

## PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE MANDIOCA COM DOSSÉIS CONTRASTANTES EM DIFERENTES POPULAÇÕES E ÉPOCAS DE COLHEITA\*

*Eli Carlos de Oliveira<sup>1</sup>, Luiz Henrique Campos de Almeida<sup>2</sup>, Teresa Losada Valle<sup>3</sup>, Édison Miglioranza<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Londrina/Departamento de Agronomia UEL/CCA. Rodovia Celso Garcia Cid – Pr 445, km 380, s/n – Campus Universitário, 86057-970 – Londrina, PR, Brasil. elioliveira@uel.br; emiglior@uel.br. <sup>2</sup>Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR; caluizhenrique@msn.com. <sup>3</sup>Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Horticultura. Av. Barão de Itapura 1481, CP 28, 13020-902 - Campinas, SP - Brasil; teresalv@iac.sp.gov.br.

Autor para correspondência: elioliveira@uel.br

\*Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL.

Densidade populacional e época de colheita influenciam na produção de biomassa de mandioca. O presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes densidades populacionais e épocas de colheita de mandioca de diferentes conformações da parte aérea. Foram avaliadas quatro densidades de plantio específicas de cada cultivar: ‘Branca de Santa Catarina’ (BSC), de ramificação baixa e aberta, plantada de 5.000 a 29.000 plantas ha<sup>-1</sup>. ‘IAC 13’, hastes vigorosas e ramificações fechadas, nas densidades de 7.000 a 31.000 plantas ha<sup>-1</sup>. ‘IAC 14-18’, baixa e de ramificações fechadas, nas densidades de 9.000 a 33.000 plantas ha<sup>-1</sup> e ‘Fibra’, que não ramifica, de 11.000 a 35.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com seis repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas; parcelas representadas pela cultivares e subparcelas por épocas de colheita, iniciadas aos 120 dias após o plantio (DAP) até 720 DAP. Foram avaliadas a produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS), através das amostras de raízes, cepa, rama e folhas. Cultivares de parte aérea ramificada, ‘BSC’, ‘IAC 13’ e ‘IAC 14-18’ apresentaram maiores produções das massas nas menores densidades populacionais. Para ‘Fibra’, a biomassa aumentou com o aumento da população. Em todas cultivares, o máximo de produção ocorreu entre 600 e 720 DAP.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta* Crantz; adensamento; cultivares; ramificação.

**Cassava biomass of biological production with canopies contrasting in different populations.** Population density and harvest season influence the production of cassava biomass. The present paper had the objective of evaluating different population densities and harvest times of cassava of different conformations of the aerial part. Four specific planting densities of each cultivar were evaluated: ‘Branca de Santa Catarina’ (BSC), with low and open branching, planted from 5,000 to 29,000 plants ha<sup>-1</sup>. ‘IAC 13’, vigorous stems and closed branches at densities of 7,000 to 31,000 ha<sup>-1</sup> plants. ‘IAC 14-18’ closed branches, 9,000 to 33,000 plants ha<sup>-1</sup> and ‘Fibra’, which does not branch, from 11,000 to 35,000 ha<sup>-1</sup> plants. The experimental design was randomized blocks with six replicates. The treatments were arranged in subdivided plots; plots represented by cultivars and subplots by harvesting times, starting at 120 days after planting (DAP) up to 720 DAP. The total production of fresh mass (FM) and dry mass (DM) were evaluated through the roots, roots, leaves and leaves samples. Cultivars of branched aerial part, ‘BSC’, ‘IAC 13’ and ‘IAC 14-18’ presented higher mass yields at lower population densities. For ‘Fibra’, biomass increased with increasing population. In all cultivars, the maximum production occurred between 600 and 720 DAP.

**Key words:** *Manihot esculenta* Crantz; density; cultivars; branch.

## Introdução

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família Euphorbiaceae a qual tem, como característica, a presença de látex e glicosídeos cianogênicos (Oliveira et al., 2014). É fonte de carboidrato e betacaroteno de baixo custo, o que releva sua significativa importância social em países tropicais e subtropicais de baixa renda, sendo que em muitos desses lugares há condições adversas de clima e ótima opção de cultivo, pois se desenvolve bem em solos profundos, com boa aeração e capacidade de armazenamento de água (Lahai et al., 2013).

