</sup>/s), Dona Rosa (289,59 mmol/m<sup>2</sup>/s) e Neilton (262,34 mmol/m<sup>2</sup>/s), diferindo estatisticamente dos demais, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Contudo houve diferença estatística entre as condições irrigadas e de sequeiro para a maioria dos clones avaliados, exceto no caso dos clones Neilton e Imbé. A diferença entre as duas condições de cultivo evidencia a sensibilidade dos clones quanto à redução da umidade no solo, bem como das condições climáticas no período de avaliação, como do aumento da temperatura e do DPV, e a redução da umidade relativa (Figura 4).

Às 13 horas no período seco houve diferença estatística entre os clones, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), sendo que os clones Rosinha e BRS Gema de Ovo superaram os demais quando irrigados, alcançando 581,25 e 556,25 mmol/m<sup>2</sup>/s, respectivamente.

A condutância reduziu entre as 13 e 17 horas e entre os tratamentos irrigado e sequeiro, principalmente quando houve restrição hídrica, nesse caso é possível observar esse comportamento no período seco e sob condição de sequeiro, conforme Figura 4 e Tabela 1.

No período seco, conforme dados da Tabela 1, é possível observar redução da condutância entre os tratamentos irrigado e sequeiro às 17 horas, como é no caso dos clones Rosinha e BRS Gema de ovo que apresentaram

redução de 223,25 e 170,50 mmol/m<sup>2</sup>/s (irrigado) para 80,00 e 31,30 mmol/m<sup>2</sup>/s (sob sequeiro) às 17 horas, respectivamente. No entanto, no período úmido para o mesmo horário esses clones apresentaram condutâncias de 274,25 e 205,00 mmol/m<sup>2</sup>/s (irrigado), 271,00 e 239,00 mmol/m<sup>2</sup>/s (sequeiro).

Observa-se conforme dados apresentados, que em virtude da baixa disponibilidade de água no solo, as plantas reduzem a perda de água por meio do aumento da resistência estomática e se eleva sob condições de disponibilidade hídrica, corroborando dados de Fiuza (2010), seguindo os quais a maioria dos clones considerados tolerantes apresentou elevada condutância estomática, no período chuvoso. No período seco, todas as plantas se encontravam completamente estressadas e com redução excessiva na condutância estomática, não havendo diferenciação entre as respostas das plantas à variação da condutância (10 a 80 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>).

Os diferentes valores de condutâncias entre os clones podem também estar relacionados à anatomia foliar, a qual pode indicar características que conferem tolerância à seca às plantas cultivadas (Batista et al., 2010). Ribeiro et al. (2012) observou que a presença dos estômatos em depressões contribuiu para a redução da transpiração, diminuindo a ação de ventos, que podem remover o vapor de água da camada limítrofe nas folhas, aumentando o déficit de pressão de vapor, promovendo um aumento na condutância.

**Tabela 1:** Condutância estomática ( $\text{mmol/m}^2/\text{s}$ ) dos clones de mandioca sob condições irrigadas e de sequeiro. Cruz das Almas, 2013.

Clone	Condutância estomática ( $\text{mmol/m}^2/\text{s}$ )							
	7 horas				11 horas			
	Período seco		Período úmido <sup>ns</sup>		Período seco <sup>ns</sup>		Período úmido <sup>ns</sup>	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
Imbé	1.030,00 aA	232,00 bB	401,21	309,32	229,50	155,25	238,50	238,00
BRS Dourada	812,50 aB	350,00 bB	333,51	331,50	401,50	167,50	319,50	286,25
Eucalipto	720,00 aB	285,50 bB	268,18	385,05	327,25	188,75	310,25	239,25
BRS Gema de Ovo	690,00 aB	271,75 bB	647,93	622,20	512,50	127,50	358,75	402,50
Dona Rosa	618,75 aC	296,50 bB	353,78	324,87	507,50	263,75	273,25	311,00
Saracura	605,00 aC	243,00 bB	295,21	342,41	374,00	153,00	317,00	213,00
Talo Branco	574,42 aC	222,00 bB	383,72	391,17	358,75	132,25	333,00	298,75
Branca	570,00 aC	212,25 bB	319,33	314,42	392,50	236,00	326,50	288,00
Rosinha	558,75 aC	465,00 aA	447,85	571,20	535,00	263,00	329,75	300,00
BRS Kiriris	502,50 aD	529,50 aA	285,41	397,80	423,75	188,75	389,25	378,75
Neilton	480,00 aD	351,25 bB	415,52	427,13	319,75	143,00	292,00	314,25
Amarelo I	360,00 aD	176,50 bB	427,71	386,33	305,75	177,00	259,00	269,00

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott e médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem pelo teste de FISHER, ambos a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> – não significativo.

