

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA COM ÍNDICES NÃO PARAMÉTRICOS

Lauro Saraiva Lessa¹; Carlos Alberto da Silva Ledo²; Vanderlei da Silva Santos³

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, CPAF/AC. E-mail: lauro.lessa@embrapa.br

2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. E-mail: carlos.ledo@embrapa.br

3 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. E-mail: vanderlei.silva-santos@embrapa.br

1 RESUMO

Este trabalho objetivou selecionar genótipos de mandioca com base em três índices não paramétricos. Avaliaram-se oito genótipos de mandioca com base nas características: altura de plantas e da primeira ramificação, produtividade da parte aérea e do terço superior, número médio de raízes, comprimento e diâmetro médio das raízes, produtividade de raiz, farinha, amido e índice de colheita. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias aos índices multiplicativo, de soma de classificação e distância genótipo-ideótipo. O índice multiplicativo classificou a BRS Tapioqueira, a BRS Caipira e o híbrido 9783-13, em primeiro, segundo e terceiro lugares, respectivamente. Os índices de soma de classificação e distância genótipo-ideótipo selecionou em primeiro e segundo os mesmos genótipos que o índice multiplicativo, porém em terceiro foi observado a BRS Kiriris. Os três índices estudados apresentaram elevado grau de correspondência, com correlações de Spearman acima de 80%. Assim, as variedades BRS Tapioqueira, BRS Caipira e BRS Kiriris, apresentam potencial para incorporação no sistema produtivo de mandioca da região. O 9783-13 mostrou-se superior aos demais híbridos estudados. Os índices de soma de classificação e da distância genótipo-ideótipo propiciam uma classificação mais coerente.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, Índice multiplicativo, Índice soma de classificação, Índice distância genótipo-ideótipo, Variabilidade

SELECTION OF CASSAVA GENOTYPES WITH NON-PARAMETRIC INDICES

2 ABSTRACT

This experiment intended to select cassava genotypes based on three non-parametric indices. Evaluated eight cassava genotype as to characteristics plant height and first branches, productivity of the aerea and superior third part, average number of roots per plant, length and diameter average of the roots, productivity of the root, flour and starch productivity. The data were submitted into analysis of variation and the average to the indices: multiplicative, sum of position or classification and of the ideotype-genotype distance. The multiplicative index classified the BRS Tapioqueira, the BRS Caipira and the 9783-13, on first, second and third respectively. The classification index and ideotype-genotype distance index, similar to the multiplicative index, classy on first and second the same genotypes, but on third we observe the variety BRS Kiriris. Similar to the previous one, the ideotype-genotype distance index classified the BRS Tapioqueira on third, the BRS Caipira on second and the BRS Kiriris on third. The three studied indices presented high degree of correspondence, with correlation over 80%. Then, the varieties BRS Tapioqueira, BRS Caipira and BRS Kiriris presented potential for incorporation on the productive cassava system of the region. Besides, the hybrid 9783-13 showed itself superior of the other studied hybrids. The sum of classification and ideotype-genotype distance indices offer a more coherent classification.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, Multiplicative index, Index rating sum, Index distance genotype-ideotype, Variability

3 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) representa grande alimentar e social, pois representa uma importante fonte de carboidrato para milhões de pessoas no mundo (VIEIRA et al., 2013). O Brasil, maior centro de diversidade do gênero *Manihot* (ALLEM, 2002) e provável centro de origem da espécie cultivada (OLSEN, 2004), é o quarto maior produtor da cultura, estando atrás de Nigéria, Indonésia e Tailândia (FAO, 2017). Dentre os estados da federação, destacam-se o Pará, seguido do Paraná e Bahia (IBGE, 2017).

Apesar de se adaptar aos diversos agroecossistemas, a cultura apresenta alta interação genótipo x ambiente, apresentando adaptação específica às condições edafoclimáticas de uma determinada região (OTSUBO et al., 2009). Segundo Fukuda (2005) vários fatores colaboram para o baixo desempenho produtivo da mandioca nas lavouras. Dentre eles, pode-se citar o uso de material genético de baixo potencial produtivo, a falta de manejo básico do solo (VIEIRA et al., 2007) aliado à incidência de pragas e doenças.

A obtenção de genótipos com médias aceitáveis em características de interesse não é fácil, necessitando de métodos que auxiliem o melhorista na tomada de decisão (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999). Para facilitar a seleção de genótipos superiores, desenvolveram-se os índices de seleção, os quais se constituem num caráter adicional, estabelecido por meio da combinação ótima de várias características, de forma a permitir, de maneira eficiente, a seleção simultânea (LESSA et al., 2010; ROCHA et al., 2012), tendo como objetivo melhorar o valor fenotípico da população sob seleção.

Smith (1936) propôs a teoria do índice de seleção, amplamente empregado no melhoramento de plantas. Os demais índices desenvolvidos posteriormente, para uso em situações específicas (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999; LIN, 1978; PESEK; BAKER, 1969) requerem estimativas de parâmetros genéticos, sendo denominados de índices paramétricos. O emprego desses índices é mais apropriado em populações ou quando os genótipos formam uma amostra aleatória.

Há ainda, os índices de seleção não paramétricos. Esses não necessitam de estimativas de parâmetros genéticos e podem ser aplicados tanto em amostras aleatórias, quanto em genótipos selecionados, ou seja, amostras fixas (LESSA et al., 2010).

Elston (1963) propôs o índice multiplicativo que considera todos os caracteres com o mesmo peso econômico. Esse índice, por não requerer estimativas de parâmetros e não pressupor a existência de um valor genotípico populacional a ser melhorado, adapta-se tanto a programas de seleção recorrente como a etapas finais de programas de melhoramento (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999).

Mulamba e Mock (1978) propuseram um índice que classifica os genótipos em cada caráter. Após isso, soma-se o número de ordem apresentado em cada caráter. Nesse caso, quanto menor o valor da soma, melhor a posição do genótipo, na seleção.