No Brasil a área cultivada de mandioca em 2017 foi de quase 1,6 milhões de hectares, com produção de 23,7 milhões de toneladas de raízes. O Estado do Paraná é o terceiro maior produtor de raízes de mandioca, perdendo apenas para Pará e Bahia. O Paraná produz 4,0 milhões de toneladas com o maior rendimento médio, cerca de 25,7 t ha<sup>-1</sup>, maior que o rendimento médio brasileiro, 17,7 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2018).

Embora o rendimento no Paraná seja superior aos principais Estados produtores brasileiros, está bem abaixo do rendimento médio teórico de 90 t ha<sup>-1</sup> estimado em condições ótimas de cultivo segundo Cock et al. (1979) e Ziska et al. (2009). Muitos são os fatores que contribuem para os baixos rendimentos da mandioca, sendo que um deles é o arranjo de plantas na área de cultivo, pois o desafio está na seleção dos melhores espaçamentos conciliados com as cultivares mais produtivas, proporcionando a maximização no uso do solo, nutrientes, luz, água e gás carbônico.

A densidade populacional na cultura da mandioca é dependente de inúmeros fatores, um deles é a arquitetura do dossel vegetativo. De acordo com Streck et al. (2014), espaçamentos menores, devem ser priorizados para cultivares que não ramificam e para os que ramificam, a melhor opção é o menor número de plantas por área. Contudo, faz-se necessário conhecer a arquitetura das plantas para que possa assim evitar a competição intraespecífica das plantas entre e dentro das fileiras de plantio (Schons et al., 2007).

Também na mandiocultura, a época de colheita é um fator importante, podendo influenciar além do teor de amido, a produção da parte aérea, produtividade de raízes tuberosas, dentre outras características agrônomicas (Aguiar et al., 2011; Oliveira et al., 2017).

Para Fukuda et al. (2006), considerando a duração do ciclo da mandioca, as cultivares podem ser classificadas em precoces, quando colhidas com 10 a 14 meses, semiprecoces, de 14 a 18 meses, e tardias, com ciclo acima de 18 meses. A produção de biomassa seca nas raízes está diretamente ligada a cultivar, o local de cultivo e a época de colheita. Embora o teor de amido aumente com a idade da planta, isto tem um determinado ponto de máximo, que cessa quando a lignificação das raízes se inicia, tornando-as fibrosas e duras. Benesi et al. (2008) consideram que conhecer a cultivar de mandioca quanto ao seu ciclo é fator preponderante para avaliar a melhor época de colheita e assim obter retorno econômico mais satisfatórios.

Embora o estudo dos resultados de matéria seca seja mais relevante devido ao processo fisiológico de translocação de fotoassimilados ao longo do ciclo de desenvolvimento das espécies, verificar a produção total de massa fresca para a cultura da mandioca se faz necessária, comparando-a com as médias regionais e nacional para fornecer a ideia exata de produção ao produtor, uma vez que sua comercialização na pós-colheita estar relacionada com o aumento do peso fresco das raízes e dos teores de amido.

Desta forma, salientada a importância da densidade de plantas associada com a definição da melhor época de colheita, este estudo teve por objetivo avaliar diferentes densidades populacionais de mandioca em diferentes épocas de colheita na produção total de massa fresca e seca.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na antiga Estação Experimental de Assis do Instituto Agrônomo, e atual Polo Regional do Médio Parapanema da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), no município de Assis- SP. O clima do município é classificado, de acordo com a classificação de Köppen, do tipo tropical quente e úmido, com pluviosidade média durante o período de condução do experimento de 325 mm, temperatura média de 24,5°C e umidade relativa de 80%, com períodos de chuvas entre os meses de novembro a janeiro.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Escuro distroférico, horizonte A moderado, de textura média fase arenosa (EMBRAPA, 2013). Previamente à instalação do experimento na área destinada a pesquisa foi cultivada soja e com adubações baseada na análise de solo.

Para o preparo do solo, foi utilizado arado de disco à profundidade de 20 cm. Não houve a necessidade de destorroamento e gradagem de niveladora, pois se trata de um solo arenoso. A área foi sulcada a 35 cm e alternando-se linhas de plantio, assim o plantio entre linhas foi 70 cm ou 105 cm, sendo a distância entre plantas foi à necessária para atender as populações desejadas. Foi plantado o número suficiente de plantas para atender o número de colheitas necessárias, portanto as parcelas tiveram tamanhos variáveis. As cultivares utilizadas correspondem cada uma, a um tipo diferente de arquitetura do dossel vegetativo: 'BSC', de uso industrial e hábito de ramificação baixa e aberta, 'IAC 13', de uso industrial de hastes vigorosas e ramificações fechadas, 'IAC 14-18' apresenta com ramificações fechadas e 'Fibra', de uso industrial sem hábito de ramificar-se (Tabela 1).