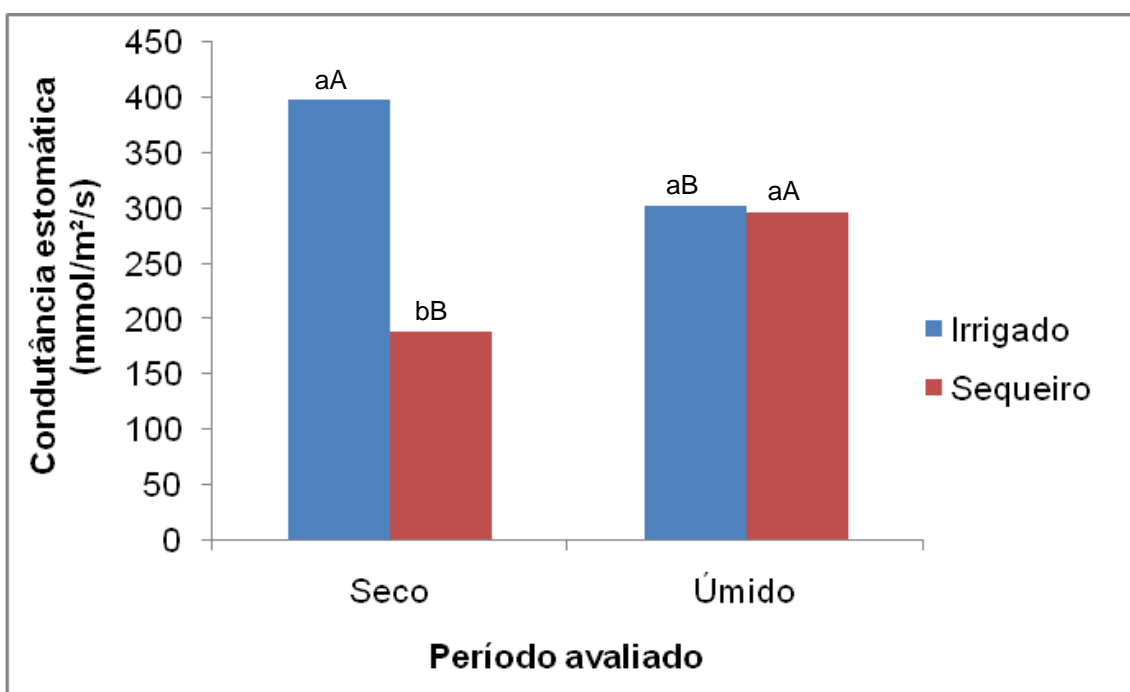
**Tabela 1** (continuação)

Clone	Condutância estomática (mmol/m <sup>2</sup> /s)							
	13 horas				17 horas			
	Período seco		Período úmido <sup>ns</sup>		Período seco <sup>ns</sup>		Período úmido <sup>ns</sup>	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
Imbé	235,50 aC	198,25 aB	266,25	276,25	170,00	55,50	201,00	186,25
BRS Dourada	345,00 aB	212,84 bB	174,75	241,50	141,00	73,50	230,25	175,75
Eucalipto	343,75 aB	161,00 bB	257,50	235,00	190,50	59,00	254,75	216,75
BRS Gema de Ovo	556,25 aA	284,50 bA	292,00	294,00	170,50	31,30	205,00	239,00
Dona Rosa	356,25 aB	289,59 bA	332,50	311,25	270,50	128,50	275,00	221,25
Saracura	442,50 aB	163,50 bB	200,00	318,00	171,75	20,65	259,00	211,75
Talo Branco	413,75 aB	147,25 bB	224,75	246,00	176,50	30,30	240,50	168,50
Branca	355,00 aB	242,50 bA	362,50	298,75	233,50	65,13	303,00	196,00
Rosinha	581,25 aA	228,75 bA	335,25	342,50	223,25	80,00	274,25	271,00
BRS Kiriris	375,00 aB	201,50 bB	235,00	270,25	196,75	43,75	255,50	227,25
Neilton	293,50 aC	262,34 aA	297,75	352,25	139,25	80,50	209,00	210,25
Amarelo I	370,00 aB	128,25 bB	261,75	209,50	150,00	39,50	231,50	168,00

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott e médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem pelo teste de FISHER, ambos a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> – não significativo.



De acordo com dados da Figura 5, pode - se observar que houve diferença estatística entre as condições irrigadas e de sequeiro pelo teste F ( $p < 0,05$ ) apenas no período seco, alcançando 398,14 mmols/m<sup>2</sup>/s no tratamento com irrigação e 188,72 mmols/m<sup>2</sup>/s no de sequeiro, já no período úmido 302,18 no tratamento com irrigação e 296,44 mmols/m<sup>2</sup>/s no de sequeiro. Houve diferença estatística também entre o período seco e úmido para a mesma condição de cultivo, sendo que a maior condutância do tratamento irrigado foi no período seco (398,14 mmols/m<sup>2</sup>/s) e sob sequeiro foi no período úmido (296,44 mmols/m<sup>2</sup>/s).



**Figura 5:** Condutância estomática sob condições irrigadas e de sequeiro nos períodos seco e úmido. Cruz das Almas, 2013 (Média com mesma letra não difere pelo teste F a 5% de probabilidade, letra minúscula compara a condição de cultivo e maiúscula o período avaliado).

