

Caracterização morfológica de clones elite biofortificados de mandioca de mesa com polpa rosada

Morphological characterization of elite biofortified sweet cassava clones with pinkish pulp

DOI: 10.34188/bjaerv4n1-115

Recebimento dos originais: 20/11/2020

Aceitação para publicação: 20/12/2020

Elisiane Fuhrmann

Doutora em Agronomia pela Universidade de Brasília (UNB)

Instituição: Embrapa Cerrados

Endereço: BR 020, km 18, CEP: 73310-970, Planaltina-DF

E-mail: elisifuhrmann@gmail.com

Eduardo Alano Vieira

Doutor em Fitomelhoramento pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Instituição: Embrapa Cerrados

Endereço: BR 020, km 18, CEP: 73310-970, Planaltina-DF

E-mail: eduardo.alano@embrapa.br

Fabio Gelape Faleiro

Doutor em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Instituição: Embrapa Cerrados

Endereço: BR 020, km 18, CEP: 73310-970, Planaltina-DF

E-mail: fabio.faleiro@embrapa.br

Josefino de Freitas Fialho

Mestre em microbiologia agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Instituição: Embrapa Cerrados

Endereço: BR 020, km 18, CEP: 73310-970, Planaltina-DF

E-mail: josefino.fialho@embrapa.br

RESUMO

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é muito importante em países em desenvolvimento, principalmente em função da sua rusticidade e da capacidade de produzir razoavelmente bem em condições em que outras culturas não sobreviveriam. Tal habilidade advém de a espécie ser naturalmente tolerante a solos ácidos e à seca, e ao mesmo tempo oferecer uma flexibilidade de colheita aos produtores. Este trabalho teve como objetivo caracterizar por meio de descritores morfológicos, clones elite de mandioca de mesa rosada biofortificadas em processo de seleção pelo programa de melhoramento de mandioca da Embrapa Cerrados. Foram caracterizados oito clones de mandioca, em comparação com a variedade testemunha IAC 576-70, avaliados em experimentos conduzidos na Embrapa Cerrados por duas safras. Foram obtidos 40 descritores morfológicos qualitativos para cada clone. Com base na distribuição de frequência dos genótipos nas diferentes classes fenotípicas foi calculado o coeficiente de entropia para cada descritor. A matriz de dissimilaridade genética entre os clones foi calculada com base no coeficiente de coincidência simples das classes fenotípicas e a partir dessa matriz, foi realizada a análise de agrupamento via dendrograma. Houve diferenças morfológicas entre os clones, demonstrando que nenhum par de genótipos apresentou 100% de similaridade. O fator ano/safra não influenciou a expressão fenotípica dos caracteres aferidos. O coeficiente cofenético revelou elevado ajuste entre a representação gráfica

via dendrograma ($r = 0,92$) e a matriz de dissimilaridade genética. Entre os caracteres aferidos, os que apresentaram maior entropia foram à cor do disco, forma do lóbulo central e cor do pecíolo. Entre os clones avaliados, verificou-se alguns com potencial para recomendação para cultivo comercial com base nos caracteres morfológicos desejáveis do ponto de vista agrônomo.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, melhoramento genético, caracteres morfológicos, biofortificação, recursos genéticos

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is very important in developing countries, mainly due to its hardiness and ability that has to produce reasonably well in conditions where other crops would not survive. This ability comes from the species is naturally tolerant to acid soils and drought, while offering a harvest of flexibility to producers. This study aimed to characterize by morphological clones elite biofortified pinkish edible cassava descriptors in the process of selection for cassava improvement program carried out at Embrapa Cerrado. They were characterized 8 cassava clones were characterized, in comparison with the control variety IAC 576-70, evaluated in experiments conducted at Embrapa Cerrado for two crop seasons. There were obtained 40 qualitative morphological descriptors for each clone. Based on the frequency distribution of the different genotypes phenotypic classes were calculated the entropy coefficient for each descriptor. The matrix of genetic divergence between the clones was calculated based on the coincidence factor of phenotypic classes and from this matrix was carried out via cluster analysis dendrogram. There was morphological differences among clones, showing that no two genotypes showed 100% similarity. The year / crop factor did not influence the phenotypic expression of measured characters. The cofenetic coefficient revealed high fit between the graphical representation via dendrogram ($r = 0.92$) and the genetic dissimilarity matrix. Among the measured characters, those with the highest entropy were the disc color, the central lobe shape and petiole color. Among clones, there was potential for some with recommendation for commercial cultivation based on the desirable morphological characters from an agricultural point of view.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, genetic breeding, characterize morphological, biofortified, genetic resources