Os materiais de plantio das cultivares foram produzidos no local onde foi feito o experimento. Para a propagação das plantas, foram utilizadas manivas de boa qualidade fisiológica e sanitária, com 20 cm de comprimento, com no mínimo cinco gemas viáveis, as quais foram distribuídas horizontalmente nos sulcos de plantio a 10 cm de profundidade. A adubação foi realizada, aplicando-se os fertilizantes no fundo do sulco. Foi utilizada como adubação mineral de plantio, 20,0; 80,0 e 30,0 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por hectare, respectivamente.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados completos, com duas repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pela

cultivares com suas respectivas densidades de plantas e as subparcelas pelas épocas de colheita 120, 240, 360, 480, 600 e 720 dias após o plantio (DAP).

As parcelas apresentaram dimensões variáveis a fim de alocar cada densidade mencionada. As subparcelas foram compostas por seis plantas úteis para cada época de colheita dentro de cada densidade. Portanto, o arranjo experimental ficou distribuído em forma de fatorial duplo, totalizando 48 tratamentos para cada cultivar e um total de 192 parcelas envolvendo todas cultivares, densidades e épocas de colheita.

Foram realizadas análises separadas por cultivar entre os fatores em seus respectivos níveis. Assim, foi possível analisar de forma exploratória todos os fatores envolvidos na pesquisa e os testes de hipóteses de suas possíveis interações, não havendo, portanto, a comparação entre as cultivares.

Os resíduos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e homogeneidade de variâncias de Bartlett. Para o ajuste inicial no espaço, realizado em função das densidades, foi adotado o modelo exponencial  $y = a \cdot x^b$  sugerido por Aguiar et al. (2011), por ser este o melhor que representa o efeito das densidades e fenômeno biológico em estudo, os níveis de significância e a complexidade matemática do modelo.

Da mesma forma, procedeu-se o ajuste final no tempo, a partir dos valores estimados na correção inicial em função das épocas de colheita. Para a determinação do modelo de ajuste temporal, seguiu a sugestão do modelo de regressão polinomial do 3º grau, descrito por  $y = a + bx + cx^2 + dx^3$ , por representar a dinâmica do crescimento de raízes de mandioca no primeiro e segundo ciclo (Aguiar et al., 2011).

Os parâmetros avaliados foram: produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS). A MF total foi determinada pela pesagem de amostras de raízes, cepa, rama e folhas por planta, cujas médias foram utilizadas para o cálculo da produtividade em t ha<sup>-1</sup>. A MS foi determinada em subamostras do material fresco, sendo retirados 0,5 kg de raízes, 0,5 kg de cepa, 0,3 kg de lâmina foliar e 0,5 kg de rama, que foram secas em estufa a 65°C, por 72 horas, e em seguida pesadas em balança de precisão e os resultados extrapolados para t ha<sup>-1</sup>.

Com os resultados coletados por planta, a partir dos modelos adotados, na correção espacial (entre densidades) e no tempo (entre colheitas), foram

Tabela 1. Cultivares de mandioca, hábitos de ramificação da parte aérea e densidades populacionais

Cultivares	Hábito de ramificação	Densidades populacionais (Plantas ha <sup>-1</sup> )			
'BSC'	Baixa e aberta	5.000	13.000	21.000	29.000
'IAC 13'	Fechada e alta	7.000	15.000	23.000	31.000
'IAC 14-18'	Fechada e baixa	9.000	17.000	25.000	33.000
'Fibra'	Ausente	11.000	19.000	27.000	35.000

utilizadas para o cálculo das variáveis em toneladas por hectare ( $\text{ha}^{-1}$ ), multiplicando-se os resultados obtidos por planta, pelo número de plantas por ha em cada densidade avaliada. O software utilizado foi o R for Windows versão 2.9.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), pacote ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Português).

## Resultados e Discussão

Para a produção de massa fresca (MF) em toneladas por hectare, foram observados efeitos significativos e independentes dos tratamentos densidade de plantio e época de colheita para 'BSC', 'IAC 13', 'IAC 14-18' e 'Fibra'. Em todas cultivares estudadas, houve comportamento similar em relação à produção de massa seca (MS). A variável MS sofreu efeito significativo dos fatores espaçamentos e épocas de colheita.