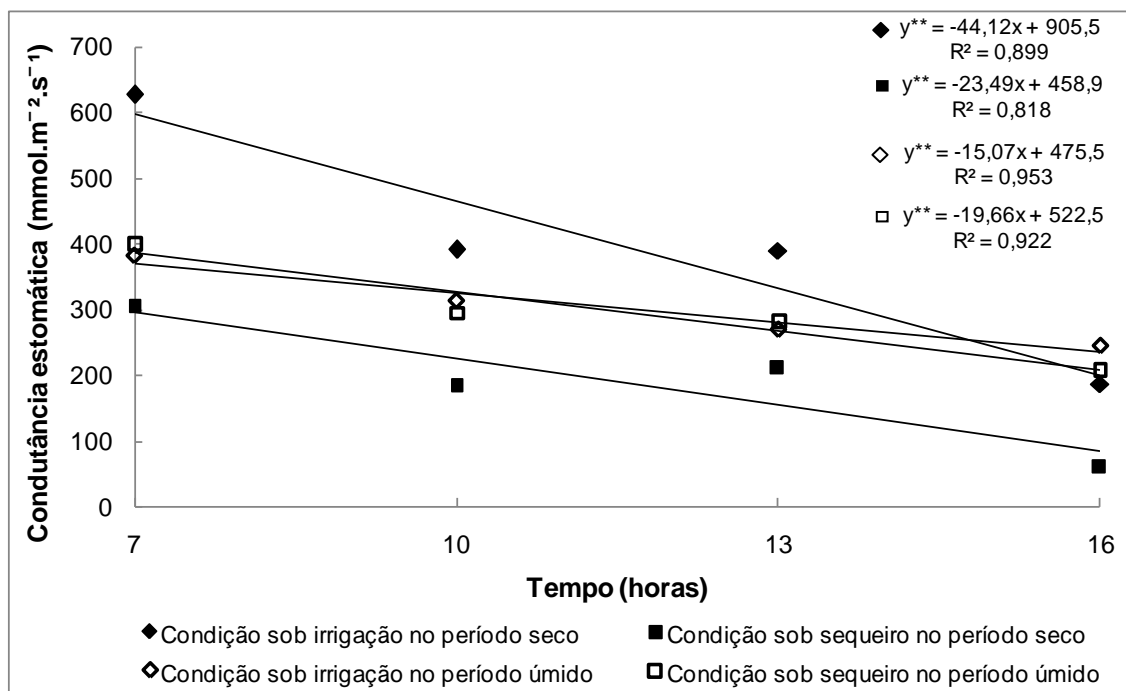
Com base nos dados observados na Figura 5, o efeito do déficit hídrico do período seco, teve como consequência o fechamento dos estômatos, uma vez que o tratamento com irrigação proporcionou 398 mmol/m<sup>2</sup>/s, sendo este valor o dobro da condutância observada no de sequeiro, que foi igual a 189 mmol/m<sup>2</sup>/s. Entretanto, no período úmido, em função da disponibilidade de água, os valores de condutância se aproximaram sendo que no tratamento

irrigado foi igual a 302 mmol/m<sup>2</sup>/s e em sequeiro 296 mmol/m<sup>2</sup>/s. Observa-se que a condutância do tratamento com irrigação reduziu e o de sequeiro aumentou no período úmido. Isso ocorreu provavelmente por que o crescimento vegetativo mais ativo ocorreu no período seco, resultando em maiores taxas de condutância. No entanto, as menores condutâncias ocorreram no período úmido fase final da translocação de carboidratos para as raízes e precedendo a fase de dormência da espécie. Esse comportamento do desenvolvimento sob sequeiro parece estar associado a um efeito compensatório com elevação das taxas de condutância, mas com retardamento na época de colheita.

Conforme dados apresentados, é possível observar que a condutância reduziu com o aumento do DPV e da temperatura, mas com redução da umidade relativa do ar, tanto no período seco quanto no úmido. Esse mesmo comportamento foi detectado por El-Sharkawy (1990), ao estudar o efeito da umidade e vento na condutância em folhas de mandioca. Levando-se em consideração que o comportamento decrescente da condutância ocorreu com o aumento da demanda atmosférica ao longo do dia, nota-se que esta pode ser uma estratégia dos clones para evitar perda excessiva de água nos horários mais críticos do dia. Oren et al. (1999) salienta que nesses horários, a condutância estomática diminui a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha desça abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água.

Segundo El-Sharkawy et al. (1989), sob condições de deficiência hídrica, os estômatos se abrem naquelas horas do dia onde o DPV é baixo, reduzindo a sua abertura quando as condições de demanda atmosférica são elevadas, maximizando, desta forma, a eficiência do uso de água pela cultura e os estômatos das folhas respondem diretamente a mudanças na umidade atmosférica, fechando-se rapidamente sob condições secas, e quando a diferença de pressão de vapor entre a folha e o ar excede o valor de 1,5 KPa e, desta forma, restringindo o suprimento de CO<sub>2</sub>.

Foram ajustados modelos de regressão para a condutância estomática em quatro horários diferentes ao longo do dia nas condições sob irrigação e sequeiro nos dois períodos avaliados seco e úmido, conforme Figura 6.



**Figura 6:** Condutância estomática em função dos horários de leitura ao longo do dia nas condições sob irrigação e de sequeiro e nos períodos seco e úmido. Cruz das Almas, 2013.

Para a condutância em função do tempo em horas ao longo do dia no período seco foram ajustados modelos significativos ( $p < 0,01$ ) com  $R^2$  iguais a 0,89 e 0,81 para os modelos dos clones sob irrigação e sequeiro, respectivamente. Apesar do comportamento decrescente, a condutância no tratamento com irrigação foi maior que em sequeiro em todos os horários do dia, sendo observada uma redução do sequeiro em relação ao irrigado iguais a 51,67% às 7 horas da manhã, 53,16% às 10 horas, 46,01% às 13 horas e 68,32% às 16 horas, isso ocorreu por causa da água no solo disponível à planta nesse tratamento, que foi em média 4% no período das medições fisiológicas. Esse comportamento decrescente da condutância, também está diretamente relacionado com a redução da umidade relativa do ar, e com o aumento da temperatura e do DPV que foram crescentes no intervalo das 7 as 14 horas. Para os dados observados na época úmida, foram ajustados modelos lineares com  $R^2$  iguais a 0,95 e 0,92 para os tratamentos irrigado e sequeiro, respectivamente. Neste período estudado, houve decréscimo na condutância ao longo do dia, saindo de 627  $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$  para 389  $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{s}$  às

14 horas, horário de maior demanda da hídrica da atmosfera, com temperatura de 31 °C, DPV de 2,70 KPa e umidade relativa igual a 41%.

No período úmido, foram ajustados modelos de regressão para a condutância estomática sob condições irrigadas e de sequeiro, os quais foram significativos a 1% de probabilidade, com  $R^2$  iguais a 0,95 e 0,92, respectivamente.