1 INTRODUÇÃO

A mandioca sempre foi cultivada em razão de suas raízes de reservas ricas em amido (Lima et al., 2020), porém pobres em proteínas e vitaminas. Entretanto, nos últimos anos, os programas de melhoramento genético de mandioca de mesa estão focando no desenvolvimento de cultivares biofortificadas que incluem, como característica desejada, a presença de carotenóides como β -caroteno nas raízes de coloração amarela (Carvalho et al., 2012; Vieira et al., 2018; Fuhrmann et al., 2019) e licopeno nas raízes de coloração rosada (Carvalho et al., 2011; Fuhrmann et al., 2020). As principais fontes de carotenóides são cenouras e aboboras (α e β -caroteno), tomates e derivados, como extrato, polpa e molhos (licopeno) e espinafre (luteína). O licopeno é um dos mais potentes antioxidantes, sendo sugerido na prevenção da carcinogênese e aterogênese por proteger moléculas como lipídios, lipoproteínas de baixa densidade (LDL), proteínas e DNA (Shami & Moreira, 2004).

Na região do Cerrado, trabalhos de pesquisa demonstram que a cultura da mandioca apresenta grande potencial de expansão, uma vez que existe mercado, a produtividade é elevada e os

produtores tem muita experiência com o sistema de produção (Paz et al., 2020; Antonini et al., 2020; Mendonça et al., 2020). Nesse contexto, a possibilidade de se disponibilizar raízes de mandioca com licopeno é uma das formas de melhorar a nutrição da população e de agregar valor às cultivares destinadas ao consumo humano.

Sendo assim, programas de melhoramento genético de mandioca devem considerar a possibilidade do desenvolvimento de cultivares específicas para a produção de raízes tuberosas com coloração das raízes rosadas para uso culinário (cozida, frita, chips, mandioca palito, pré-cozida, massas, entre outras). As cultivares devem apresentar teores de ácido cianídrico (HCN) nas raízes de reserva inferiores a 100 mg kg^{-1} de raízes frescas, elevadas produtividades de raízes com boas qualidades sensoriais (maciez e plasticidade após cozimento, massa não pegajosa, aroma e aparência agradável) e culinárias (poucas fibras, baixo tempo para cocção e massa cozida homogênea), resistência a pragas e doenças, coloração da polpa da raiz rosada, entre outras características (Carvalho et al., 2011; Vieira et al., 2017, Vieira et al., 2018).

Para fins de melhoramento genético, a caracterização agrônômica de clones com elevada capacidade de produção, portadores de características agrônômicas superiores e aptos a substituírem as cultivares tradicionais, são meios utilizados para aumentar o rendimento da cultura (Vieira et al., 2011). A caracterização morfológica por meio de descritores categóricos é importante para a caracterização e diferenciação dos genótipos para fins de proteção de cultivares e também para estudos de variabilidade genética (Fuhrmann et al., 2016), possibilitando o desenvolvimento e a disponibilização de genótipos superiores de mandioca de mesa para os produtores e consumidores.

O trabalho objetivou caracterizar, por meio de descritores morfológicos, clones elite de mandioca de mesa rosada biofortificadas, selecionadas em condições do Cerrado do Brasil Central.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no campo experimental e no Laboratório de Raízes e Tubérculos da Embrapa Cerrados (CPAC), em Planaltina-DF, entre outubro de 2010 e outubro de 2011 e entre novembro de 2011 e novembro de 2012.

Foram caracterizados oito clones elite de mandioca de mesa com polpa rosada selecionados para as condições do Cerrado (Tabela 1), sendo utilizada como testemunha a cultivar de mandioca de mesa IAC 576-70, conhecida popularmente na região do Cerrado como Japonesinha e que é indicada para o cultivo na região (Fialho et al., 2009).

Tabela 1. Relação dos clones de mandioca do programa de melhoramento de mandioca do Cerrado avaliados com respectivos códigos, genealogia e identificação da testemunha com respectivo código do Banco de Germoplasma de mandioca do Cerrado (BGMC).

Ordem	Clones	Genealogia
1	341/08	BGMC 1228 polinização aberta
2	345/08	BGMC 1228 polinização aberta
3	378/08	BGMC 1228 polinização aberta
4	387/08	BGMC 1228 polinização aberta
5	390/08	BGMC 1228 polinização aberta
6	395/08	BGMC 1228 polinização aberta
7	406/08	BGMC 1415 polinização aberta
8	413/08	BGMC 1415 polinização aberta
9	IAC 576-70 (BGMC 753)	IAC Ouro do Vale polinização aberta

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com três repetições, sendo cada parcela composta por 4 linhas de 10 plantas, com espaçamento de 0,80 m entre plantas e 1,20 m entre linhas. No processo de caracterização foram utilizadas as 16 plantas centrais de cada parcela. As avaliações foram realizadas nas safras 2010/2011 e 2011/2012. A seleção do material de plantio e os tratos culturais seguiram as recomendações do sistema de produção de mandioca para a região do Cerrado (Fialho et al., 2013, Fialho & Vieira, 2013).