O índice baseado na distância genótipo-ideótipo (SCHWARZBACH, 1972; WRICKE; WEBER, 1986), consiste em fixar um valor ideal para cada caráter, criando desse modo, um genótipo ideal, ou ideótipo. Nesse índice podem-se utilizar as medidas da distância euclidiana ou de Mahalanobis para o cálculo das dissimilaridades. Os genótipos que apresentarem os menores valores na matriz com relação ao ideótipo são selecionados.

O emprego de índices de seleção no melhoramento genético da cultura da mandioca poderia auxiliar o melhorista na tomada de decisões mais adequadas quanto à seleção de genótipos que agreguem no mesmo indivíduo alta produção e outras características de interesse. Assim, este trabalho teve como objetivo selecionar genótipos de mandioca com base na metodologia de três índices não paramétricos e correlacioná-los para verificar o grau de concordância entre eles.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado em Cruz das Almas, Bahia, na safra 2012/2013. O município está localizado a 12° 48' 38" de latitude Sul e 39° 06' 26" de longitude oeste, a 220 m de altura do nível do mar. O clima é tropical quente e úmido, Aw a Am, segundo a classificação de Köppen (AGRITEMPO, 2017). As médias de temperaturas máxima e mínima, além da precipitação pluviométrica e da umidade relativa entre os meses de julho de 2012 e julho de 2013, encontram-se na Figura 1.

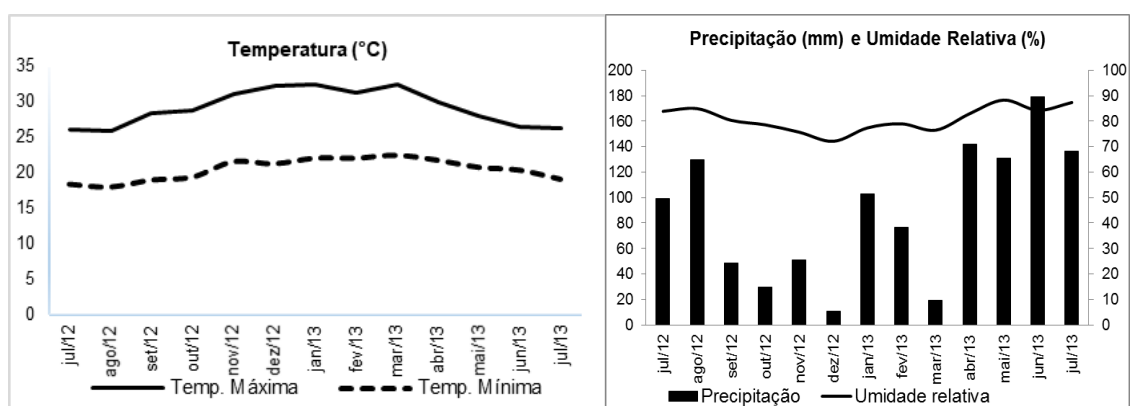


Figura 1. Valores médios de precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperatura máxima e mínima, observadas entre os meses de julho de 2012 e julho de 2013, em Cruz das Almas, Bahia.

O solo do local apresenta relevo de plano a suave-ondulado, profundo e foi classificado como um Latossolo amarelo distrocoeso típico, com textura média e bem drenado (RODRIGUES et al., 2009). Os atributos químicos observados na camada de 0 – 20 cm de profundidade foram: 1,25% de matéria orgânica; pH de 5,47; P – 6,0 mg dm⁻³; K – 37,0 mg dm⁻³; Ca+Mg – 1,5 cmol_c dm⁻³; Ca – 1,0 cmol_c dm⁻³; Mg – 0,5 cmol_c dm⁻³; Al – 0,2 cmol_c dm⁻³; H+Al – 2,78 cmol_c dm⁻³; Na – 0,16 cmol_c dm⁻³; S – 1,75 cmol_c dm⁻³; CTC – 4,53 cmol_c dm⁻³ e V – 38,63%. A adubação foi realizada no momento do plantio, com base na necessidade da cultura (SOUZA et al., 2009), determinada por meio de análise do solo.

O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, com três repetições, e a parcela foi composta por 24 plantas, das quais 10 úteis, no espaçamento de 0,60 m x 1,0 m. Os genótipos avaliados foram: BRS Poti Branca, BRS Kiriris, BRS Verdinha, BRS Caipira, BRS Tapioqueira, 9783-13, 9624-09 e 98150-06 (Tabela 1).

Tabela 1. Genealogia, utilização, granulometria e cor da farinha das cultivares e híbridos de mandioca, avaliados em Cruz das Almas, Bahia.

Genótipos	Genealogia ¹	Utilização	Granulometria da farinha	Cor da farinha
BRS Poti Branca	CIAT – Híbrido 8735/01 – Parental Feminino SM807, polinização aberta.	Farinha	Grossa	Branca
BRS Caipira	BGM CNPMF – Híbrido 9655/02 – Parental Feminino BGM662 (Paroara), polinização aberta.	Farinha	Grossa	Branca
BRS Kiriris	BGM CNPMF – Híbrido 9505/261 – Parental Feminino BGM 921, polinização aberta.	Mesa/ Farinha	Grossa	Branca
BRS Verdinha	BGM CNPMF – Híbrido 96/02/02 – Parental Feminino BGM116 (Cigana Preta), polinização aberta.	Farinha	Grossa	Branca
BRS Tapioqueira	BGM CNPMF – Híbrido 96/07/07 – Parental Feminino BGM555 (Izabel de Souza), polinização aberta.	Farinha	Grossa	Branca
9624-09	BGM CNPMF – Parental Feminino BGM146, polinização aberta.	Farinha	Grossa	Branca
98150-06	BGM CNPMF – Parental Masculino BGM116 (Cigana Preta), Parental Feminino clone 86/128/08 (Bibiana).	Farinha	Grossa	Branca
9783-13	BGM CNPMF – Parental Feminino BGM184, polinização aberta.	Farinha	Grossa	Branca

¹CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical; BGM: Banco de Germoplasma de Mandioca; CNPMF: Centro Nacional de Mandioca e Fruticultura - Embrapa.

