



ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA DE RAÍZES TUBEROSAS EM CULTIVARES DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) NO NORDESTE BRASILEIRO

Emiliano Fernandes Nassau Costa¹; Hélio Wilson Lemos de Carvalho¹; Marco Antônio Sedrez Rangel², Vanderlei da Silva Santos², João Licínio Nunes de Pinho³, Maria Cléa Santos Alves⁴

¹ Pesquisador Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju/SE, e-mail: emiliano.costa@embrapa.br; helio.carvalho@embrapa.br

² Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA. Email: rangel@cnpmf.embrapa.br; vssantos@cnpmf.embrapa.br

³ Pesquisador da CENTEC, RN. Email: licinio@centec.org.br

⁴ Pesquisadora da EMPARN, RN. Email: emparn@rn.gov.br

Introdução

Na Região Nordeste do Brasil a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) desempenha função de destaque socioeconômico, por ser uma das principais fontes de calorias para a população nordestina, sobretudo para a população rural, sendo ainda importante matéria prima para agroindústrias e geradora de emprego e renda, principalmente para pequenos agricultores (CARDOSO, 2003).

O Brasil colheu em 2010 aproximadamente 1,8 milhão de hectares, com uma produção estimada em 24,5 milhões de toneladas de raízes frescas colhidas (IBGE, 2010), desta forma destacando-se como um dos maiores produtores mundiais deste produto. A Região Nordeste do Brasil, com cerca de 816 mil hectares colhidos, responde por 45,6 % da área colhida no país, com uma produtividade de 9,87 ton/ha.

A seleção de cultivares com alto potencial para a produtividade, elevada estabilidade de produção e alta capacidade de adaptação às condições para as quais será indicada, aliada a atributos agrônômicos superiores, é o principal objetivo dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada (ALLARD, 1999). Para que o genótipo ideal possa ser identificado, é necessária a realização de experimentos em diferentes condições ambientais (local, ano, épocas de plantio e de colheita), em que vários genótipos são avaliados (CARGNIN et al. 2006).

O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho produtivo de raízes tuberosas e estimar a adaptabilidade e a estabilidade de cultivares de mandioca quando submetidas a diferentes condições ambientais no Nordeste brasileiro.

Material e Métodos

Foram utilizados dados de produtividades de raízes tuberosas provenientes dos ensaios de avaliação de cultivares de mandioca, coordenados pela Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Mandioca e Fruticultura, realizados no decorrer dos anos agrícolas de 2008, 2009, 2010 e 2011, nos Estados da Bahia, Sergipe, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Totalizou-se 29 ambientes de avaliação.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições e 18 tratamentos. Cada parcela foi formada por quatro fileiras de 6,0m de comprimento, espaçadas de 1,0m e, com 0,6m entre covas dentro das fileiras. As ramas foram cortadas em segmentos de 0,20m, as quais foram plantadas na

posição horizontal a uma profundidade de 0,10m. A parcela útil foi formada pelas duas fileiras centrais de forma integral, correspondendo a uma área útil de 12m².

Foi avaliada a produtividade de raízes tuberosas (PR). Foram realizadas análises de variância individuais e a uma análise de variância conjunta envolvendo os 29 ambientes. As análises de variância individuais e conjunta foram realizadas com o auxílio do software SAS versão 8.2, módulo SAS/STAT, procedimento GLM. Uma vez constatada a presença de interação genótipos x ambientes (G x A), procedeu-se à análise de estabilidade utilizando o método proposto por Cruz et al. (1989), que permitiu mensurar a adaptação e a estabilidade produtiva das cultivares.

O método de Cruz et. al. (1989) baseia-se na análise de regressão bissegmentada, tendo como parâmetros de adaptabilidade à média (b_0), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (b_1) e aos ambientes favoráveis (b_1+b_2). A estabilidade das cultivares é avaliada pelos desvios da regressão (s^2d) de cada material, de acordo com as variações ambientais. Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i}I_j + b_{2i}T(I_j) + \sigma_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que: Y_{ij} : média da cultivar i no ambiente j ; I_j : índice ambiental; $T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$; $T(I_j) = I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos; b_{0i} : média geral da cultivar i ; b_{1i} : coeficiente de regressão linear associado à variável I_j ; b_{2i} : coeficiente de regressão linear associado à variável $T(I_j)$; σ_{ij} : desvio da regressão linear; ε_{ij} : erro experimental médio associado à observação.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises de variância individuais referentes à produção de raízes tuberosas revelaram a existência de diferenças significativas a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F entre as cultivares, em todos os ambientes, exceção feita a um único ambiente, onde as cultivares não se diferenciaram (Tabela 1). Portanto, evidencia-se a existência de variabilidade de potencial para a produtividade de raízes tuberosas entre as cultivares avaliadas, nas diferentes condições ambientais do nordeste brasileiro.