No entanto, ao comparar as épocas seca e úmida, nota-se decréscimo na condutância com o passar do tempo, mas na época úmida há maior equilíbrio, sendo que na época seca o decréscimo é bem mais acentuado, principalmente no tratamento sob sequeiro. Esse comportamento pode ser melhor compreendido, pois o período seco foi marcado pela temperatura e DPV elevados e a umidade relativa reduzida do que aqueles verificados para o período úmido, às 14 horas, horário de maior demanda hídrica da atmosfera, com temperatura de 27 °C, DPV 1,41 KPa e UR igual a 59%.

Quando a água está disponível, a mandioca mantém uma alta condutância estomática, e pode manter a concentração interna de  $CO_2$  alta, mas, quando a água torna-se limitante, a planta fecha os estômatos em resposta a pequenos decréscimos do potencial hídrico do solo (El-Sharkawy e Cock, 1984).

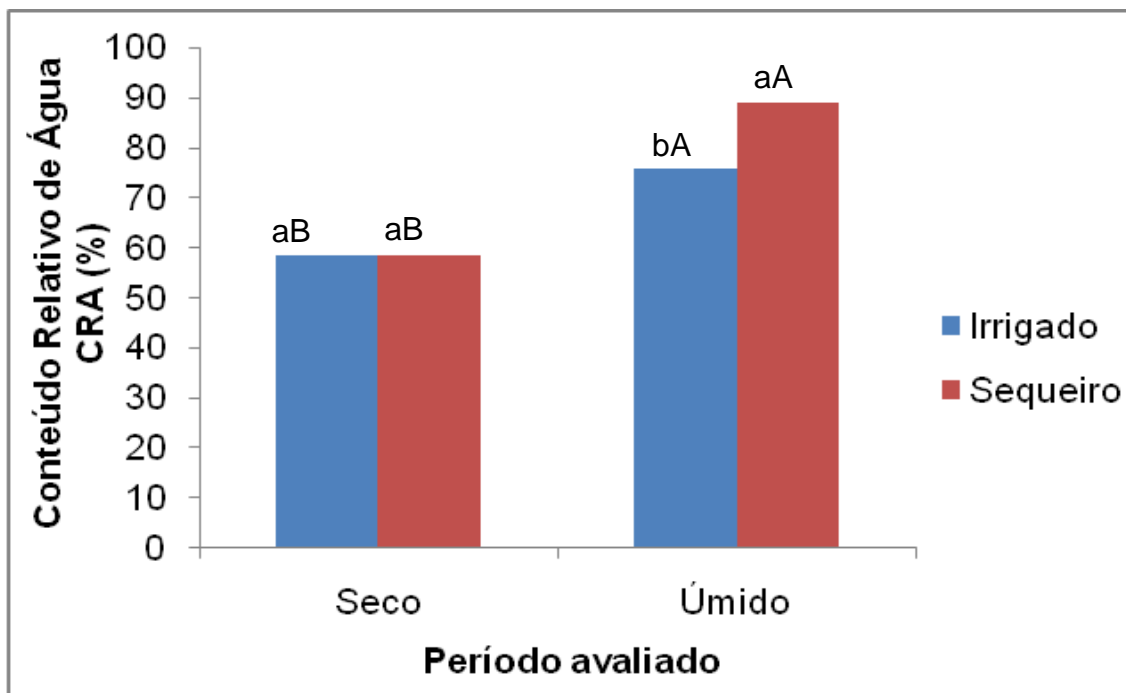
Os estômatos das folhas de mandioca respondem diretamente a mudanças na umidade atmosférica, fechando-se rapidamente sob condições secas e, desta forma, restringem o suprimento de  $CO_2$ ; como consequência disto, as taxas fotossintéticas correlacionam-se com as mudanças na condutância, estas afetadas por mudanças no DPV (El-Sharkawy et al., 1989).

### ***Conteúdo Relativo de Água (CRA)***

De acordo a ANAVA para a variável CRA, não houve efeito significativo para os fatores isolados bloco e clone, mas houve efeito para condição de cultivo e período avaliado, conforme teste F a 1%. Referente às interações só houve efeito significativo para a condição de cultivos x período avaliado a 1% de probabilidade conforme teste F, e não houve efeito para clone x condições

de cultivo, clones x período avaliado e clone x condições de cultivo x período avaliado.

A Figura 7 apresenta os dados da interação condição de cultivos x período avaliado para o CRA.



**Figura 7:** Conteúdo Relativo de Água (CRA) sob condições irrigadas e de sequeiro nos períodos seco e úmido. Cruz das Almas, 2013 (Médias com mesma letra não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade, letra minúscula compara a condição de cultivo e maiúscula o período avaliado).

Os dados apresentados na Figura 7 demonstram que houve diferença estatística entre os períodos seco e úmido, tanto no tratamento irrigado quanto no de sequeiro, sendo os maiores valores de Conteúdo Relativo de Água (CRA %) observados no período úmido alcançando 75,59% no tratamento irrigado e 88,89% no de sequeiro. O tratamento de sequeiro apresentou os maiores valores de CRA nos dois períodos avaliados, diferindo estatisticamente pelo teste de F do tratamento irrigado apenas no período úmido.

### **Potencial Hídrico Foliar (PHF)**

Houve efeito significativo a 1% de probabilidade, conforme teste F para todos os fatores isolados clone, condição de cultivo, período avaliado, e interações clone x condições de cultivo, clone x período avaliado, condições de cultivo x período avaliado e clones x condições de cultivo x período avaliado, todos a 1% pelo teste F. No entanto não houve efeito para bloco o qual não foi significativo. Serão discutidas apenas as interações duplas.

Os dados de Potencial Hídrico Foliar (PHF), dos clones de mandioca sob irrigação e sequeiro nos períodos seco e úmido são apresentados na Tabela 3.

