

05 e 06 de junho de 2013 - Ribeirão Preto SP

**ACÚMULO DE BIOMASSA DE MANDIOCA EM DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS**

Eduardo Barreto Aguar<sup>1</sup>; Teresa Losada Valle<sup>2</sup>; José Carlos Feltran<sup>2</sup>, Waldir Antonio Bizzo<sup>3</sup>; Cássia Regina Limonta Carvalho<sup>2</sup>; Ricardo Augusto Dias Kanthack<sup>4</sup>

**RESUMO**

O trabalho avaliou o acúmulo de biomassa na planta de mandioca em diferentes densidades populacionais. O Experimento foi conduzido em Assis-SP no ano agrícola 2001/2002. O plantio foi realizado em agosto e a colheita com 12 meses. Foram avaliadas sete densidades populacionais variando de 5.000 a 20.000 plantasha<sup>-1</sup>. A variedade utilizada foi a IAC 576-70. Os parâmetros avaliados foram: acúmulo de biomassa seca nas raízes tuberosas, nas cepas (maniva-semente) e na parte aérea (hastes e folhas). Os dados observados (kg planta<sup>-1</sup>) foram submetidos à análise de regressão, sendo posteriormente estimada a biomassa (Mg ha<sup>-1</sup>) a partir das equações de regressão obtidas. Com o aumento das densidades populacionais houve redução no acúmulo de biomassa por planta, em todos os parâmetros avaliados segundo o modelo de regressão exponencial  $y = a \cdot x^b$ . Porém, ao observarmos o acúmulo de biomassa por ha, os valores estimados demonstram aumento de produtividade com o incremento das densidades populacionais. Não houve variação no acúmulo de biomassa seca nas diferentes porções das plantas de mandioca em função das densidades de plantio. As raízes representam em média 72% da biomassa total seca, e os subprodutos (parte aérea e cepa) 30%.

**Palavras chave:** *Manihot esculenta* Crantz, bioetanol, biocombustível, energia.

**BIOMASS ACCUMULATION OF CASSAVA IN DIFFERENT POPULATIONAL DENSITIES****SUMMARY**

This study evaluated the accumulation of cassava plant biomass in different population densities. The experiment was conducted in Assis-SP, Brazil in the agricultural years 2001/2002. The planting was carried in August and the harvest after 12 months. Seven population densities were evaluated, between 5,000 and 20,000 plants ha<sup>-1</sup>. The variety used was the IAC 576-70. The parameters evaluated were: dry biomass accumulation in tuberous roots, seed stem and shoot (stems and leaves). The observed data were evaluated by regression analysis with the results obtained by plant (kg plant<sup>-1</sup>) and later estimated by ha (Mg ha<sup>-1</sup>) from the regression equations. With the increase in population densities there was a reduction in the accumulation of biomass per plant in all parameters evaluated according to the exponential regression model  $y = a \cdot x^b$ . When the accumulation of biomass per ha, the estimated values demonstrate increased productivity with increased population densities. There

<sup>1</sup> Pós doutorando FAPESP/IAC-Centro de Horticultura, Av. Barão de Itapura, 1481, Jardim Guanabara, Cxp. 28, CEP 13012-970, Campinas SP. E-mail: aguiareb@msn.com; <sup>2</sup>Pesquisador científico Dr. IAC;

<sup>3</sup>Professor Dr. UNICAMP; <sup>4</sup> Pesquisador científico Dr. APTA Médio Paranapanema.

05 e 06 de junho de 2013 - Ribeirão Preto SP

was no variation in dry biomass accumulation in different parts of the cassava plants in function of planting densities. The roots represent on average 72% of total dry biomass and by-products (shoot and stem seed) 30%.

**Key-words:** *Manihot esculenta* Crantz, bioethanol, biofuel, energy.

## INTRODUÇÃO

O potencial das raízes de mandioca para a produção de energia a base de etanol é bem conhecido (Lorenzi e Monteiro, 1980; Salla, 2010; Yang, 2011). O crescente aperfeiçoamento para a produção de etanol a base de milho nos EUA, vem contribuindo ainda mais para o desenvolvimento de novas tecnologias para produção de etanol a partir de matérias primas amiláceas. Com isso, outras matérias-primas, dentre elas a mandioca, vêm se mostrando como alternativas interessantes ou mesmo competitivas.

Atualmente a biomassa vegetal vem sendo cogitada como a principal fonte de energia para o mundo futuro. Sua conversão para uma forma prontamente disponível, normalmente eletricidade ou combustível fluido, pode ser alcançada através de inúmeras rotas, com vantagens e desvantagens específicas (Mckendry, 2001).