Aos 12 meses após o plantio, mediram-se os seguintes caracteres: altura de plantas (ALT - m); altura da primeira ramificação (ALR - cm); produtividade da parte aérea (PRP – t ha⁻¹); produtividade do terço superior (PRT – t ha⁻¹); número de raízes por planta (NR); comprimento médio das raízes (CMR – cm); diâmetro médio das raízes (DMR - cm); produtividade de raiz (PRR – t ha⁻¹); produtividade de farinha (PRF – t ha⁻¹), estimada a partir da produção de farinhas das amostras; produtividade de amido (PRA – t ha⁻¹), estimado a partir do produto entre a produtividade de raiz e o teor de amido (KAWANO et al., 1987); e índice de colheita (ICO – %), determinado pela equação

$$ICO = \left(\frac{PR}{PR + PPA} \right) \cdot 100, \text{ onde } ICO = \text{Índice de Colheita, } PR = \text{peso de raiz e } PPA = \text{peso da}$$

parte aérea.

Os dados foram submetidos à análise de variância, segundo o modelo de blocos casualizados, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As médias das características avaliadas foram utilizadas na aplicação dos índices descritos abaixo.

O índice multiplicativo (ELSTON, 1963), dado pela expressão

$$I_{Ei} = \log \prod_{j=1}^m (x_{ij} - k_j) = \log [(x_{i1} - k_1)(x_{i2} - k_2) \cdots (x_{in} - k_n)], \text{ em que } I_{Ei} \text{ denota o índice}$$

multiplicativo, x_{ij} é a média do caráter j , mensurado no genótipo i , e k_j é o menor valor selecionável $\left(k_j = \frac{n(\text{mín. } x_{ij}) - \text{máx. } x_{ij}}{n-1}\right)$; n é o número de genótipos, e mín. x_{ij} e máx. x_{ij} são, respectivamente, a menor e a maior média do caráter j .

O índice de soma de classificação (MULAMBA; MOCK, 1978), dado pela expressão $\left(I_{MM} = \sum_{j=1}^m n_{ij}\right)$, no qual I_{MM} é o índice de soma de classificação, e n_{ij} é o número de classificação do genótipo i com relação ao caráter j .

No índice baseado na distância genótipo-ideótipo (SCHWARZBACH, 1972; WRICKE; WEBER, 1986), adotou-se a distância euclidiana $\left(D_{il} = \sqrt{\sum_{j=1}^m d_{ij}^2}\right)$, em que D_{il} é a distância euclidiana entre o genótipo i e o ideótipo l , e d_{ij} é o desvio padronizado entre a média do caráter j , mensurada no genótipo i (x_{ij}), e o valor atribuído ao ideótipo nesse caráter (x_{lj}), ou seja, $d_{ij} = (x_{ij} - x_{lj}) / \sigma_j$. A padronização evita que caracteres medidos em unidade maiores exerçam uma influência maior que os demais sobre o valor do índice, e consequentemente, sobre a classificação dos genótipos de mandioca.

Para definir o ideótipo necessário para o cálculo da distância genótipo-ideótipo, optou-se por considerar o valor fenotípico ideal, as maiores médias no caso dos caracteres PRR, PRF e PRA, e as médias aritméticas dos demais caracteres. Seguem os valores atribuídos ao ideótipo: PRR = 50,00 t ha⁻¹; PRF = 20,48 t ha⁻¹; PRA = 18,17 t ha⁻¹; ICO = 48,59%; CMR = 25,10 cm; DMR = 5,83 cm; NR = 6,68; PRP = 36,65 t ha⁻¹; PRT = 16,18 t ha⁻¹; ALT = 2,34 m; ALR = 79,03 cm. A ordem de importância dos caracteres adotada neste trabalho, com base nas recomendações do melhorista, foi a seguinte:

$$\text{PRR}=\text{PRF}=\text{PRA}>\text{IC}>\text{PRP}=\text{PRT}>\text{NR}=\text{CMR}=\text{DMR}>\text{ALT}=\text{ALR}.$$

Após o cálculo de cada índice, efetuou-se a classificação dos genótipos, com base nas recomendações de Garcia e Souza Júnior (1999). Adicionalmente foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman entre os índices, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC. 2002 – 2008) para verificar o grau de concordância entre eles e testou-se a significância das estimativas pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se diferença significativa entre os genótipos quanto aos caracteres altura de plantas (ALT) e da primeira ramificação (ALR), produtividade do terço superior (PRT), comprimento médio das raízes (CMR), produtividade de raiz (PRR), de farinha (PRF) e de amido (PRA) e índice de colheita (ICO). O efeito não significativo entre os tratamentos ocorreram nas variáveis produtividade da parte aérea (PRP), número de raízes (NR) e diâmetro média das raízes (DMR) que podem estar associadas a variâncias excessivas dentro de determinados tratamentos, podendo mascarar as reais diferenças que existiriam (Tabela 2). Assim, a utilização de índices, em casos semelhantes a esse, torna mais lúcido o processo de seleção de plantas superiores. Nota-se ainda, que nos caracteres de maior importância (PRR, PRF e PRA) existe variabilidade, o que permite a seleção de genótipos superiores.

Tabela 2. Resumo do quadro de análise de variância de diferentes genótipos de mandioca, avaliados no Recôncavo da Bahia.