Com relação a não significância entre a interação dos fatores, estes resultados diferem daqueles obtidos por Aguiar et al. (2011), que verificaram efeito significativo para densidade de plantas e épocas de colheita de mandioca de mesa, 'IAC 576-70', na variável resposta produção de raízes comerciais por hectare. Na análise individual de produção total de MF e MS, para densidade de plantas foi ajustada ao modelo exponencial, em função da representatividade do fenômeno biológico em questão para duas cultivares, 'BSC' e 'IAC 13'.

Para 'IAC 13', a produção de MF caiu de 58,56 t  $\text{ha}^{-1}$  para 44,62 t  $\text{ha}^{-1}$  (23,8% de redução) e MS a redução correspondeu 19,9%, passando de 23,83 t  $\text{ha}^{-1}$  para 19,08 t  $\text{ha}^{-1}$  nas densidades 31.000 a 7.000 pl  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. O modelo ajustado para 'IAC 14-18' foi linear decrescente, onde é possível verificar um decréscimo médio de 0,3407 t  $\text{ha}^{-1}$  para MF e 0,1813 t  $\text{ha}^{-1}$  à MS, para cada 1000 plantas acrescida na população por hectare (Figura 1).

Para as três cultivares que ramificam, devido a maior área ocupada individualmente por planta, ocorre competição pelos fatores de produção presentes no ambiente, ocasionando redução na produção de biomassa, o que está de acordo com trabalhos de Aguiar et al. (2011) e Cock et al. (1979) que observaram decréscimo na produção de raízes tuberosas e acréscimo na produção de parte aérea

quando há restrições de luminosidade. Para as cultivares que ramificam os resultados de decréscimo na produção de massa, corroboram os resultados de Irolivea et al. (1998) que ao estudarem o comportamento vegetativo e produtivo de três cultivares de mandioca em relação à arquitetura da parte aérea e diferentes espaçamentos, verificaram que cultivares com ramificações abundantes e menores espaçamentos, interferem na produção final de raízes. Desta forma para as cultivares 'BSC', 'IAC 13' e 'IAC 14-18', as melhores densidades são as menores, ou seja, melhores rendimentos são obtidos quando se promove aumento na distância entre as plantas. Isto está relacionado à abertura de ramificação destas cultivares que por sua vez, apresentam-se bem engalhadas.

Contudo, observa-se a influência dos diferentes números de plantas por área e as cultivares que ramificam. Há desta forma, efeito direto dos maiores espaçamentos sobre o aumento da distância entre o centro da planta e as ramificações, indicando que, em condições de espaçamentos que permitam maiores crescimentos laterais, a tendência dos cultivares que ramificam é de tornarem-se mais engalhadas.

Cultivares que ramificam diminuem a produção de sua massa. A variação desta redução pode ser consequência do ajuste da arquitetura das ramificações, sendo que a 'BSC' possui alta plasticidade e ajusta o ângulo de ramificação para melhorar a interceptação a luz. Em contrapartida, a 'IAC 13' apresenta uma menor plasticidade fenotípica, enquanto que 'IAC 14-18' praticamente não altera seu ângulo de ramificação, o que se comprova com os ajustes espaciais (Figura 1). Estas afirmações aqui mencionadas são corroboradas por vários resultados de pesquisas disponíveis na literatura (Bueno, 1987; Nóbrega et al., 1993; Rojas et al., 2007; Alcorn et al., 2007).

Diferentemente das cultivares que ramificam, os resultados médios de produção de biomassa para cultivar Fibra, ajustaram-se ao modelo linear crescente (Figura 1). Este resultado, segundo Lima et al. (2002) é devido ao fato desta cultivar não ramificar, o que faz com que cada planta ocupe uma área menor de terreno, possibilitando aumento na densidade de plantas sem que haja interferências negativas entre plantas vizinhas na mesma linha de plantio.