No Brasil, o crescimento da produção de energia elétrica através de conversão térmica com a queima do bagaço da cana-de-açúcar, mostrou-se eficiente em termos industriais e estratégico para o país. A biomassa residual da cultura da cana de açúcar (ponteiros, folhas verdes e palhas) representa aproximadamente 40% do equivalente energético total da cultura Ripoli e Molina (1991).

Tanto a produção de etanol como a cogeração de energia de biomassa no Brasil, está concentrada na cultura da cana-de-açúcar. Em uns pais de proporções continentais como o Brasil, com vasta diversidade edafoclimática, outras matérias primas adaptadas às estas diferentes condições se faz necessária e estratégica. Nesse contexto, a cultura da mandioca é cogitada como uma boa alternativa, pois apresenta potencial produtivo elevado de biomassa e de amido por área, principalmente em solos de baixa fertilidade e regiões com restrições pluviais.

Assim como a cultura da cana-de-açúcar a cultura da mandioca gera subprodutos, os quais são descartados no campo após a colheita. Pode-se considerar como subprodutos da cultura da mandioca as hastes, folhas e cepa (manivas-semente), os quais podem produzir entre 15 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Lorenzi, 2012) podendo ser aproveitados como insumo energético. O teor de matéria seca da cepa gira em torno de 40% e da parte aérea varia entre 20 a 30%. De maneira geral os subprodutos da cultura da mandioca podem chegar a 55% da biomassa total seca. Esses valores variáveis, principalmente em função da variedade, das práticas culturais e do estágio fenológico das plantas (Aguilar, 2011).

Recentes estudos tem demonstrado potencial de uso para os subprodutos da cultura da mandioca como fonte energética. Veiga (2012) relatou poder calorífico superior de 16,34 MJ kg<sup>-1</sup> para parte aérea e 18,95 MJ kg<sup>-1</sup> para cepa, sendo esses valores muito próximos a outras biomassas vegetais, podendo ser utilizados em caldeiras para a geração de energia.

## MATERIAL E MÉTODOS

05 e 06 de junho de 2013 - Ribeirão Preto SP

No plantio foi realizada adubação com a fórmula 4-20-20 + 0,5% de Zn (Lorenzi, 2012). A variedade utilizada foi a IAC 576-70. O plantio foi realizado 30 de julho de 2001, com manivas de 15 cm de comprimento, dispostas horizontalmente no sulco, na profundidade entre 5 a 10 cm.

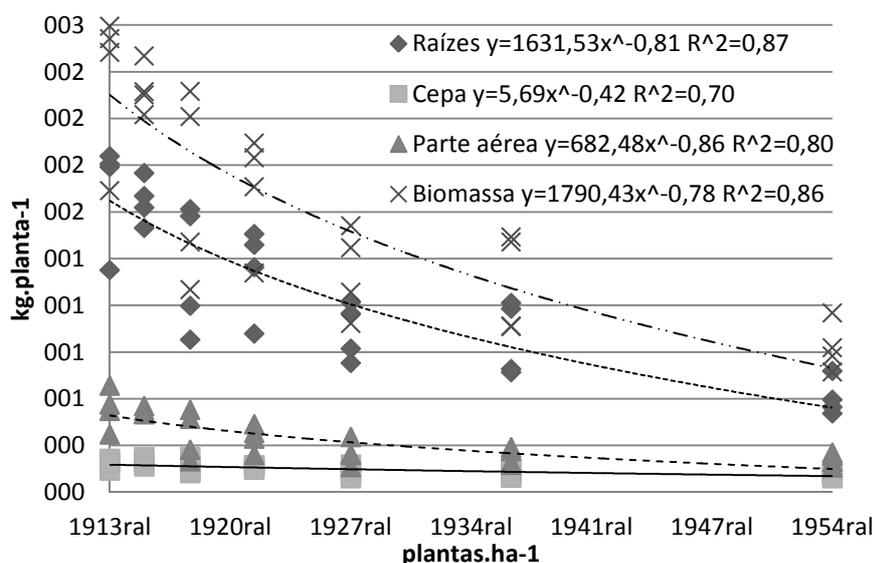
Os tratamentos avaliados foram cinco densidades populacionais: 5.000, 5.714, 6.667, 8.000, 10.000, 13.333 e 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Cada densidade de plantio foi representada por 10 plantas, sendo oito úteis, dispostas em parcelas trapezoidais conforme modelo descrito por Aguiar (2003). Foram utilizadas quatro repetições e avaliados os parâmetros: biomassa seca das raízes, cepas e parte aérea.