No período seco sob irrigação, é possível observar que houve diferença estatística entre os clones, com destaque pelos elevados valores de PHF para os clones Branca (-0,64 MPa), Talo Branco (-0,74 MPa), BRS Dourada e Neilton (-0,77 MPa), Amarelo I (-0,83 MPa) e BRS Kiriris (-0,84 MPa). No entanto, sob sequeiro somente os clones Branca (-1,47 MPa) e Neilton (-1,40 MPa) diferiram estatisticamente dos demais, apresentando os maiores valores de PHF. Ao se comparar os tratamentos irrigado e sequeiro, nota-se que houve diferença estatística para todos os clones, sendo o irrigado o que proporcionou os maiores valores de PHF. O clone Imbé apresentou a maior diferença no PHF entre irrigado e sequeiro, com 1,01 MPa .

No período úmido sob a condição irrigada, também houve diferença estatística entre os clones, sendo -0,71 MPa o maior valor de PHF observado para o clone Branca. Já sob sequeiro, os clones Talo Branco (-1,21 MPa), BRS Dourada, Neilton (-1,32 MPa), Amarelo I (-1,24 MPa), BRS Kiriris (-1,22 MPa), Saracura (-1,20 MPa) e Rosinha (-1,29 MPa) diferiram estatisticamente dos demais, apresentando os maiores PHF.

Os baixos valores de PHF, ou seja, os mais negativos observados no período seco no tratamento de sequeiro, ocasionados pelo decréscimo na disponibilidade de água no solo, diminuiu de 50% aos 70 dias após o plantio (DAP) para 4% aos 164 DAP, conforme dados da Figura 3, levou à perda de turgescência e à redução da condutância estomática em relação ao tratamento irrigado em 51,67% às 7 horas da manhã, 53,16% às 10 horas, 46,01% às 13 horas e 68,32% às 16 horas, Tabela 1.

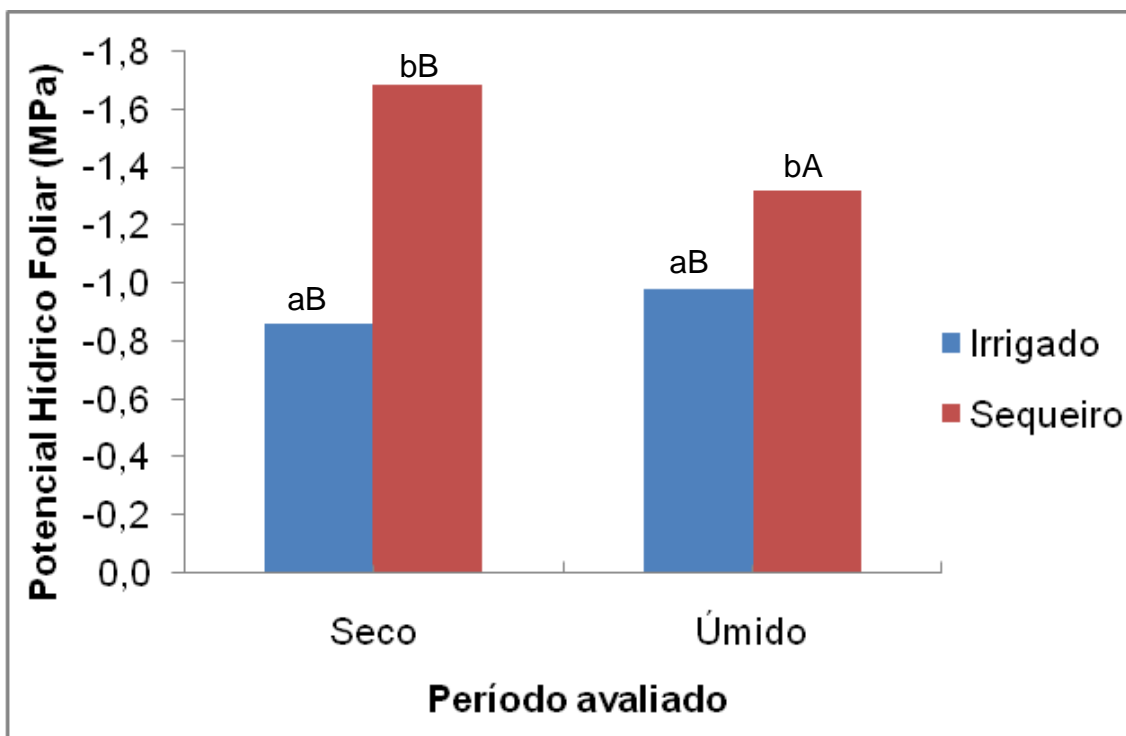
Aqueles clones que apresentaram PHF foliar mais elevado em resposta ao déficit hídrico pode ser um indicativo de resistência à seca, como modo de evitar desidratação. Portanto, a resistência à seca em mandioca pode estar relacionada com a manutenção de um alto PHF nos tecidos através do fechamento rápido dos estômatos durante o estresse hídrico (El-Sharkawy, 2004).

**Tabela 3:** Potencial hídrico foliar (MPa) dos clones de mandioca sob condições irrigadas e de sequeiro e no período seco e úmido. Cruz das Almas, 2013.