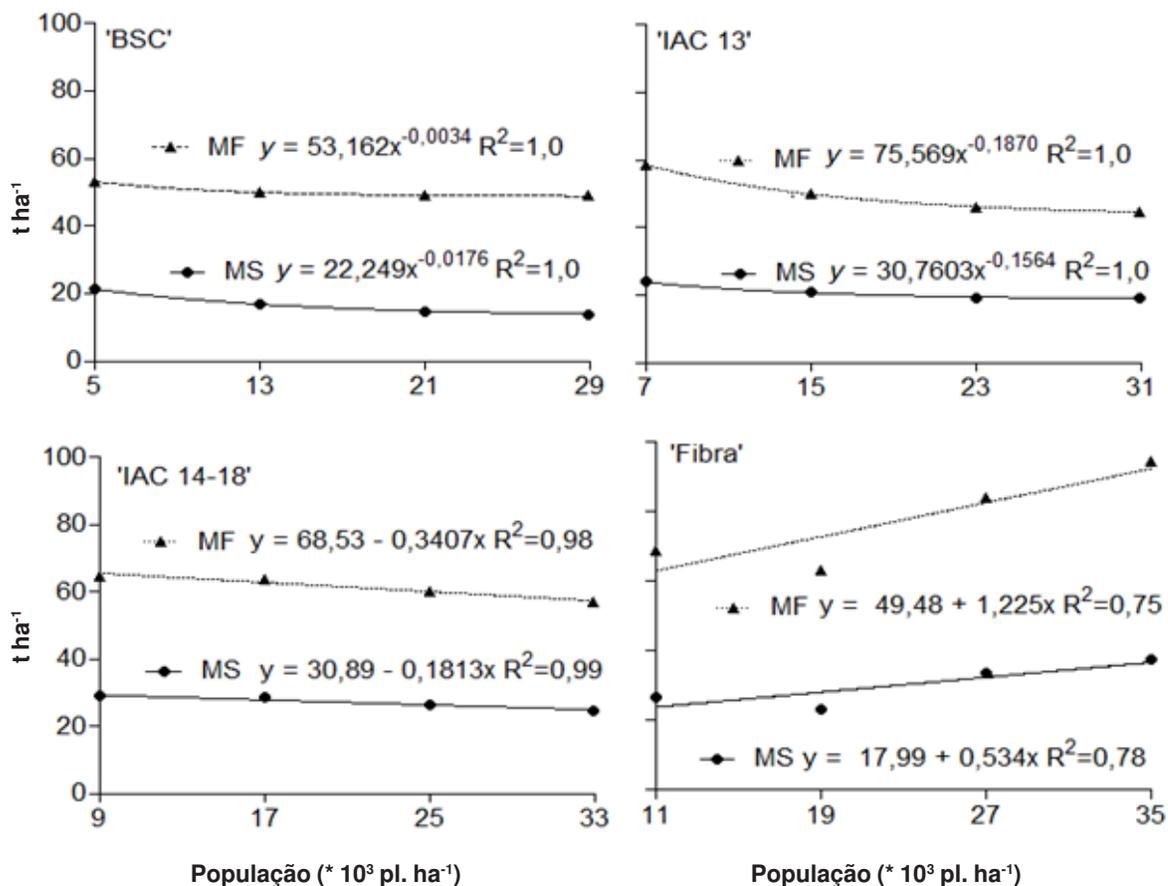


Figura 1. Produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS) em toneladas por hectare de cultivares de mandioca de arquitetura de dosséis contrastantes em função de suas respectivas densidades de plantio (população \*1000 pl ha<sup>-1</sup>), independente da época de colheita.

Desta forma, para 'Fibra' houve aumento do rendimento biológico com o aumento das populações, que neste caso em específico corresponde a 35.000 pl ha<sup>-1</sup>, com uma produção estimada de 36,69 t ha<sup>-1</sup> e 92,36 t ha<sup>-1</sup> de MS e MF, respectivamente. Tais resultados indicam que, possivelmente, as melhores respostas no rendimento de raízes tuberosas para esta cultivar sejam conseguidas com menores espaçamentos.

Do mesmo modo da densidade populacional, foi observado respostas para época de colheita independentemente do número de plantas para todas cultivares. Os dados de produção de MF e MS ajustaram-se bem aos modelos de regressão cúbica, com exceção para 'IAC 14-18' que melhor ajustou-se ao modelo quadrático para MF, enquanto que o modelo que melhor explica o comportamento de produção de MF para 'Fibra' foi linear, diferindo das

sugestões propostas de Aguiar et al. (2011) para ajustes cúbicos em decorrer do tempo de colheita para máxima produção de MF de raízes de mandioca. Os coeficientes de determinação e as equações utilizadas para os ajustes dos modelos estão apresentados na Tabela 2.