A biomassa seca de cada parâmetro foi aferida nas respectivas parcelas. Separaram-se 10 raízes tomadas ao acaso que foram trituradas, homogeneizadas, e retiraram-se amostras de 500g. A parte aérea e cepa foram aferidas em três plantas, trituradas em picador de forragem em amostra de 300g. As amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 60° C até peso constante e calculado o teor de matéria.

Os dados médios observados, por planta, foram avaliados por análise de regressão, segundo o modelo  $y = a.x^b$ . A partir das equações de regressão foi estimada a biomassa seca acumulada em Mg ha<sup>-1</sup> de cada parâmetro (Aguiar 2003). Também foram calculados os percentuais relativos de cada parâmetro (raízes, parte aérea e cepa) em relação à biomassa seca total acumulada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biomassa seca total, assim como a biomassa seca das raízes, parte aérea e cepa, decresceram segundo o modelo  $y=a.x^b$  com o incremento das densidades populacionais (figura 1). Esse fenômeno embora pouco explorado nos trabalhos publicados é conhecido nas plantas de mandioca, e demonstra a maior competição por luz, água e nutrientes entre os indivíduos submetidos a uma maior competição de espacial (Enyi, 1973; Cock, 1977; Barros et al., 1978; Aguiar, 2003).



05 e 06 de junho de 2013 - Ribeirão Preto SP

## Figura 1. Biomassa seca de mandioca ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) em diferentes densidades populacionais.

Todavia, estimativas de produtividade de biomassa por unidade de área,  $\text{Mg ha}^{-1}$  (Figura 2), mostram o incremento na produtividade de raízes, parte aérea e cepa, conseqüentemente a biomassa total, com o aumento das densidades populacionais. Entre a densidade de 5.000 e 20.000  $\text{plantas ha}^{-1}$  a biomassa seca de raízes aumentou 30%, de 8,22 para 10,71  $\text{Mg ha}^{-1}$ , a biomassa da parte aérea aumentou 21%, de 2,22 para 2,69  $\text{Mg ha}^{-1}$ , a biomassa da cepa aumentou 113%, de 0,80 para 1,79  $\text{Mg ha}^{-1}$  e a biomassa total acumulada aumentou 35% de 11,24 para 15,18  $\text{Mg ha}^{-1}$  (Figura 2). Fato também observado por diversos autores (Normanha e Pereira, 1950, Enyi, 1973; Cock, 1977; Aguiar, 2011), embora Furtado et al. (1980) relatem a redução da produtividade de raízes com o aumento das densidades populacionais.

Dados referentes à produtividade de parte aérea e cepa em função das densidades de plantio são escassos na literatura. Aguiar (2011) observou aumento na produtividade desses parâmetros com o incremento das densidades de plantio. Esse fenômeno pode ser entendido considerando que embora o desenvolvimento individual das plantas tenha reduzido com o incremento das densidades populacionais (Figura 1), o efeito aumento no número de indivíduos com o aumento das densidades populacionais, superou o decréscimo individual observado por planta, proporcionando as maiores produtividades de biomassa seca para todos os parâmetros avaliados (Figura 2).

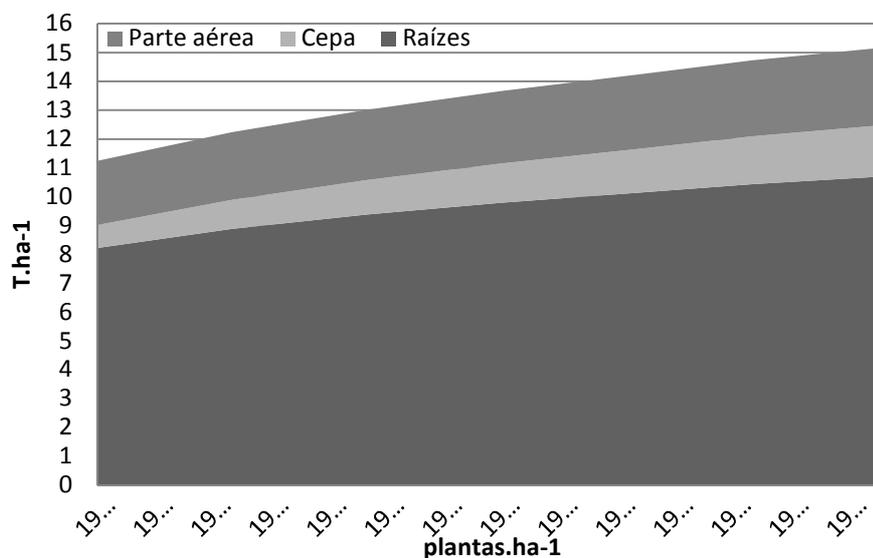


Figura 2. Estimativa da biomassa seca acumulada de mandioca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em diferentes densidades populacionais.