Os descritores morfológicos foram avaliados no local dos experimentos nos dois anos, seguindo as instruções para a execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2008) e de Fukuda & Guevara (1998). Os 40 descritores qualitativos avaliados foram: 1) coloração da folha apical; 2) pubescência do broto apical; 3) forma do lóbulo central da folha; 4) coloração do pecíolo; 5) coloração do córtex do caule; 6) coloração da epiderme externa do caule; 7) comprimento da filotaxia; 8) coloração da película da raiz; 9) coloração do córtex da raiz; 10) coloração da polpa da raiz; 11) textura da epiderme da raiz; 12) presença de floração; 13) coloração da folha desenvolvida; 14) número predominante de lóbulos nas folhas; 15) coloração da epiderme interna do caule; 16) hábito de crescimento do caule; 17) coloração dos ramos terminais nas plantas adultas; 18) constrições da raiz; 19) coloração da nervura central da folha; 20) posição do pecíolo; 21) proeminência das gemas foliares; 22) comprimento das estípulas; 23) margem das estípulas; 24) hábito de ramificação; 25) sinuosidade do lóbulo foliar; 26) forma da raiz; 27) tipo de planta; 28) comprimento médio da raiz; 29) diâmetro médio da raiz; 30) destaque da película da raiz; 31) destaque do córtex da raiz; 32) coloração das sépalas; 33) coloração do disco da flor; 34) coloração do estigma; 35) coloração do ovário; 36) coloração das anteras; 37) presença de estames nas flores femininas; 38) presença de pólen; 39) formação de frutos e 40) rugosidade do exocarpo do fruto. As avaliações relativas a folhas e pecíolos, caule e raízes foram efetuadas respectivamente aos seis, oito e doze meses após o plantio. Já as avaliações relacionadas às

flores foram realizadas quando 50% das plantas haviam florescido.

Com base na distribuição de frequência dos clones nas diferentes classes fenotípicas, foi estimada a entropia de cada descritor por meio do coeficiente de entropia de Renyi, utilizando a fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Em que:

H= entropia de n genótipos em s classes fenotípicas do descritor considerado;

$p_i = f_i/n$ sendo: $p_1 = f_1/n$ e $(p_1 + p_2 + \dots + p_s = 1)$ desde que $(n = f_1 + f_2 + \dots + f_s)$, onde f_1, f_2, \dots, f_n , correspondem ao número de genótipos em cada uma das classes fenotípicas (s) do descritor considerado.

O cálculo da estimativa da entropia foi realizado com o auxílio do programa Multiv v.2.3 (Pillar, 1997). A entropia de um determinado descritor será tão maior quanto maior for o número de classes fenotípicas e quanto mais equilibrada for a distribuição de frequência dos acessos nas classes fenotípicas. Ou seja, para um descritor com duas classes fenotípicas, a maior entropia ocorrerá quando ambas as classes apresentarem 50% dos genótipos avaliados.

A matriz de dissimilaridade genética entre os nove genótipos, com base nos 20 marcadores morfológicos que evidenciaram polimorfismo, foi estimada por meio do complemento do índice de coincidência simples com auxílio do programa computacional Genes (Cruz, 2013). Com base na matriz de dissimilaridade foi realizada a análise de agrupamento dos genótipos via dendrograma, utilizando como critério o método da ligação média entre grupos não ponderado, conhecido como UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*), que utiliza as médias aritméticas (não ponderadas) das medidas de dissimilaridade. O ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma foi estimado pelo coeficiente de correlação cofenética (r), conforme Sokal & Rohlf (1962), com o auxílio do programa computacional NTSYS pc 2.1 (Rohlf, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que os descritores morfológicos foram eficientes na diferenciação dos genótipos, uma vez que nenhum par de genótipos apresentou 100% de similaridade (Figura 1). Este resultado evidencia a utilidade dos descritores para fins de ensaios visando à caracterização de genótipos e à proteção de cultivares de mandioca. Trabalhos utilizando descritores de mandioca realizados anteriormente também demonstraram a eficiência dos descritores morfológicos na diferenciação de genótipos de mandioca (Vieira et al., 2013; Fuhrmann et al., 2016; Carlos et al., 2020).

Todos os descritores obtidos em 2010/2011 foram validados em 2011/2012 evidenciando que

o fator ano/safra, não influenciou a expressão fenotípica dos caracteres. Com base nos resultados obtidos, verifica-se que os clones elite de mandioca de mesa rosada avaliados, exibem variabilidade genética, uma vez que entre os 40 caracteres avaliados, metade (50%) foram polimórficos, apresentando mais de uma classe fenotípica, sendo importantes na diferenciação dos clones (Tabelas 2 e 3).