Embora a colheita de mandioca possa ser efetuada a partir do oitavo até o vigésimo quarto mês após o plantio, com variações na produtividade das raízes e do percentual de amido. Sob o ponto de vista industrial, as produções mais convenientes têm sido aquelas provenientes de culturas com dois ciclos vegetativos, isto é, com 480 a 720 DAP meses (Takahashi et al., 1998; Mendonça et al., 2003). Esta variação no período de colheita de mandioca se deve segundo Alves (2006), a condições de altas latitudes e altitudes, sendo que as taxas máximas de acumulação de matéria seca nas raízes tuberosas ocorrem entre quatro a seis meses,

Tabela 2. Modelos matemáticos e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para produção total de MF e MS ( $t\ ha^{-1}$ ) de cultivares de mandioca de parte aéreas contrastantes em função da época de colheita

Cultivares		Modelos matemáticos*	$R^2$
'BSC'	MF	$y = -16,55 + 17,70x - 1,16x^2 + 0,025x^3$	0,90
	MS	$y = -29,22 + 12,05x - 0,73x^2 + 0,014x^3$	0,82
'IAC 13'	MF	$y = 0,28 + 12,06x - 0,76x^2 + 0,018x^3$	0,95
	MS	$y = -27,40 + 11,48x - 0,78x^2 + 0,017x^3$	0,94
'IAC 14-18'	MF	$y = 5,53 + 7,62x - 0,183x^2$	0,98
	MS	$y = -27,64 + 10,66x - 0,61x^2 + 0,011x^3$	0,97
'Fibra'	MF	$y = 32,53 + 3,17x$	0,90
	MS	$y = -20,22 + 9,18x - 0,57x^2 + 0,0125x^3$	0,93

\*Significativo ( $p < 0,01$ )

enquanto que em regiões tropicais, sucede-se entre três a cinco meses após plantio.

A época de colheita crítica para 'BSC' na máxima produção de MF estimado foi aos 720 DAP com produção de  $92,49\ t\ ha^{-1}$ . Entretanto, o máximo de produção de MS foi verificado aos 660 DAP, com produção de  $34,03\ t\ ha^{-1}$  (Figura 2). Na última colheita, 720 DAP, foi 'IAC 13' que apresentou, em média, maior rendimento ( $92,12\ t\ ha^{-1}$ ) de MF e ( $44,86$

$t\ ha^{-1}$ ) de MS. Assim, isto pode ser atribuído ao maior ciclo deste material. Esses resultados estão de acordo aos de Fukuda e Borges (1990), os quais verificaram acréscimos nessas variáveis quando a colheita foi realizada mais tardia.

Para 'IAC 14-18' a resposta máxima na produção de MF foi verificada aos 600 DAP produzindo  $84,61\ t\ ha^{-1}$ . Enquanto que a produção de MS ocorreu aos 720 DAP com  $41,20\ t\ ha^{-1}$ . De forma distinta as demais cultivares, 'Fibra' apresentou comportamento linear em função do tempo para produção de MF. Apenas no acúmulo de MS foi verificado

o ponto de flexão aos 720 DAP com acúmulo total de  $48,11\ t\ ha^{-1}$  (Figura 2).

Os resultados obtidos neste estudo, embora tenham sido verificadas algumas distinções entre as cultivares em função da época de colheita, espera-se que a época mais indicada para colher mandioca, seja na época em que as plantas se encontram em período de repouso, condição em que ocorre maior acúmulo de amido (Gray, 2000).