Clone	Período seco		Período úmido	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
Branca	- 0,64 aA	- 1,47 bA	- 0,71 aA	- 1,44 bB
Talo Branco	- 0,74 aA	- 1,75 bB	- 0,94 aB	- 1,21 bA
Neilton	- 0,77 aA	- 1,40 bA	- 0,90 aB	- 1,32 bA
BRS Dourada	- 0,77 aA	- 1,73 bB	- 1,10 aC	- 1,32 bA
Amarelo I	- 0,83 aA	- 1,74 bB	- 0,96 aB	- 1,24 bA
BRS Kiriris	- 0,84 aA	- 1,70 bB	- 0,92 aB	- 1,22 bA
Imbé	- 0,89 aB	- 1,90 bC	- 0,99 aB	- 1,44 bB
Eucalipto	- 0,93 aB	- 1,80 bC	- 1,24 aD	- 1,38 aB
Dona Rosa	- 0,97 aB	- 1,65 bB	- 0,87 aB	- 1,40 bB
Saracura	- 0,97 aB	- 1,63 bB	- 1,02 aC	- 1,20 bA
BRS Gema de Ovo	- 0,98 aB	- 1,63 bB	- 1,10 aC	- 1,44 bB
Rosinha	- 1,06 aB	- 1,81 bC	- 1,08 aC	- 1,29 bA

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Scot-Knot e médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem pelo teste de FISHER, ambos a 5% de probabilidade.

Os dados de PHF foram comparados entre os tratamentos com irrigação e sob sequeiro, e suas médias são apresentadas na Figura 9.



**Figura 8** - Potencial hídrico foliar no período seco e úmido sob condições irrigadas e de sequeiro e no período seco e úmido. Cruz das Almas, 2013 (Média com mesma letra não difere pelo teste F a 5% de probabilidade, letra minúscula compara a condição de cultivo e maiúscula o período avaliado).

O PHF ( $\Psi_w$ ) diferiu estatisticamente ( $p < 0,05$ ), tanto entre o período seco e úmido quanto nos tratamentos irrigado e sob sequeiro. Sendo os maiores valores detectados no tratamento sob irrigação, tanto no período seco quanto úmido e valores de PHF mais negativos no tratamento sob sequeiro, também nos dois períodos avaliados (Figura 8). A deficiência hídrica provocada pela baixa precipitação pluviométrica na estação seca promoveu um menor PHF foliar, sugerindo que o potencial hídrico das plantas foi sensível à variação de água no solo (Figura 3). Gonçalves et al. (2009) avaliando o potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica, detectaram que após 21 dias de déficit hídrico o valor de PHF decresceu de -0,8 para -3,4 MPa, valor esse considerado crítico.

Plantas jovens do cerrado têm tido redução da fotossíntese a zero em potenciais hídricos menores do que os aqui observados para a mandioca. Em plantas de Buriti, o potencial hídrico crítico foi de -2,1 MPa (Calbo e Moraes, 1997). Sampaio (2010), observou que a partir de -1,5 MPa, as plantas de Lima



Ácida 'Tahiti' apresentaram uma forte resistência estomática com a redução do potencial de água na folha, alcançando o limite máximo de resistência quando os valores aproximaram-se de - 2,25 MPa. No entanto, os valores de  $\Psi_w$  variam entre espécies e com a idade das plantas. Em mandioca não é conhecido o PHF crítico, mas observando a média geral (Tabela 3), nota-se que o  $\Psi_w$  apresentou-se mais elevado quando comparado a outras espécies como a Andiroba, o Buriti, e a Lima ácida 'Tahiti'. Sabe-se que em espécies tolerantes à seca, o  $\Psi_w$  torna-se mais elevado, ou seja, menos negativo, sendo essa uma forma que o vegetal encontra para evitar a desidratação severa em períodos de baixa disponibilidade hídrica.

## CONCLUSÃO

Os resultados apresentados indicam que uma redução na umidade relativa do ar, mas com aumento da temperatura e do DPV causou uma restrição à saída de água da planta de mandioca, sendo esta restrição dependente do clone de mandioca estudado, estando os dois fatores relacionados com a tolerância ao déficit hídrico.

O clone Imbé demonstra ser tolerante às condições de restrição hídrica, pois sob condições favoráveis apresenta alta condutância estomática e restringindo igualmente aos demais sob condições de restrição de água no solo disponível, alto DPV e temperatura.

As plantas reduziram linearmente a condutância por meio do fechamento estomático entre 7 e 16 horas, sendo mais expressivo sob condições de restrição hídrica.

No período seco, o tratamento com irrigação proporcionou sempre os maiores valores de condutância, independentemente do horário avaliado, para todos os clones estudados. No entanto, no período úmido, a condutância do tratamento sob sequeiro se aproxima da do irrigado como uma forma de compensar o desenvolvimento pelo retorno da umidade devido ao período chuvoso.

O Conteúdo Relativo de Água foi suficiente para esclarecer as respostas da mandioca para as condições estudadas.

Dentre os clones, Branca apresentou o maior valor de potencial hídrico foliar nas condições estudadas e no período de maior demanda hídrica da atmosfera, sendo esta uma estratégia que evita a desidratação severa da célula.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA. L.S. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.138-169, 2006.

BATISTA, L. A. GUIMARÃES, R. J.; PEREIRA, F. J.; CARVALHO, G. R.; CASTRO, E. M. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.

CALBO, M. E. R. e MORAES, J. A. P. V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, v.9, n.2, p.117-123, 1997.

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

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.

EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.2, p.143-154, 1989.

FIUZA, D. DA S. **Identificação de características agronômicas e fisiológicas relacionadas com a tolerância à seca em mandioca**. 2010. 61

p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

GUIMARÃES, C. M.; BRUNINI, O. e STONE, L. F. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.70–75, 2006.

OBBER, E. S.; SHARP, R. E. Regulation of root growth responses to water deficit. **Advances in Molecular Breeding toward Drought and Salt Tolerant Crops**, p. 33-53, 2007.

OREN, R.; SPERRY, J.S.; KATUL, G.G.; PATAKI, D.E.; EWERS, B.E.; PHILLIPS, N.; SCHAFER, K.V.R. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. **Plant, Cell and Environment**, v.22, n.12, p.1515-1526, 1999.