QUADRADO MÉDIO							
F. V.	GL	Altura de plantas (m)	Atura da primeira ramificação (cm)	Produtividade da parte aérea (t ha ⁻¹)	Produtividade do terço superior (t ha ⁻¹)	Número de raízes	Comprimento médio das raízes (cm)
Bloco	2	0,0262 ^{ns}	100,81 ^{ns}	86,70 ^{ns}	43,85*	0,9125 ^{ns}	38,92**
Genótipo	7	0,1168**	1350,73**	71,19 ^{ns}	25,61*	2,6957 ^{ns}	10,02**
Resíduo	14	0,0244	49,89	28,00	8,02	1,0661	2,05
Média		2,33	79,02	36,65	16,18	6,68	25,10
CV (%)		6,68	8,94	14,44	17,51	15,44	5,71
QUADRADO MÉDIO							
F. V.	GL	Diâmetro médio das raízes (cm)	Produtividade de raiz (t ha ⁻¹)	Produtividade de farinha (t ha ⁻¹)	Produtividade de amido (t ha ⁻¹)	Índice de colheita (%)	
Bloco		0,1405 ^{ns}	27,81 ^{ns}	3,0306 ^{ns}	2,2609 ^{ns}	60,39 ^{ns}	
Genótipo	2	0,2628 ^{ns}	104,00*	16,9580*	13,4589*	107,82**	
Resíduo	7	0,2322	27,60	4,7190	3,7507	18,38	
Média	14	5,83	34,67	13,12	11,32	48,58	
CV (%)		8,26	15,15	16,55	14,58	8,82	

* e **: significativos a 5% e 1%, respectivamente.

O índice multiplicativo classificou os genótipos BRS Tapioqueira, BRS Caipira e o 9783-13 em primeiro, segundo e terceiro, respectivamente. Já as variedades BRS Kiriris, BRS Verdinha e BRS Poti Branca, foram classificadas em quarto, quinto e sexto, segundo a ordem de classificação dos escores ou médias centradas ($x_i - k_j$) do índice. Os híbridos 98150-06 (7º) e 9624-09 (8º) foram classificados nas últimas posições de ranqueamento (Tabela 3).

Tabela 3. Médias originais (\bar{x}) e centradas ($x_i - k_j$) de 11 caracteres para o cálculo do Índice multiplicativo (I_E) em cultivares e híbridos de mandioca.

GEN	PRR ¹		PRF		PRA		ICO		PRP		PRT	
	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$
BRS Poti Branca	31,69	13,06	11,14	4,09	9,69	3,74	45,72	15,45	37,74	14,90	16,81	9,33
BRS Kiriris	38,09	19,46	13,99	6,94	12,24	6,29	56,20	25,93	29,72	6,88	10,99	3,51
BRS Verdinha	36,77	18,14	14,47	7,42	12,77	6,82	55,83	25,56	29,00	6,16	15,05	7,57
BRS Tapioqueira	43,63	25,00	16,98	9,93	14,97	9,02	52,25	21,98	39,72	16,88	19,96	12,48
BRS Caipira	38,65	20,02	14,83	7,78	13,05	7,10	48,37	18,10	41,05	18,21	20,04	12,56
9783-13	34,23	15,60	12,81	5,76	11,24	5,29	46,49	16,22	39,24	16,40	16,20	8,72
9624-09	29,26	10,63	10,17	3,12	8,82	2,87	45,53	15,26	35,48	12,64	15,31	7,83
98150-06	25,08	6,45	10,59	3,54	9,43	3,48	38,30	8,03	41,28	18,44	15,08	7,60
K_j	34,52		12,51		10,87		42,58		34,89		17,16	
GEN	NR		CMR		DMR		ALT		ALR		I_E	
	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$	\bar{x}	$x_{ij}-k_j$		
BRS Poti Branca	7,35	3,71	23,06	4,49	6,27	2,55	2,53	1,93	81,67	37,11	9,12 (6°)	
BRS Kiriris	5,67	2,03	24,33	5,76	6,12	2,40	2,47	1,87	115,55	70,99	9,30 (4°)	
BRS Verdinha	7,03	3,39	27,93	9,36	5,59	1,87	1,92	1,32	66,11	21,55	9,27 (5°)	
BRS Tapioqueira	6,53	2,89	27,66	9,09	5,75	2,03	2,31	1,71	60,00	15,44	10,16 (1°)	
BRS Caipira	7,25	3,61	23,93	5,36	6,09	2,37	2,23	1,63	66,66	22,10	9,88 (2°)	
9783-13	8,24	4,60	23,53	4,96	5,51	1,79	2,45	1,85	107,22	62,66	9,72 (3°)	
9624-09	5,72	2,08	24,86	6,29	5,84	2,12	2,31	1,71	61,67	17,11	8,07 (8°)	
98150-06	5,68	2,04	25,53	6,96	5,50	1,78	2,47	1,87	73,33	28,77	8,09 (7°)	
K_j	5,54		19,74		4,40		0,92		56,49		-	

¹ PRR: produtividade de raiz; PRF: produtividade de farinha; PRA: produtividade de amido; ICO: índice de colheita; PRP: produtividade da parte aérea; PRT: produtividade do terço superior da planta; DMR: diâmetro da raiz; CMR: comprimento da raiz; NR: número de raízes; ALR: altura da primeira ramificação; ALT: altura de plantas.

A variedade BRS Tapioqueira, classificada em primeiro lugar pelo índice multiplicativo, mostra-se um material genético passível de seleção, uma vez que apresentou as melhores médias nos caracteres PRR (43,63 t ha⁻¹), PRF (16,98 t ha⁻¹), PRA (14,67 t ha⁻¹) e a terceira maior média em ICO (52,25%), características essas, fundamentais na seleção de um genótipo superior.

A BRS Tapioqueira foi classificada em terceiro e segundo lugar, respectivamente, quanto às características PRP (39,72 t ha⁻¹) e PRT (19,96 t ha⁻¹), indicando potencial quanto à utilização da parte aérea na alimentação animal. Para as demais características avaliadas, a variedade figurou entre a segunda (CMR) e oitava (ALR) colocação.