Não houve variação para 20 descritores, uma vez que todos os genótipos apresentaram cor do córtex da raiz branca ou creme, textura da epiderme da raiz rugosa, presença de floração, coloração da folha desenvolvida verde escura, coloração da epiderme do caule marrom claro, hábito de crescimento do caule reto, poucas ou nenhuma constrições na raiz, coloração da nervura central da folha verde, pecíolo na posição horizontal, proeminência de cicatrizes foliares, comprimento das estípulas longas, sinuosidade do lóbulo foliar sinuoso, coloração das sépalas verde, coloração do estigma branco ou creme, coloração do ovário verde, coloração das anteras amarelas, ausência de flores femininas sem estames, presença de pólen, presença de frutos e exocarpo do fruto rugoso.

Dentre os caracteres que tiveram variação, aqueles com o maior número de classes fenotípicas na aferição dos caracteres qualitativos, foram a forma do lóbulo central, cor do pecíolo, cor externa do caule, número de lóbulos, cor do disco ambos com três classes. Algumas classes fenotípicas apresentaram variações somente para a testemunha IAC 576-70 sendo a variedade recomendada para cultivo na região do Cerrado, que diferiu dos demais genótipos por apresentar ausência de pubescência no broto apical, cor do córtex do caule verde escuro, cor da polpa da raiz creme, cor dos ramos terminais nas plantas adultas verdes e tipo de planta compacta (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Caracterização morfológica dos clones de mandioca com base na cor da folha apical (CFA), pubescência do broto apical (PBA), forma do lóbulo central (FLC), cor do pecíolo (CP), cor do córtex do caule (CCC), cor externa do caule (CEC), comprimento da filotaxia (CF), cor externa da raiz (CER), cor da polpa da raiz (CPR), número de lóbulos (NL).

Clones	Descritores morfológicos									
	CFA	PBA	FLC	CP	CCC	CEC	CF	CER	CPR	NL
IAC 576-70	verde arroxeadado	ausente	oblongo-lanceolada	verde avermelhado	verde escuro	prateado	médio	marrom escuro	creme	sete lóbulos
341/08	verde arroxeadado	presente	lanceolada	vermelho	verde claro	marrom escuro	curto	marrom claro	rosada	cinco lóbulos
345/08	verde arroxeadado	presente	elíptica-lanceolada	verde avermelhado	verde claro	marrom escuro	médio	marrom claro	rosada	sete lóbulos
378/08	verde claro	presente	lanceolada	vermelho	verde claro	marrom claro	médio	marrom escuro	rosada	sete lóbulos
387/08	verde claro	presente	lanceolada	verde avermelhado	verde claro	marrom claro	curto	marrom claro	rosada	sete lóbulos
390/08	verde arroxeadado	presente	lanceolada	vermelho	verde claro	marrom claro	médio	marrom claro	rosada	nove lóbulos
395/08	verde claro	presente	elíptica-lanceolada	vermelho	verde claro	marrom claro	curto	marrom claro	rosada	nove lóbulos
406/08	verde arroxeadado	presente	lanceolada	vermelho esverdeado	verde claro	marrom claro	médio	marrom escuro	rosada	sete lóbulos
413/08	verde arroxeadado	presente	elíptica-lanceolada	vermelho	verde claro	marrom claro	médio	marrom claro	rosada	sete lóbulos

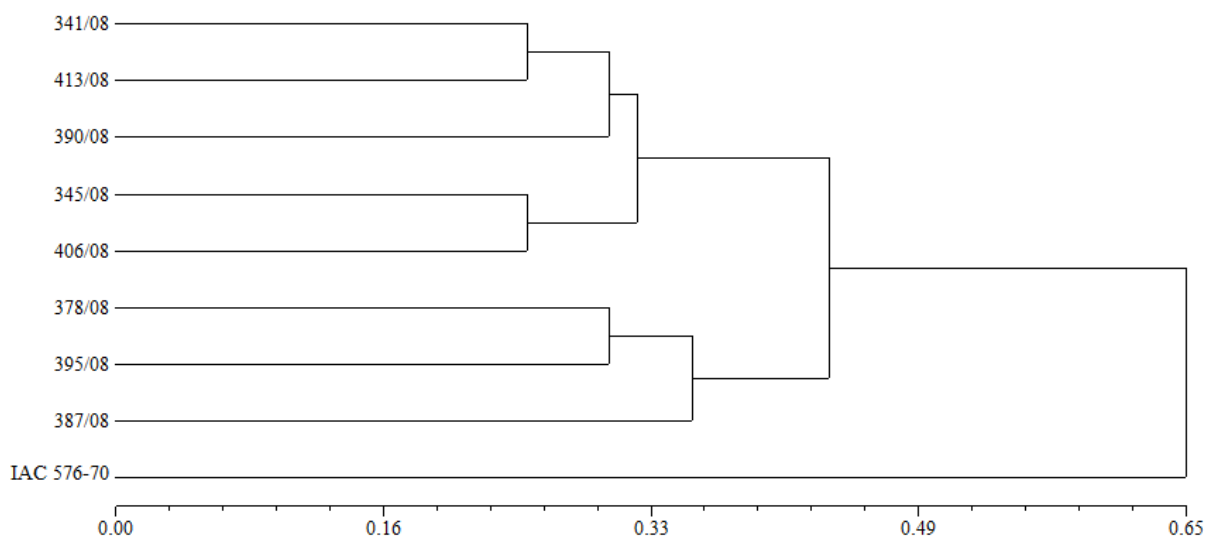
Tabela 3. Caracterização morfológica dos clones de mandioca com base na cor dos ramos terminais nas plantas adultas (CRT), margem das estípulas (ME), hábito de ramificação (HR), forma da raiz (FR), tipo de planta (TP), comprimento médio da raiz (CMR), diâmetro médio da raiz (DMR), destaque da película da raiz (DPR), diâmetro circular das raízes (DCR) e cor do disco (CD).