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. C.; Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.46-58, 2000.

SAMPAIO, A. H. R. **Irrigação com déficit hídrico e eficiência do uso de água em Lima ácida ‘Tahiti’ no semiárido baiano**. 2010. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

RIBEIRO, M. N. O.; CARVALHO, S. P. PEREIRA, F. J.; E CASTRO, E. M. C. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p. 354-36, 2012.

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.

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

SUBBARAO, G. V.; JOHANSEN, A. C.; SLINKARD, R. C.; RAO, N.; SAXENA, N. P. E CHAUHAN, Y. S. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Revista Plant Science**, v.14, p.469-523,1995.

STRECK, N. A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.09, n.04, p.317-322, 2003.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada em todos os estados brasileiros, situando-se entre os nove primeiros produtos agrícolas do País, em termos de área cultivada. Apesar de ser considerada uma cultura tolerante à seca, sob condições de déficit hídrico, a produtividade pode ser reduzida até 60%, trazendo assim prejuízos para o produtor que não dispõe de sistema de irrigação. A solução mais viável para solucionar este problema é o uso de variedades tolerantes a seca. Nesse contexto a irrigação pode ser adotada como alternativa para redução do ciclo produtivo e maximização de produtividade em diferentes regiões do Brasil. Portanto, como a cultura tradicionalmente é cultivada sob sequeiro, há carência de informação sobre a resposta desta cultura à irrigação e melhores épocas de colheita de diferentes genótipos, visando aumentar a produtividade e reduzir o ciclo, possibilitando retorno econômico rápido aos produtores.

Neste trabalho observou-se significativo efeito da irrigação sobre a produtividade dos clones, com destaque principalmente para o cone Imbé o que apresentou maior produtividade de raízes totais com 66,22 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação e 31,60 t.ha<sup>-1</sup> em sequeiro e raízes comerciais 45,64 t.ha<sup>-1</sup> sob irrigação aos dez meses. Tanto a condutância estomática quanto o potencial hídrico foliar são fatores relacionados com a tolerância ao déficit hídrico, funcionando como mecanismo de defesa da planta a restrição de água, verificado para os clones estudados.

**ANEXO**  
**Tabelas da ANAVA**

**Tabela 1:** Resumo da análise de variância com teste F, coeficiente de variação e valores médios das variáveis de massa da parte aérea (MPA) e número total (NTOT) e comercial (NCOM) de raízes tuberosa. Cruz das Almas, 2013.

Fonte de variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		MPA (t.ha <sup>-1</sup> )	NTOT (raiz)	NCOM (raiz)	PRCOM (%)
Bloco	2	44,0054 <sup>ns</sup>	0,0376 <sup>ns</sup>	0,2125*	0,0254 <sup>ns</sup>
Clone	11	592,2764**	1,1754**	0,3270**	0,0318**
Condição	1	4721,1097**	9,2951**	10,0920**	0,4817**
Clone*condição	11	126,8639**	0,0842 <sup>ns</sup>	0,1469*	0,0084 <sup>ns</sup>
Erro 1	46	23,2790	0,0912	0,0663	0,0110
Época	3	3781,9736**	15,31444**	10,5056**	1,0676**
Erro 2	6	76,0710	0,0479	0,0692	0,0037
Clone*época	33	104,4154**	0,1138*	0,0893*	0,0134*
Condição*época	3	500,9299**	0,0418 <sup>ns</sup>	1,1873**	0,0744**
Clone*condição*época	33	28,0379 <sup>ns</sup>	0,0620 <sup>ns</sup>	0,0900*	0,0092 <sup>ns</sup>
Erro 3	138	20,4540	0,0741	0,0564	0,0080
Total corrigido	287				
CV 1 (%)		38,77	16,05	20,65	11,87
CV 2 (%)		70,09	11,64	21,10	6,88
CV 3 (%)		36,34	14,47	19,06	10,16
Média geral		12,44	3,35	1,29	0,31

**Tabela 2:** Resumo da análise de variância com teste F, coeficiente de variação e valores médios das variáveis de produtividade de raízes comerciais (PRC) e percentagem da produtividade comercial de raiz tuberosa (PRC/PTR). Cruz das Almas, 2013.

Fonte de variação	GL	QUADRADO MÉDIO	
		PRC (t.ha <sup>-1</sup> )	PRC/PTR (%)
Bloco	2	57,0398 <sup>ns</sup>	0,0729 <sup>ns</sup>
Clone	11	152,1297**	0,0750 <sup>ns</sup>
Condição	1	4148,8057**	1,3888**
Clone* condição	11	80,1342**	0,1071 <sup>ns</sup>
Erro 1	44	26,182	0,089
Época	2	1923,6627**	0,5749*
Erro 2	4	104,638	0,0437
Clone*época	22	26,1336 <sup>ns</sup>	0,0527 <sup>ns</sup>
Época* condição	2	116,0644*	0,7839**
Clone*época* condição	20	18,7977 <sup>ns</sup>	0,0401 <sup>ns</sup>
Erro 3	63	31,4477	0,0686
Total corrigido	182		
CV (%)		38,12	35,56
Média		14,71	73,68

**Tabela 3:** Resumo da análise de variância com teste F, coeficiente de variação e valores médios das variáveis de produtividade de raízes totais (PRT) e índice de colheita (IC). Cruz das Almas, 2013.