A BRS Caipira, classificada em segundo lugar pelo índice multiplicativo, apresentou o segundo melhor desempenho nos caracteres PRR (38,65 t ha⁻¹), PRF (14,83 t ha⁻¹) e PRA (13,05 t ha⁻¹). O genótipo foi classificado ainda, em quarto na característica índice de

colheita (ICO – 48,38%). A elevada produtividade da parte aérea indica o potencial multiuso (alimentação humana e animal) da BRS Caipira (Tabela 3). Para os demais caracteres, a BRS Caipira, apresentou classificação variando de terceiro a sétimo colocado. Porém, tais classificações, não limitariam a seleção do genótipo, uma vez que a mesma destacou-se nos caracteres de maior importância.

O híbrido 9783-13, classificado em terceiro lugar pelo índice multiplicativo, apresentou a quinta maior média nas características PRR, PRF e PRA (Tabela 3). Embora não estando entre os três genótipos mais produtivos, vale ressaltar que as médias observadas no híbrido estão acima da média nacional, o que não inviabiliza uma possível seleção. O híbrido foi classificado ainda, em quinto na característica ICO (46,50%). Porém, o 9783-13 foi o quarto colocado nos caracteres PRP (39,24 t ha⁻¹) e PRT (16,20 t ha⁻¹) e em primeiro no caráter NR (8,24 raízes). O genótipo apresentou ainda, a quarta maior altura de plantas (2,45 m).

A BRS Kiriris apresentou a quarta colocação, segundo a classificação do índice multiplicativo. A variedade, classificada em terceiro no caráter PRR (38,09 t ha⁻¹) e quarto nas características PRF (13,99 t ha⁻¹) e PRA (12,24 t ha⁻¹), apresentou o melhor índice de colheita (ICO: 56,20%), devido à baixa produção de fitomassa na parte aérea (PRP: 29,72 t ha⁻¹ – 7º; PRT: 10,99 t ha⁻¹ – 8º) e o elevado peso de raiz. A BRS Kiriris apresentou ainda, a segunda maior altura de plantas (2,47 m) e maior altura da primeira ramificação (115,55 cm). Para as demais características, a variedade apresentou médias intermediárias (Tabela 3).

A variedade BRS Verdinha, classificada em quinto pelo índice multiplicativo, apresentou a quarta maior média para PRR (36,77 t ha⁻¹), terceira para PRF (14,47 t ha⁻¹) e PRA (12,77 t ha⁻¹) e segunda para IC (55,83%). Contudo, o baixo desempenho da BRS Verdinha nas demais características, resultou na baixa classificação da mesma pelo índice multiplicativo (Tabela 3).

A variedade BRS Poti Branca, classificada em sexto pelo índice multiplicativo, apresentou o seguinte desempenho: 6º em PRR, PRF, PRA e ICO (31,69 t ha⁻¹, 11,14 t ha⁻¹, 9,69 t ha⁻¹ e 42,72%) e médias intermediárias para as demais características. Por sua vez, o híbrido 98150-06, classificado em 7º pelo índice, apresentou a menor média em PRR (25,08 t ha⁻¹), 7º em PRF e PRA (10,59 t ha⁻¹ e 9,43 t ha⁻¹), 1º em PRP (41,28 t ha⁻¹), 6º em PRT (15,08 t ha⁻¹), 8º em DMR (5,50 cm), 3º em CMR (25,53 cm), 7º em NR (5,68 raízes), 4º em ALR (73,33 cm) e 3º em ALT (2,47 m). Por fim, o híbrido 9624-09, último colocado (8º) segundo o índice multiplicativo, classificou-se em 7º no caráter PRR (29,26 t ha⁻¹), 8º em PRF e PRA (10,17 t ha⁻¹ e 8,82 t ha⁻¹), 6º em PRP (35,48 t ha⁻¹), 5º em PRT (15,31 t ha⁻¹), 4º

em DMR (5,84 cm), 4º em CMR (24,86 cm), 6º em NR (5,72 raízes), 7º em ALR (61,67 cm) e 5º em ALT (2,31 m).

A classificação dos genótipos BRS Tapioqueira, BRS Caipira, 9783-13 e a BRS Kiriris, em primeiro, segundo, terceiro e quarto lugares pelo índice multiplicativo, reflete a boa correspondência do desempenho dos genótipos e suas classificações. Alves et al. (2011) ao avaliar o comportamento de cultivares de mandioca no Rio Grande do Norte, verificaram o alto potencial produtivo da BRS Kiriris, BRS Tapioqueira e do híbrido 9783-13. Carvalho et al. (2011) e Souza (2015) concluíram que a BRS Caipira e Tapioqueira apresentaram alta produtividade de raiz e amido, podendo ser indicadas para plantios comerciais.

Alguns autores (ALMEIDA et al., 2014; LESSA et al., 2010; PEDROZO et al., 2009), verificaram que o índice multiplicativo foi eficiente em estimar ganhos na seleção, de maneira semelhante aos índices propostos por Mulamba e Mock (1978), Pesek e Baker (1969), Smith (1936) e Hazel (1943). Ao testar a eficiência de diferentes índices na seleção de genótipos superiores em cana-de-açúcar, Pedrozo et al. (2009) observaram que o índice multiplicativo apresentou uma maior eficiência na seleção, quando comparado com o índice de soma de postos (MULAMBA; MOCK, 1978) e o clássico (HAZEL, 1943; SMITH, 1936).

O índice de soma de classificação ou de postos (MULAMBA; MOCK, 1978), obtido por meio da soma do número relativo à classificação de um dado genótipo em cada caráter (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999; LESSA et al., 2010), classificou a BRS Tapioqueira, a BRS Caipira e BRS Kiriris na primeira, segunda e terceira posição de ranqueamento, respectivamente. A BRS Poti Branca, o híbrido 9783-13 e BRS Verdinha foram classificados em quarto, quinto e sexto, respectivamente, conforme ordem de classificação do índice (Tabela 4).