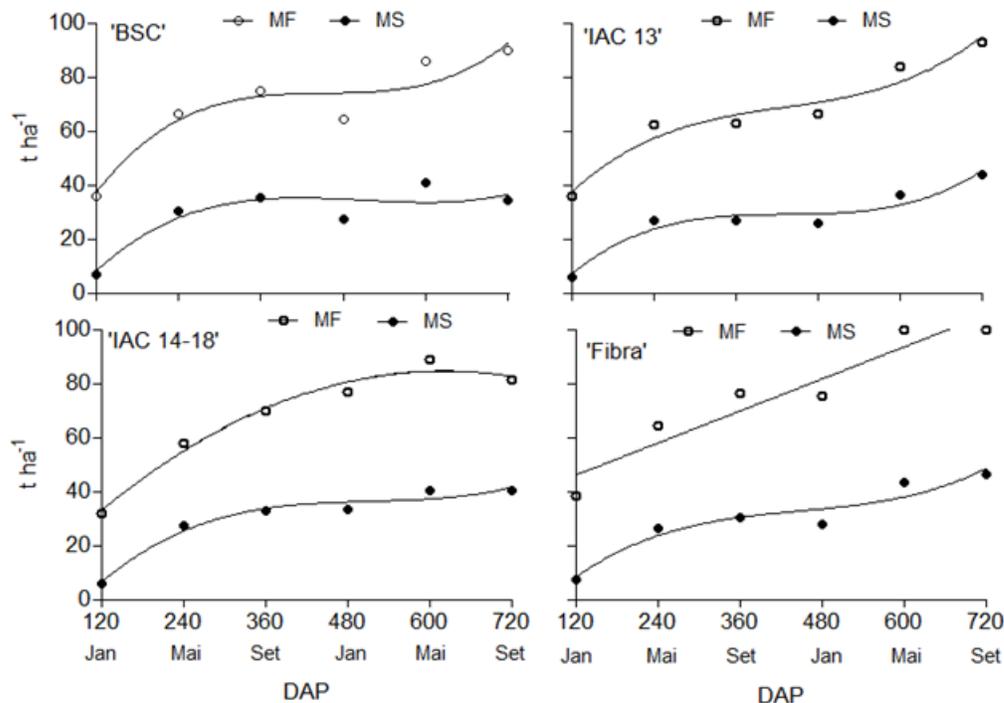


Figura 2. Produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS) em toneladas por hectare de cultivares de mandioca de dosséis contrastantes em função da época de colheita (DAP) em dias, independente da densidade de plantio.

Nas regiões onde ocorrem precipitações pluviométricas durante todo o ano, a melhor época de colheita, considerando o estágio fisiológico, é no período em que as plantas apresentam desfolha total ou parcial, antes que se iniciem as novas brotações. Entretanto, é normal que ocorra variações em relação ao período ideal de colheita, em função, seja do ciclo das cultivares plantadas ou das condições climáticas. Como foi verificado nos trabalhos de Borges et al. (2002) que analisaram 26 acessos de plantas de mandioca, verificaram materiais com altos teores de amido e matéria seca aos 10 meses, enquanto que a produção máxima de massa fresca ocorreu aos 12 meses após o plantio. Da mesma forma Souza e Faruda (1989) ao avaliarem o comportamento de doze cultivares de mandioca, plantadas no início e final das chuvas e colhidas aos 12 e 18 meses no estado do Mato Grosso, observaram maior produtividade de raízes em plantios efetuados no início das chuvas e colhidos aos 18 meses, para todas as cultivares estudadas.

A interação densidade de plantas e época de colheita foi significativa pelo teste F ( $p < 0,01$ ) em relação à produção total de MF, apenas para 'Fibra' (Figura 3). Com os resultados apresentados através de superfície resposta da interação, é possível visualizar o aumento

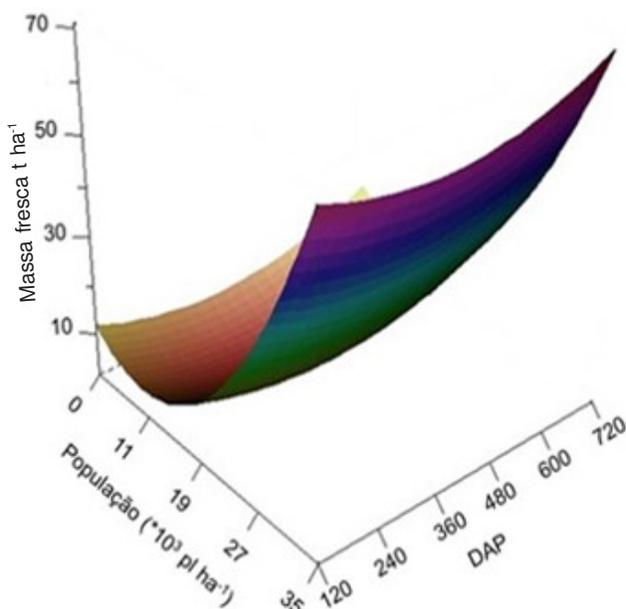


Figura 3. Superfície de resposta para produção total de massa fresca ( $t\ ha^{-1}$ ) de mandioca 'Fibra' em função da população ( $pl\ ha^{-1}$ ) e época de colheita em dia (DAP).

de produção de MF em decorrência do maior número de plantas por área. Ao analisar a interação com o fator época de colheita, observa-se que o maior valor foi obtido aos 720 DAP, quando do aumento do máximo da densidade populacional,  $35.000\ pl\ ha^{-1}$  (Figura 3). Isso se justifica pelo fato desta, tolerar maiores quantidades de plantas por área em função de sua arquitetura vegetativa. Resultados obtidos por Takahashi et al. (1998), com esta mesma cultivar, corroboram com o presente resultado, considerando que este material pode suportar populações de até  $50.000\ pl\ ha^{-1}$  em solos de baixa fertilidade, isto por possuir raízes curtas e parte aérea reta e não muito vigorosa.