As médias de produtividades nos ambientes de raízes tuberosas que variaram, respectivamente, de 61,12 ton/ha a 25,61 ton/ha são evidências das diferenças pronunciadas no potencial de produtividade da mandioca, nos ambientes considerados. Neste sentido, entre os 29 ambientes avaliados, 11 foram classificados como favoráveis (índices de ambiente positivos) e 18 como desfavoráveis (índices de ambiente negativos).

Os coeficientes de variação das análises de variância individuais apresentaram valores entre 7,4 % e 22,3 %, indicando, assim, que a precisão experimental variou de boa a muito boa nos ensaios, conforme critérios adotados por Lúcio et al., (1999). A relação entre o maior e o menor valor da variância do erro experimental foi de 6,78, o que mostra que as variâncias do erro experimental podem ser consideradas homogêneas, sem impedimento para a realização da análise conjunta.

Tabela 1. Resumo da análise de variância individual de 29 ambientes referente ao caráter produção de raízes tuberosas no nordeste brasileiro nos anos agrícolas 2008, 2009, 2010 e 2011.

Ambiente	QM		Média	CV
	Cultivar	Erro		
Lagarto/15M/2008	76,4**	16,1	38	10,6
Lagarto/18M/2008	110,9**	25,7	37	13,7
Dores/16M/2008	245,8**	32,7	32	18
Dores/19M/2008	80,6**	14,1	32	11,6
Dores/22M/2008	78,7**	26,1	35	14,6
São Domingos/16M/2008	253,9**	15,5	38	10,3
Umbaúba/12M/2008	127,5**	12,5	37	9,6
Umbaúba/15M/2008	124,7**	28,5	42	12,8
Umbaúba/18M/2008	123,4**	28,1	45	11,7
Dores/14M/2009	55,3 ns	32,6	26	22,3
Dores/16M/2009	89,9**	10,8	29	11,5
Dores/21M/2009	293,0**	73,3	51	16,8
Lagarto/12M/2009	120,3**	17,6	32	13
Lagarto/14M/2009	89,0**	27,6	36	14,5
Lagarto/18M/2009	321,2**	46,7	54	12,6
Dores/12M/2010	78,3**	15	35	11
Lagarto/12M/2010	81,4**	16,9	40	10,3
Lagarto/15M/2010	76,8**	14,8	39	9,9
Ribeira do Pombal/15M/2010	72,3*	35,7	32	18,7
Ribeira do Pombal/18M/2010	106,7**	13,1	38	9,5
Glória Goita/18M/2010	246,9**	21	43	10,8
Vera Cruz/14M/2010	254,6**	18,6	28	15,3
Jiqui/14M/2010	257,1**	17,9	32	13,2
Cruz das Almas/12M/2011	87,3**	14,8	39	9,9
Cruz das Almas/15M/2011	283,4**	67,5	61	13,4
Umbaúba/12M/2011	288,2**	26,9	48	10,7
Umbaúba/15M/2011	223,6**	15,9	54	7,4
São Domingos/12M/2011	106,8**	33,9	35	16,4
São Domingos/15M/2011	161,9**	17,4	35	12,1

** e* Significativos, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F

Constatada a presença da interação cultivares x ambientes, procurou-se verificar as respostas de cada uma delas nos ambientes considerados (Tabela 2) pelo método de Cruz et al., (1989), que descreve como cultivar ideal aquela que expressa alta produtividade média ($b_0 > \text{média geral}$), adaptabilidade aos ambientes desfavoráveis (b_1 o menor possível), responsividade à variância ambiental ($b_1 + b_2$ o maior possível) e, variância dos desvios da regressão igual a zero (alta estabilidade nos ambientes considerados). Além do preconizado pelo modelo proposto, considerou-se como cultivar de melhor adaptação, aquela com produtividade média de raízes acima da média geral.

Considerando as nove cultivares que expressaram melhor adaptação ($b_0 > \text{média geral}$), 7 apresentaram estimativas de b_1 significativamente diferentes da unidade, e 2 apresentaram estimativas de b_1

não significativas ($b_1=1$), o que evidencia comportamento diferenciado dessas cultivares em ambientes desfavoráveis.