Clones	Descritores morfológicos									
	CRT	ME	HR	FR	TP	CMR	DMR	DPR	DCR	CD
IAC 576-70	verde	laciniada	dicotômica	cilíndrica	Compacta	intermediária	intermediária	fácil	fácil	laranja
341/08	verde-arroxeadado	laciniada	dicotômica	cônica-cilíndrica	Aberta	longa	intermediária	fácil	fácil	roxo
345/08	verde-arroxeadado	laciniada	tricotômica	cônica-cilíndrica	Aberta	longa	intermediária	fácil	fácil	vermelha
378/08	verde-arroxeadado	laciniada	dicotômica	cônica-cilíndrica	Aberta	intermediária	intermediária	difícil	difícil	laranja
387/08	verde	laciniada	tricotômica	cônica-cilíndrica	Aberta	intermediária	intermediária	fácil	fácil	laranja
390/08	verde-arroxeadado	inteira	tricotômica	cilíndrica	Aberta	longa	intermediária	fácil	fácil	roxo
395/08	verde-arroxeadado	laciniada	dicotômica	cônica-cilíndrica	Aberta	intermediária	finas	difícil	fácil	laranja
406/08	verde-arroxeadado	laciniada	tricotômica	cônica-cilíndrica	Aberta	longa	finas	fácil	fácil	vermelha
413/08	verde-arroxeadado	laciniada	dicotômica	cônica-cilíndrica	Aberta	longa	finas	fácil	fácil	roxo

Com base na análise visual da Figura 1, foi possível verificar a formação de três grupos de similaridade: i) 341/08, 413/08, 390/08, 345/08, 406/08; ii) 378/08, 395/08, 387/08, e iii) IAC 576-70, sendo observada uma clara tendência de agrupamento dos clones em função de sua genealogia (Tabela 1). O elevado coeficiente de correlação cofenética do dendrograma ($r = 0,92$) revelou elevado ajuste entre a representação gráfica da similaridade genética e a matriz de similaridade, o que justifica que sejam realizadas inferências por meio da avaliação visual da Figura 1. Em trabalho realizado por Vieira et al. (2011) foi observada uma clara subdivisão dos genótipos em diferentes grupos de similaridade evidenciando uma tendência de agrupamento dos acessos com base na cor da polpa da raiz de reserva. Já no trabalho de Duputié et al. (2009), não foi observada esta clara subdivisão dos genótipos em diferentes grupos de similaridade, não encontrando uma clara estruturação da diversidade genética, o que pode ser explicado pelo fato de haver uma constante troca de genótipos entre os produtores de diferentes regiões, gerando fluxo gênico e dificuldades na identificação da origem exata dos acessos.