Fonte de variação	GL	QUADRADO MÉDIO	
		PTR (t.ha <sup>-1</sup> )	IC (%)
Bloco	2	2,7000 <sup>ns</sup>	0,0182 <sup>ns</sup>
Clone	11	348,8170**	0,1531**
Condição	1	6184,3918**	0,0663**
Clone* condição	11	77,8502*	0,0102 <sup>ns</sup>
Erro 1	46		0,0067
Época	3	6425,5250**	0,9095**
Erro 2	6		0,0045
Clone* época	32	80,0281**	0,0123 <sup>ns</sup>
Época* condição	3	997,0358**	0,0177 <sup>ns</sup>
Clone* época* condição	31	15,1188 <sup>ns</sup>	0,0094 <sup>ns</sup>
Erro 3	112	30,3207	0,0088
Total corrigido	258		
Cv (%)		37,23	20,30
Média		14,79	46,35

**Tabela 4:** Resumo da análise de variância com teste F, coeficiente de variação e valores médios da variável diâmetro de raízes tuberosas. Cruz das Almas, 2013.

Fonte de variação	GL	QUADRADO MÉDIO
		DRAIZ (cm)
Bloco	2	1,3996 <sup>ns</sup>
Clone	11	2,2738**
Condição	1	4,4433**
Clone* condição	11	0,3930 <sup>ns</sup>
Erro 1	46	0,5616
Época	2	56,8153**
Erro 2	4	0,1818
Clone* época	22	0,3706 <sup>ns</sup>
Condição * época	2	1,5613**
Clone* condição * época	22	0,2117 <sup>ns</sup>
Erro 3	92	0,3026
Total corrigido	215	
CV 1 (%)		16,79
CV 2 (%)		9,56
CV 3 (%)		12,33
Média geral		4,46



**Tabela 5:** Resumo da análise de variância com teste F, coeficiente de variação e valores médios da variável eficiência de uso de água (EUA). Cruz das Almas, 2013.

Fonte de variação	GL	QUADRADO MÉDIO
		EUA (kg.m <sup>-3</sup> )
BLOCO	2	0,3795 <sup>ns</sup>
Clone	11	9,1053**
Condição	1	63,1670**
Clone* Condição	11	1,5610 <sup>ns</sup>
Erro 1	46	0,9261
Época	3	73,4563**
Erro 2	6	0,8091
Clone * Época	32	1,5449**
Época * Condição	3	3,8923**
Clone *Época * Condição	32	0,4749 <sup>ns</sup>
Erro 3	113	0,7054
Total corrigido	260	
cv (%)		35,17
Média		2,38

\*Significativo a 1%; \*\* Significativo a 5%; GL – Graus de liberdade; condição – condição sob irrigação ou sequeiro; época – época de colheita; CV – coeficiente de variação.

**Tabela 6:** Resumo da análise de variância com teste F, coeficiente de variação e valores médios das variáveis conteúdo relativo de água (CRA) e potencial hídrico foliar (PHF). Cruz das Almas, 2013.

Fonte de variação	GL	CRA	PHF
Bloco	1	53,5658 <sup>ns</sup>	0,0023 <sup>ns</sup>
Clone	11	63,055 <sup>ns</sup>	0,0579**
Erro 1	11	43,3758	0,0042
Condição de cultivo	1	1077,561**	8,0215**
Clone*Condição de cultivo	11	56,8578 <sup>ns</sup>	0,0214**
Erro 2	11	31,4114	0,0032
Período avaliado	1	13848,2506**	0,3468**
Clone*Período avaliado	11	38,9915 <sup>ns</sup>	0,0184**
Erro 3	11	29,3099	0,0038
Condição de cultivo*Período avaliado	1	1046,8264**	1,3800**
Clone*Condição de cultivo*Período avaliado	11	35,7951 <sup>ns</sup>	0,0264**
Erro 4	14	46,5519	0,0057
Total corrigido	95		
CV 1 (%)		9,38	5,32
CV 2 (%)		7,98	4,64
CV 3 (%)		7,71	5,13
CV 4 (%)		9,72	6,20
Média geral		70,22	1,21

**Tabela 7:** Resumo da análise de variância com teste F, coeficiente de variação e valores médios da variável condutância estomática. Cruz das Almas, 2013.

Fonte de variação	7 horas				11 horas	
	Período seco		Período úmido		Período seco	Período úmido
	GL	QM	QM	QM	QM	QM
Bloco	1	63,7793ns	950,6090ns	320,3333ns	10502,0833*	
Clone	11	36490,1222**	36169,1571**	15172,3693**	7629,6761**	
Erro 1	11	5786,5391	4293,6417	1501,5378	1355,8446	
Condição	1	1258847,0685**	4183,0135ns	517505,3333**	3605,3333ns	
Clone*Condição	11	45674,8932**	4674,9338ns	6476,9696ns	1903,8446ns	
Erro 2	12	2621,0125	4681,7574	2610,4166	3314,1979	
Total corrigido	47					
CV 1 (%)		16,36	16,76	13,51	12,13	
CV 2 (%)		11,01	17,5	17,81	18,96	
Média geral		464,88	390,95	286,81	303,56	

**Tabela 7** (Continuação)

FV	13 horas			17 horas	
	GL	Período seco	Período úmido	Período seco	Período úmido
		QM	QM	QM	QM
BLOCO	1	1108,5135ns	1381,3802ns	924,4463ns	17,5208ns
Clone	11	14278,0037**	7767,1264**	3740,5136**	2416,9867*
Erro 1	11	2267,0016	1477,0961	269,4849	678,0776
Condição	1	384311,2312**	2008,5468ns	194024,5429**	16650,7500**
Clone*Condição	11	11047,8259	2631,2627*	1147,4556ns	1430,3750ns
Erro 2	12	862,5972	982,5364	1020,5567	1319,7395
Total corrigido	47				
CV 1 (%)		15,9	13,90	13,40	11,51
CV 2 (%)		9,81	11,34	26,07	16,06
Média geral		299,5	276,47	122,55	226,27