Tabela 4. Médias originais (\bar{x}) e os postos (P) de 11 caracteres para o cálculo do Índice de Soma de Postos (I_{MM}) em cultivares e híbridos de mandioca.

GEN	PRR ¹		PRF		PRA		ICO		PRP		PRT	
	\bar{x}	P	\bar{x}	P	\bar{x}	P	\bar{x}	P	\bar{x}	P	\bar{x}	P
BRS Poti Branca	31,69	6	11,14	6	9,69	6	45,72	6	37,74	5	16,81	3
BRS Kiriris	38,09	3	13,99	4	12,24	4	56,20	1	29,72	7	10,99	8
BRS Verdinha	36,77	4	14,47	3	12,77	3	55,83	2	29,00	8	15,05	7
BRS Tapioqueira	43,63	1	16,98	1	14,97	1	52,25	3	39,72	3	19,96	2
BRS Caipira	38,65	2	14,83	2	13,05	2	48,37	4	41,05	2	20,04	1
9783-13	34,23	5	12,81	5	11,24	5	46,49	5	39,24	4	16,20	4
9624-09	29,26	7	10,17	8	8,82	8	45,53	7	35,48	6	15,31	5
98150-06	25,08	8	10,59	7	9,43	7	38,3	8	41,28	1	15,08	6

GEN	NR		CMR		DMR		ALT		ALR		I_{MM}
	\bar{x}	P	\bar{x}	P	\bar{x}	P	\bar{x}	P	\bar{x}	P	
BRS Poti Branca	7,35	2	23,06	8	6,27	1	2,53	1	81,67	3	47,00 (4°)
BRS Kiriris	5,67	8	24,33	5	6,12	2	2,48	2	115,60	1	45,00 (3°)
BRS Verdinha	7,03	4	27,93	1	5,59	6	1,92	8	66,11	6	52,00 (6°)
BRS Tapioqueira	6,53	5	27,66	2	5,75	5	2,32	5	60,00	8	36,00 (1°)
BRS Caipira	7,25	3	23,93	6	6,09	3	2,23	7	66,66	5	37,00 (2°)
9783-13	8,24	1	23,53	7	5,51	7	2,45	4	107,20	2	49,00 (5°)
9624-09	5,72	6	24,86	4	5,84	4	2,31	6	61,67	7	68,00 (8°)
98150-06	5,68	7	25,53	3	5,50	8	2,47	3	73,33	4	62,00 (7°)

¹PRR: produtividade de raiz; PRF: produtividade de farinha; PRA: produtividade de amido; ICO: índice de colheita; PRP: produtividade da parte aérea; PRT: produtividade do terço superior da planta; DMR: diâmetro da raiz; CMR: comprimento da raiz; NR: número de raízes; ALR: altura da primeira ramificação; ALT: altura de plantas.

A variedade BRS Tapioqueira apresentou a maior média para produtividade de raiz (PRR), de farinha (PRF) e de amido (PRA), a terceira colocação no índice de colheita (ICO) e na produtividade da parte aérea (PRP), segundo na produtividade do terço superior (PRT) e no comprimento das raízes (CMR), quinto no diâmetro médio da raiz (DMR) e altura de plantas (ALT) e a menor altura da primeira ramificação (ALR).

Observou-se que as variedades BRS Tapioqueira e BRS Caipira foram classificadas, conforme o índice de soma de classificação, em primeiro e segundo lugar respectivamente (Tabela 4), semelhante a classificação do índice multiplicativo (Tabela 5)

A BRS Kiriris, classificada em quarto pelo índice sugerido por Elston (1963), classificou-se em terceiro no índice de soma de classificação. A utilização do índice de soma de classificação é simples, não necessitando, portanto, de ajustes de médias, como ocorre com o índice multiplicativo (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999), que para se obter o menor valor selecionável (k_j), necessita-se de ajuste das unidades dos caracteres, sendo este, o

fator metodológico que os diferencia e, possivelmente, influenciou na mudança da classificação dos genótipos. Essa mesma alteração na classificação dos genótipos foram observados nos genótipos BRS Poti Branca, 9783-13 e BRS Verdinha (Tabela 4).

A variedade BRS Poti Branca e o híbrido 9783-13, classificadas em quarto e quinto, respectivamente, pelo índice de soma de classificação apresentaram a sexta e quinta colocação, respectivamente, nos caracteres PRR (31,69 t ha⁻¹ e 34,23 t ha⁻¹), PRF (11,14 t ha⁻¹ e 12,81 t ha⁻¹), PRA (9,69 t ha⁻¹ e 11,24 t ha⁻¹) e IC (45,72% e 46,49%). Contudo, a baixa classificação destes genótipos nas características produtividade de raiz, farinha e amido não inviabiliza uma possível recomendação dos genótipos, pois a produtividade estimada nos referidos caracteres foi superior à média do Estado da Bahia (11,00 t ha⁻¹ – raiz; 3,85 t ha⁻¹ – farinha; 3,3 t ha⁻¹ – amido), (IBGE, 2017).

Verificou-se ainda, uma tendência de os índices multiplicativo (Tabela 3) e de soma de classificação (Tabela 4) classificarem os genótipos de maneira semelhante, tendência esta também verificada nas últimas posições. Assim, os híbridos 98150-06 e 9624-09 foram classificados em sétimo e oitavo em ambos os índices, o que mostra mais uma vez, a semelhança entre as classificações.

Ao realizar a correlação de Spearman entre os índice multiplicativo e o de soma de classificação, verificou-se uma relação alta (0,88), revelando um elevado grau de correspondência entre os mesmos. Lessa et al. (2010), ao estudar híbridos diploides de bananeira, verificaram alta correlação entre os resultados dos índices multiplicativo e de soma de classificação e concluíram que os referidos índices propiciam uma seleção mais adequada.