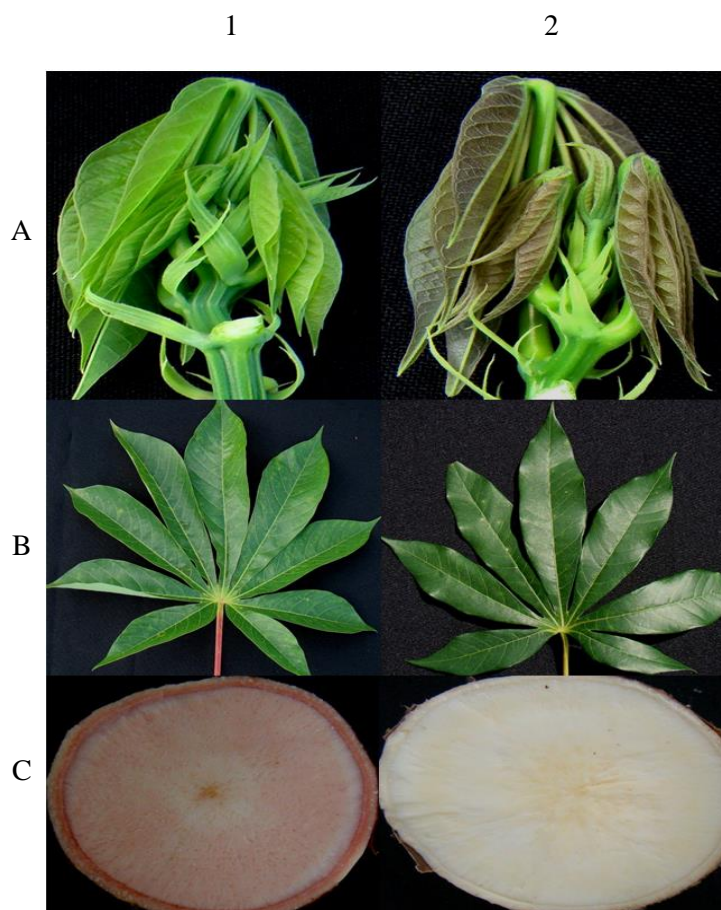
Os clones morfológicamente mais próximos foram o 413/08 e 341/08, 406/08 e 345/08, 413/08 e 345/08 e 413/08 e 406/08 com uma dissimilaridade de 0,25 (Figura 1). Estes, porém, possuem a mesma genealogia (Tabela 1). A maior dissimilaridade genética foi observada entre os clones 395/08 com coloração da polpa da raiz rosada e a testemunha IAC 576-70 variedade recomendada para o plantio na região do Cerrado brasileiro, com uma dissimilaridade de 0,75.

Figura 1. Análise de agrupamento de 9 clones de mandioca, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade genética obtida por meio do complemento do índice de similaridade de coincidência simples, utilizando 20 descritores morfológicos qualitativos. O valor do coeficiente de correlação cofenética (r) é de 0,92.



A maior dissimilaridade genética entre os clones 395/08 e o IAC 576-70 é confirmada pelas diferenças desses dois genótipos em vários descritores: cor da folha apical, pubescência do broto apical, forma do lóbulo central, cor do pecíolo, cor do córtex do caule, cor externa do caule, comprimento da filotaxia, cor externa da raiz, cor da polpa da raiz, número de lóbulos, cor dos ramos terminais nas plantas adultas, forma da raiz, tipo de planta, diâmetro médio da raiz e destaque da película da raiz. Na Figura 2 destacamos alguns desses caracteres que diferenciam os clones 395/08 e IAC 576-70. A presença de variabilidade entre os dois genótipos era esperada, uma vez que é um clone em processo de melhoramento genético com coloração da polpa das raízes rosada e outra a variedade de mandioca recomendada para o cultivo na região que possui a coloração da polpa creme.

Figura 2. Comparação de dissimilaridade entre o clone 395/08 (1) e a testemunha IAC 576-70 (2) com relação à coloração das folhas apicais (A), forma do lóbulo central, numero de lóbulos (B) e coloração da polpa da raiz (C).



Dentre os caracteres aferidos, alguns se destacaram em função de expressarem elevada entropia: cor do disco (1,06); forma do lóbulo central (0,94) e cor do pecíolo (0,94) (Tabela 4), sendo que estes caracteres apresentam em comum o fato de serem pouco relacionados com caracteres agrônômicos de interesse o que provavelmente fez com que estes fossem pouco visados durante o processo de seleção realizado tanto pelos melhoristas como no início da domesticação da espécie (Vieira et al., 2008).

Dentre os caracteres avaliados, alguns são de grande importância para o melhoramento genético de mandioca de mesa biofortificada, como a coloração da polpa da raiz que é de grande importância comercial para a mandioca de mesa na região do Cerrado. Esta característica está diretamente relacionada com a presença de carotenóides como β -caroteno nas raízes de coloração amarela e o licopeno nas raízes de coloração rosada (Carvalho et al., 2011; Carvalho et al., 2012; Silva et al., 2014). Esses carotenóides têm importância na alimentação humana pelos benefícios do β -caroteno como precursor da vitamina A, que é importante para o crescimento, desenvolvimento, manutenção de tecidos epiteliais, sistema imunológico e, em especial para o funcionamento do ciclo visual na regeneração de fotorreceptores (Ambrosio et al., 2006). O licopeno protege moléculas de lipídios, lipoproteínas de baixa densidade, proteínas e DNA contra ataque dos radicais livres, tendo um papel essencial na proteção contra doenças (Shami & Moreira, 2004). Dentre os genótipos avaliados, 89% dos clones têm cor da polpa das raízes rosada e 11% têm cor creme, característica da variedade IAC 576-70 usada como testemunha.