## Conclusões

Cultivares com partes aéreas ramificadas, como 'BSC', 'IAC 13' e 'IAC 14-18' apresentaram maiores produções de biomassa em menores densidades de plantas. 'Fibra', que não ramifica, produziu mais biomassa quando a população de plantas foi aumentada. Todas cultivares apresentaram o máximo de produção de biomassa entre os 600 e 720 DAP.

## Agradecimentos

À Fundação Araucária pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor.

## Literatura Citada

- AGUIAR, E. B. et al. 2011. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. *Bragantia (Brasil)* 70 (3):561-569.
- ALCORN, P. J. et al. 2007. Effects of initial planting density on branch development in 4-year-old plantation grown *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus cloeziana* trees. *Forest Ecology and Management* 252(1):41-51.
- ALVES, A. A. C. 2006. Fisiologia da mandioca. In: Souza, L. S. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. 1 ed. Cruz das Almas, BA, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. pp.138-169.

- BENESI, I. R. M. et al. 2008. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. *Euphytica* 160(1):59-74.
- BORGES, M. DE F.; FUKUDA, W. M.; ROSSETI, A. G. 2002. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37(11):1559-1565.
- BUENO, A. 1987. Modificações morfológicas na parte aérea da mandioca causadas pela variação na densidade de plantio. *Revista Brasileira de Mandioca* 6(1):55-70.
- COCK, J. H. et al. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Science* 19(2):271-279.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 353p.
- FUKUDA, W. M. G.; BORGES, M. de F. 1990. Influência da idade de colheita sobre a qualidade de raízes em diferentes cultivares de mandioca de mesa. *Revista Brasileira de Mandioca* 9(1/2):7-19.
- FUKUDA, W. M. G. et al. 2006. Variedades de mandioca recomendadas para o Estados da Bahia. *Revista Bahia Agrícola* 7(3):27-30.
- GRAY, V. M. A. 2000. Comparasion of two approaches for modelling cassava (*Manihot esculenta Crantz*) crop growth. *Annals of Botany* 85(1):77-90.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2018. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro, RJ. 86p.
- IROLIVEA, E. A. M. et al. 1998. Efeito do espaçamento entre plantas e da arquitetura varietal no comportamento vegetativo e produtivo da mandioca. *Scientia Agricola* 55(2):269-275.
- LAHAI, M. T.; EKANAYAKE, I. J.; KROMA, J. P. C. 2013. Influence of canopy structure on yield of cassava cultivars at various toposequences of an inland valley agro ecosystem. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development* 5 (3):36-47.
- LIMA, L. C. L. et al. 2002. Valor nutritivo da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) em função da densidade e altura da planta. *Magistra (Brasil)* 14 (2):89-96.
- MENDONÇA, H. A. de; MOURA, G. de M.; CUNHA, E. T. 2003. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(6): 761-769.
- NÓBREGA, B. N. da et al. 1993. Influencia do arranjo espacial de plantio e da época de remoção da gema apical em algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 28(12):1379-1384.
- OLIVEIRA, N. et al. 2017. Effect of Harvest Time and Nitrogen Doses on Cassava Root Yield and Quality. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 41 (1):150-204.
- OLIVEIRA, E. J. et al. 2014. Genetic parameters and prediction of genotypic values for root quality traits in cassava using REML/BLUP. *Genetics and Molecular Research* 13(1):6683-6700.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2014. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: Austria.
- ROJAS, R. et al. 2007. Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta Crantz*, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía* 24(1):94-112.
- SCHONS, A. et al. 2007. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. *Ciência Rural (Brasil)* 36 (6):1586-1592.
- SOUZA, L. D.; FUKUDA, W. M. G. 1989. Avaliação de variedades de mandioca no Município de SINOP-MT em diferentes épocas de plantio e idades de colheita. *Revista Brasileira de Mandioca* 8(2):61-70.
- STRECK, N. A. et al. 2014. Effect of plant spacing on growth, development and yield of cassava in subtropical environment. *Bragantia (Brasil)* 73 (4): 407-415.
- TAKAHASHI, M.; GUERINI, V. L. 1998. Espaçamento para a cultura da mandioca. *Revista Brazilian Archives of Biology and Technology* 41(4):489-494.
- ZISKA, L. H. et al. 2009. An evaluation of cassava, sweet potato and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland. *Biomass and Bioenergy*, 33(11):1503-1508.