No índice da distância genótipo-ideótipo, observou-se que as variedades BRS Tapioqueira, BRS Caipira e BRS Kiriris foram classificadas em primeiro, segundo e terceiro, respectivamente. Em quarto, quinto e sexta colocação ficaram os genótipos BRS Verdinha, 9783-13 e BRS Poti Branca, conforme ordem de classificação do índice (Tabela 5).

Tabela 5. Médias originais (\bar{x}) e desvios (d_{ij}) de 11 caracteres para o cálculo da distância euclidiana do genótipo ao ideótipo (D_{ij}) em variedades e híbridos de mandioca.

GEN	PRR ¹		PRF		PRA		ICO		CMR		DMR	
	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}
BRS Poti Branca	31,69	-3,11	11,14	-3,93	9,69	-4,00	45,72	-0,48	23,06	-1,12	6,27	1,47
BRS Kiriris	38,09	-2,02	13,99	-2,73	12,24	-2,80	56,20	1,27	24,33	-0,42	6,12	0,96
BRS Verdinha	36,77	-2,25	14,47	-2,53	12,77	-2,55	55,83	1,21	27,93	1,55	5,59	-0,82
BRS Tapioqueira	43,63	-1,08	16,98	-1,47	14,97	-1,51	52,25	0,61	27,66	1,40	5,75	-0,28
BRS Caipira	38,65	-1,93	14,83	-2,38	13,05	-2,42	48,37	-0,04	23,93	-0,64	6,09	0,86
9783-13	34,23	-2,68	12,81	-3,23	11,24	-3,27	46,49	-0,35	23,53	-0,86	5,51	-1,09
9624-09	29,26	-3,52	10,17	-4,34	8,82	-4,41	45,53	-0,51	24,86	-0,13	5,84	0,02
98150-06	25,08	-4,23	10,59	-4,16	9,43	-4,13	38,30	-1,72	25,53	0,23	5,50	-1,12
Ideótipo	50,00		20,48		18,17		48,59		25,10		5,83	
GEN	NR		PRP		PRT		ALT		ALR		D_{ij}	
	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}	\bar{x}	d_{ij}		
BRS Poti Branca	7,35	0,70	37,74	0,22	16,81	0,22	2,53	0,97	81,67	0,12	6,81 (6°)	
BRS Kiriris	5,67	-1,07	29,72	-1,42	10,99	-1,78	2,48	0,71	115,55	1,72	5,40 (3°)	
BRS Verdinha	7,03	0,37	29,00	-1,57	15,05	-0,39	1,92	-2,11	66,11	-0,61	5,49 (4°)	
BRS Tapioqueira	6,53	-0,16	39,72	0,63	19,96	1,29	2,32	-0,09	60,00	-0,90	3,73 (1°)	
BRS Caipira	7,25	0,60	41,05	0,90	20,04	1,32	2,23	-0,55	66,66	-0,58	4,45 (2°)	
9783-13	8,24	1,64	39,24	0,53	16,20	0,01	2,45	0,56	107,22	1,33	5,83 (5°)	
9624-09	5,72	-1,02	35,48	-0,24	15,31	-0,30	2,31	-0,15	61,67	-0,82	7,28 (7°)	
98150-06	5,68	-1,06	41,28	0,95	15,08	-0,38	2,47	0,66	73,33	-0,27	7,76 (8°)	
Ideótipo	6,68		36,65		16,18		2,34		79,03		-	

¹ PRR: produtividade de raiz; PRF: produtividade de farinha; PRA: produtividade de amido; ICO: índice de colheita; PRP: produtividade da parte aérea; PRT: produtividade do terço superior da planta; DMR: diâmetro da raiz; CMR: comprimento da raiz; NR: número de raízes; ALR: altura da primeira ramificação; ALT: altura de plantas.

Neste índice, os valores atribuídos ao ideótipo, com exceção dos caracteres PRR, PRF e PRA que foram as maiores médias observadas, foram as respectivas médias gerais das características. Assim, houve ocorrência de desvios positivos e negativos em algumas variáveis. Ou seja, um desvio negativo significa que o valor atribuído ao ideótipo foi maior que a média daquele caráter no genótipo considerado ($x_{ij} > \bar{x}_{ij} \rightarrow d_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_{ij}) < 0$).

Os genótipos BRS Tapioqueira e BRS Caipira foram classificados, respectivamente, em primeiro e segundo lugares, pelo índice de distância genótipo-ideótipo (Tabela 5), da mesma forma que os índices multiplicativo e de soma de postos.

A BRS Kiriris foi a terceira colocada, neste índice (Tabela 5), estando de acordo com o que foi observado no índice de soma de classificação. O bom desempenho da BRS Kiriris nos caracteres de maior importância (PRR, PRF e PRA) foi determinante na classificação do genótipo.

A BRS Verdinha foi classificada em quarto lugar pelo índice de distância do genótipo-ideótipo (Tabela 5), discordando da classificação dos índices multiplicativo e de soma de classificação. No entanto, verificou-se que esse mesmo genótipo apresentou a quarta maior média no caráter PRR e terceira nas variáveis PRF e PRA; assim, sua classificação nessa posição é mais coerente quando comparado com os resultados dos índices anteriores.

O híbrido 9783-13 apresentou a quinta colocação na classificação do índice da distância genótipo-ideótipo (Tabela 5). O referido índice classificou os genótipos com base na distância euclidiana da média padronizada do caráter j do genótipo i ao genótipo ideal I . Assim, o genótipo classificado em primeiro apresentou o menor valor de D_{ij} . Portanto, o híbrido citado apresentou a quinta menor distância do valor atribuído ao ideótipo na maioria dos caracteres estudados, resultando nesta classificação. Verificou-se ainda que o híbrido 9783-13 foi classificado acima da variedade BRS Poti Branca (6º) e dos híbridos 9624-09 (7º) e 98150-06 (8º).