Quanto ao destaque do córtex da raiz, os programas de melhoramento genético de mandioca de mesa objetivam cultivares com fácil destaque. Verificou-se que 89% dos clones expressaram esse fenótipo desejável. Outro caractere de importância é o comprimento médio das raízes, uma vez que os consumidores de mandioca têm preferência por cultivares com raízes de tamanho médio. Entre os clones avaliados, 44% expressaram esse fenótipo desejável. Outros caracteres também apresentaram fenótipos desejáveis como: i) diâmetro médio da raiz, o ideal é o fenótipo com diâmetro intermediário, o qual está intimamente relacionado à qualidade e ao padrão da raiz de mandioca, sendo observado em 67% dos genótipos avaliados, ii) coloração da película da raiz, sendo que o ideal para a produção de mandioca de mesa são as mandiocas com coloração externa da raiz marrom claro e marrom escuro, o que foi observado em 100% dos genótipos (Tabela 4). Essas características fenotípicas são importantes no momento da seleção de genótipos, nos tratos culturais e na colheita facilitando seu manejo, sendo preferidas pelos produtores e algumas características de importância para a comercialização do produto no mercado, objetivando sua utilização de

forma direta pelos produtores ou indireta, no desenvolvimento de variedades adaptadas a locais específicos (Vieira et al., 2018).

Tabela 4. Caracteres avaliados, classes fenotípicas, frequência de clones e estimativa do coeficiente de entropia em cada uma das classes.

Caracteres	Classes fenotípicas	Frequência dos genótipos (%)	Entropia (H)
Cor da folha apical	verde claro	33	0.64
	verde arroxeado	67	
Pubescência do broto apical	ausente	11	0.35
	presente	89	
Forma do lóbulo central	elíptica-lanceolada	33	0.94
	oblonga-lanceolada	11	
	lanceolada	56	
Cor do pecíolo	verde avermelhado	33	0.94
	vermelho esverdeado	11	
	vermelho	56	
Cor do córtex do caule	verde claro	89	0.35
	verde escuro	11	
Cor externa do caule	marrom claro	67	0.85
	prateado	11	
	marrom escuro	22	
Comprimento da filotaxia	curto (< 8 cm)	33	0.64
	médio (8-15 cm)	67	
Cor externa da raiz	marrom claro	67	0.64
	marrom escuro	33	
Cor da polpa da raiz	creme	11	0.35
	rosada	89	
Número de lóbulos	cinco	11	0.85
	sete	67	
	nove	22	
Cor dos ramos terminais	verde	22	0.53
	verde-arroxeado	78	
Margem estípulas	laciniada	89	0.35
	inteira	11	
Hábito de ramificação	dicotômica	56	0.69
	tricotômica	44	
Forma da raiz	cônica-cilíndrica	78	0.53
	cilíndrica	22	
Tipo de planta	compacta	11	0.35
	aberta	89	
Comprimento médio da raiz	intermediária	44	0.69
	longa	56	
Diâmetro médio da raiz	finas	33	0.64
	intermediária	67	
Destaque da película da raiz	fácil	78	0.53
	difícil	22	
Destaque do córtex da raiz	fácil	89	0.35
	difícil	11	
Cor do disco	laranja	44	1.06
	vermelho	22	
	roxo	33	

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que no grupo de clones de mandioca rosada avaliados, há clones com potencial para recomendação para cultivo comercial na região do Cerrado e outros que podem ser usados no desenvolvimento de cultivares adaptadas a locais específicos, uma vez que vários deles têm caracteres desejáveis do ponto de vista agrônômico e morfológico.

4 CONCLUSÕES

Os clones avaliados tiveram variabilidade fenotípica para os caracteres que foram aferidos, demonstrando a possibilidade da diferenciação dos mesmos para fins de ensaios de caracterização de genótipos visando à proteção de cultivares de mandioca e seleção de genitores para uso em programas de melhoramento genético.

No grupo de clones avaliados, há genótipos com potencial para recomendação para cultivo comercial, demonstrando caracteres morfológicos desejáveis do ponto de vista agrônômico e comercial.