A cultivar ideal preconizada pelo modelo bissegmentado ($b_0 > \text{média geral}$, $b_1 < 1$, $b_1 + b_2 > 1$ e desvios da regressão igual a zero) não foi encontrada no conjunto avaliado (Tabela 2). Apesar disso, as cultivares BRS Caipira, BRS Tapioqueira, Iará e BRS Poti Branca, por apresentarem altas médias de rendimento nas condições desfavoráveis, podem ser recomendados para essas condições de ambiente. As cultivares Mestiça e BRS Verdinha, de adaptabilidade geral ($b_1=1$) e bom desempenho nos ambientes desfavoráveis, poder também ser utilizadas nas condições desfavoráveis. No grupo de cultivares de melhor adaptação encontraram-se cultivares que atenderam aos requisitos necessários para adaptação aos ambientes favoráveis ($b_0 > \text{média geral}$, b_1 e $b_1 + b_2 > 1$), a exemplo das cultivares BRS Caipira, BRS Tapioqueira, Iará, BRS Poti Branca, Clone 9783/13 e Kiriris. As cultivares Mestiça e BRS Verdinha, com estimativas de $b_0 > \text{média geral}$ e $b_1=1$, evidenciaram adaptabilidade geral, justificando suas recomendações para as diferentes condições de ambientes.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 18 cultivares de mandioca em 29 ambientes, no decorrer dos anos agrícolas 2008, 2009, 2010 e 2011, pelo método de Cruz et al (1989). CV(%) = 13 e média = 38 ton/ha.

Cultivares	Médias de grãos (kg/ha)			b1	b2	b1+b2	s2d	R2 (%)
	Geral	Desfavorável	Favorável					
Caipira	47a	41	56	1,09**	0,34**	1,43**	207,73**	62
Tapioque	44b	38	53	1,14**	0,06 ns	1,20**	46,20**	87
Irara	43b	37	53	1,22**	0,24**	1,45**	119,63**	77
Pbranca	42c	36	52	1,12**	-0,03 ns	1,09*	132,69**	68
978313	42c	35	53	1,24**	0,49**	1,74**	80,96**	85
Lagoão	41d	35	51	1,30**	-0,42**	0,87**	89,04**	79
Kiriris	40d	34	50	1,08**	0,07 ns	1,15**	104,97**	73
Mestiça	40d	35	47	1,03 ns	-0,15**	0,88**	96,82**	70
Verdinha	38e	34	46	0,97ns	-0,01 ns	0,96 ns	92,67**	70
Mucuri	37e	32	46	1,05 ns	-0,20**	0,85**	55,71**	81
Caravela	37e	32	46	1,07**	-0,02 ns	1,05 ns	90,81**	75
Tiangua	37e	32	44	0,88**	-0,09 ns	0,79**	151,15**	53
Jarina	36f	32	41	0,73**	-0,05 ns	0,68**	106,59**	53
Ppreta	35f	30	43	0,92**	0,00 ns	0,92 ns	74,28**	73
Jale	35f	31	42	0,84**	-0,08 ns	0,75**	51,33**	75
Mulati	33g	29	40	0,82**	-0,27**	0,55**	154,70**	46
Aburro	31h	27	37	0,80**	-0,01 ns	0,79**	78,88**	66
Aramaris	31h	27	36	0,70**	0,12**	0,82**	77,47**	62

** e* Significativos, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste t de Student, respectivamente para b1, b2 e b1+ b2. * e

** Significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F para s2d. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Conclusões

A cultivar BRS Caipira é superior nas condições de ambientes favoráveis, seguida da cultivar BRS Tapioqueira, justificando suas recomendações para esse tipo de ambiente. As cultivares Mestiça e BRS Verdinha evidenciam adaptabilidade ampla, justificando suas recomendações para diferentes tipos de ambientes.

Referências

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2nd Ed. New York : John Wiley & Sons, 1999. 254p.

CARDOSO, C. E. L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia industrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2003. 188p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARGNIN, A.; SOUZA, M . A. de.; CARNEIRO, P. C. S.; SOFIATTI, V. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com a seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 987-993, 2006.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.3, p.567-80, 1989.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.

<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listab1.asp?z+t&o=11&i=P&c+1612>. Acesso em 2010

LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; BANZATTO, D. A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto à sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 5, p.99-103, 1999.