Ao verificar a correlação entre os índices multiplicativo (I_E), de soma de postos (I_{MM}) e da distância genótipo-ideótipo (D_{ij}), observaram-se estimativas elevadas ($I_E \times I_{MM} = -0,8809^{**}$; $I_E \times D_{ij} = -0,9047^{**}$; $I_{MM} \times D_{ij} = 0,8809^{**}$), indicando a boa correspondência entre os índices estudados.

A seleção por meio de índices em mandioca é bastante promissora, podendo ser utilizada em programas de melhoramento da cultura.

6 CONCLUSÕES

- 1 – As variedades BRS Tapioqueira, BRS Caipira e BRS Kiriris apresentam potencial para incorporação ao sistema produtivo de mandioca do Recôncavo da Bahia;
- 2 – O híbrido 9783-13 é superior aos demais híbridos testados, mostrando-se promissor para cultivo no Recôncavo da Bahia;
- 3 – Os índices de soma de classificação e da distância genótipo-ideótipo propiciam uma classificação mais adequada dos genótipos de mandioca;
- 4 – Os índices multiplicativo, soma de classificação e distância genótipo-ideótipo apresentam boa correspondência entre si.

7 REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>>. Acesso em: 08 de maio. 2017.

ALLEM, A. C. The Origins and Taxonomy of Cassava. In: HILLOCKS, R. J. et al. (Ed.). **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CAB International, Wallingford, UK, 2002. p.1-16.

ALMEIDA, L. M.; VIANA, A. P.; AMARAL JUNIOR, A. T. do; CARNEIRO JÚNIOR, J. de B. Breeding full-sib families of sugar cane using selection index. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 605-611, 2014.

ALVES, M. C. S.; CARVALHO, H. W. L.; RANGEL, M. A. S.; SANTOS, V. S. Comportamento de cultivares de mandioca no Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 14. FEIRA BRASILEIRA DA MANDIOCA, 1., 2011, Maceió. Mandioca: fonte de alimento e energia. **Anais...** Maceió: ABAM: SBM, 2011.

CARVALHO, H. W. L.; RANGEL, M. A. S.; SANTOS, V. S.; SILVA, A. D. A., ALVES, M.; PINHO, J. L. N. Desempenho de cultivares de mandioca para farinha e fécula no estado de Sergipe na safra 2007/2008. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 14. FEIRA BRASILEIRA DA MANDIOCA, 1., 2011, Maceió. Mandioca: fonte de alimento e energia. **Anais...** Maceió: ABAM: SBM, 2011.

ELSTON, R. C. A weight free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, Arlington, v. 19, n. 1, p. 85-97, 1963.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 12 de maio 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

FUKUDA, W. M. G. Embrapa Pesquisa Mandioca para Indústria de Amido. **Revista da Associação dos Produtores de Amido de Mandioca**. v. 11, p. 21-22, 2005.

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 253-267, 1999.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Bethesda, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**: SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 08 de maio 2017.

KAWANO, K.; FUKUDA, W. M. G.; CENPUKDEE, U. Genetic and environmental effects on dry matter content of cassava root. **Crop Science**, v. 27, n. 01, p. 69-74, 1987.

LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; SANTOS, V. S.; SILVA, S. O.; PEIXOTO, C. P. Seleção de híbridos diploides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Bragantia**, Campinas. v. 69, n. 3, p. 525-534, 2010.

LIN, C. Y. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. **Theoretical and Applied Genetics**. v. 52, n. 2, p. 49-56, 1978.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the ETO blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Cairo, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

OLSEN, K. M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. **Plant Molecular Biology**, Bethesda MD, v. 56, p. 517-526, 2004.

OTSUBO, A. A.; BRITO, O. R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, V. H. N.; GONÇALVES, M. A.; TELLES, T. S. Desempenho de cultivares elites de mandioca industrial em área de cerrado do Mato Grosso do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1155-1162, 2009.

PEDROZO, C. A.; BENITES, F. R. G.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, F. L. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana de açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 31-36, 2009.

PESEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Sciences**, Ottawa, v. 49, n. 6, p. 80-804, 1969.

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; LAVIOLA, B. G.; SILVA, F. C. G.; MILITÃO, J. S. L. T. Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 44-50, 2012.

RODRIGUES, M. G. F.; NACIF, P. G. F.; COSTA, O. V.; OLSZEWSKI, N. Solos e suas relações com as paisagens naturais no município de Cruz das Almas – BA. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristovão, v. 9, n. 2, p. 193-205, 2009.

SAS INSTITUTE INC. **Statistical Analysis System**. Release 9.2. (Software). 2002-2008.

SCHWARZBACH, E. Einige Anwendungsmöglichkeiten Elektronischer Datenverarbeitung (EDV) für die Beurteilung von Zuchtmaterial. **Arb. Tag. Oesterr. Pflanzenz.** Gumpenstein, p. 277-287, 1972.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals Eugenics**, v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936.

SOUZA, L. S.; SILVA, J.; SOUZA, L. D. **Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca**. Cruz das Almas – BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009. 6p. (Comunicado Técnico, 133)

SOUZA, E. D. Comportamento de cultivares de mandioca de indústria em diferentes épocas de colheita em Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 16. CONGRESSO LATINO-AMERICANO E CARIBENHO DE MANDIOCA, 2015, **Anais...** Foz do Iguaçu - PR: SBM, 2015.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; SILVA, M. S. **Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2007. 16p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 180)

VIEIRA, L. J.; TAVARES FILHO, L. F. Q.; SOUZA, F. V. D.; ALVES, A. A. C.; OLIVEIRA, E. J. Development of interspecific hybrids of cassava and paternity analysis with molecular markers. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 151, p. 849-861, 2013.

WRICKE, G.; WEBER, W. E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. New York: Walter de Gruyter. 1986. 406p.