Quanto à distribuição e acúmulo de biomassa seca nas diferentes partes das plantas, nota-se uma variação pouco significativa em função das densidades populacionais para raízes e parte aérea, variando de 2,62e 2,04%

05 e 06 de junho de 2013 - Ribeirão Preto SP

respectivamente, entre 5.000 e 20.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). No entanto, essa variação foi maior para a cepa (4,66%). Esses resultados demonstram uma alta capacidade das plantas de mandioca em se ajustar a condições de maior competição, denominada de “plasticidade”. Mesmo em condições de alta competição entre plantas (20.000 plantasha<sup>-1</sup>), houve uma pequena alteração na distribuição e acúmulo de assimilados nas diferentes partes das plantas de mandioca (Tabela 1). Esses resultados discordam de outros autores que observando dados obtidos em base úmida, afirmam que em altas densidades de plantio as plantas de mandioca tendem a acumular mais biomassa na parte aérea em detrimento das raízes (Enyi, 1972; Williams, 1972; Barros et al., 1978, Lorenzi, 2012, Aguiar, 2003).

**Tabela 1. Partição da biomassa seca de mandioca em raízes, parte aérea e cepa (%) em relação à biomassa total acumulada em diferentes densidades populacionais.**

Densidade populacional	Raízes	Cepa		Parte aérea
		%		
5000	73,15	7,11		19,74
7500	72,57	8,26		19,17
10000	72,07	9,18		18,76
12500	71,62	9,95		18,42
15000	71,22	10,63		18,15
17500	70,86	11,23		17,91
20000	70,53	11,77		17,70
Média	71,72	9,73		18,55

## CONCLUSÕES

Altas densidades de plantio proporcionam aumentos significativos tanto no acúmulo de biomassa seca de raízes, como em seus subprodutos (parte aérea e cepa).

Independente das densidades de plantio, os subprodutos da mandioca correspondem em média a 30% da biomassa total acumulada.

## LITERATURA CITADA

AGUIAR, E. B. **Estudo da poda da mandioca**. 2011, 144 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNESP, Botucatu, 2011.

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

BARROS, R. S.; MERCÊS, W. C. ALVIM, R. Sink strength and cassava productivity. **Hortscience**, Alexandria, v. 13, n. 14, p. 474-475, 1978.

COCK, J. H.; WHOLEY, D.; CASAS, O. G. de las. Effect of spacing on cassava (*Manihot esculenta*). **Experimental Agriculture**. Great Britain, v. 13, n. 3, p. 289-299, 1977.

05 e 06 de junho de 2013 - Ribeirão Preto SP

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

ENYI, B. A. C. Effect of shoot number and time of planting on growth, development and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Horticultural Science**, Sierra-Leone, v. 47, n. 4, p. 457-456, 1972.

ENYI, B. A. C. Growth rates of three cassava varieties (*Manihot esculenta* Crantz) under varying population densities. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 81, n. 1, p. 15-28, 1973.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. 2 ed. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 2012. 129 p. (Boletim técnico, 245)

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A. **A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) como matéria-prima para a produção de etanol no Brasil**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1980. 80 p. (Boletim técnico, 67).

MCKENDRY, P. Energy production from biomass part 2: conversion technologies. **Bioresource Technology**, Essex, n. 82, p. 47-52, 2001.

NORMANHA, E. S.; PEREIRA, A. S. Aspectos agrônômicos da cultura da mandioca. **Bragantina**, Campinas, v. 10, n. 7, p. 179-202, 1950.

RIPOLI, T. C. C.; MOLINA JUNIOR, W. F. Cultura canavieira: um desperdício energético. **Maquinaria Agrícola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 2-3, jan. 1991.

SALLA, D. A. *et al.* Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 444-448, 2010.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia do Paraná – Uruguai, 1996. 61 p.

VEIGA, J. P. S. **Caracterização de resíduos de colheita da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e avaliação do potencial de co-geração de energia no processo de produção de etanol**. 2012. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-UNICAMP, Campinas, 2012.

WILLIAMS, C. N. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*): III. Crop ratio, spacing and yielding. **Experimental Agriculture**, Great Britain, v. 8, n. 1, p. 15-23, 1972.

YANG, H.; CHEN, L.; YAN, Z.; WANG, W. Energy analysis of cassava-based fuel ethanol in China. **Biomass and Bioenergy**. v. 35, n. 1, p. 581-589, 2011.