A cultivar IAC 576-70 apresentou grande variabilidade em relação os demais clones, com destaque para a coloração da polpa ser creme e os demais clones avaliados possuir polpa rosada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa, à Fundação Banco do Brasil, à Universidade de Brasília, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AMBROSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C, S.; Faro, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v.19, p. 233-243, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000200010>

ANTONINI, J. C. A.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; MACENA, F. A.; NAUDIN, K.; MALAQUIAS, J. V. Desempenho agrônômico de mandioca de mesa manejada com irrigação e uso de cobertura plástica do solo. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.6, p.47-55, 2020. <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n6.a406>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Proteção de cultivares**. Brasília, DF: MAPA, 2008. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/agricolas>

CARLOS, R. E. S.; AFONSO, S. D. J.; MOREIRA, R. F.; CERQUEIRA-PEREIRA, E. C. Avaliação agrônômica de mandioca em Angola. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. ., p. 467-474, 2020. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n1-040>

CARVALHO, L. J. C. B.; LIPOLIS, J. ; CHEN, S.; SOUZA, C. R. B.; VIEIRA, E. A.; JAMES, V. A. Characterization of carotenoid-protein complexes and gene expression analysis associated with carotenoid sequestration in pigmented cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) storage root. **The Open Biochemistry Journal**, v. 6, p. 116-130, 2012. <https://doi.org/10.2174/1874091X01206010116>

CARVALHO, L. J. C. B.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SOUZA, C. R. B. A genomic assisted breeding program for cassava to improve nutritional quality and industrial traits of storage root. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, n. 4, p. 289-296, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000400001>

CRUZ, C. D. GENES: software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

DUPUTIÉ, A.; MASSOL, F.; DAVID, P.; HAXAIRE, C.; MCKEY, D. Traditional Ameridian cultivators combine directional and ideotypic selection for sustainable management of cassava genetic diversity. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 22, n. 6, p. 1317-1325, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2009.01749.x>

FIALHO, J. F.; SOUSA, D. M. G.; VIEIRA, E. A. Manejo do solo no cultivo de mandioca. In: FIALHO, J.F.; VIEIRA, E. A. (Eds.). **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2013. p. 39-60. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/981357/mandioca-no-cerrado-orientacoes-tecnicas>

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. Manejo e tratos culturais da mandioca. In: FIALHO, J.F.; VIEIRA, E. A. (Ed.). **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2013. p. 61-88. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/981357/mandioca-no-cerrado-orientacoes-tecnicas>

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; SILVA, M. S.; PAULA-MORAES, S. V.; FUKUDA, W. M.

G.; SANTOS FILHO, M. O. S.; SILVA, K. N. Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, n. 1-4, p. 31-35, 2009. <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1983>

FUHRMANN, E.; VIEIRA, E. A.; FALEIRO, F. G.; FIALHO, J. F.; CARVALHO, L. J. C. B. Caracterização morfológica de clones elite de mandioca de mesa amarelos biofortificados. **Magistra**, v. 28, n. 3/4, p. 427-438, 2016. <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/187/285>

FUHRMANN, E.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; CARVALHO, L. J. C. B. Agronomic performance and biochemical attributes of yellow-pulped elite sweet cassava clones. **Científica**, v. 47, n. 1, p. 77-82, 2019. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2019v47n1p77-82>

FUHRMANN, E.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; MALAQUIAS, J. V.; CARVALHO, L. J. C. B. Agronomic and biochemical evaluation of cassava clones with roots that have pink pulp. **Ciência Rural**, v. 50, n. 1, e20180910, 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180910>

FUKUDA, W. M. G.; GUEVARA, C. L. **Descritores morfológicos e agronômicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cruz das Almas: CNPMF, 1998, 38p.

LIMA, R. F.; SILVA, A. O.; DIAS, P. H. B.; SILVA, B. C.; GUIMARÃES, W. R. A produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na agricultura familiar da região Nordeste Paraense: estudo a partir da comunidade de Jacarequara, Capanema, Pará. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1284-1296, 2020. <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/14285>

MENDONÇA, R. M.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; RIBEIRO, M. R.; SENA, J. C. S.; PAIVA, W. M.; MALAQUIAS, J. V. Agronomic performance of sweet cassava cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 434-438, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536202004015>

PAZ, R. B. O.; COSTA, C. H. M.; VIEIRA, E. A.; COELHO, M. V.; CRUZ, S. C. S.; MACHADO, L. B. Desempenho agrônômico de cultivares de mandioca de mesa em ambiente do cerrado. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.3, p.37-47, 2020. <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n3.a370>

PILLAR, V. P. Multivariate exploratory analysis and randomization testing using Multiv. **Coenoses**, v.12, n.1, p.145-148, 1997. https://www.researchgate.net/profile/Valerio-Pillar/publication/284884201_Multivariate_exploratory_analysis_and_randomization_testing_with_MULTIV/links/5884e8b192851c21ff4b0fb2/Multivariate-exploratory-analysis-and-randomization-testing-with-MULTIV.pdf

ROHLF, F.J. **NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.1**. New York: Exeter Software, 2000. 98p. https://www.researchgate.net/publication/273072852_NTSYS-pc_Microcomputer_Programs_for_Numerical_Taxonomy_and_Multivariate_Analysis

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 2, p. 227-236, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000200009>

SILVA, K. N.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S. Potencial agrônômico e teor de carotenoides em raízes de reserva de mandioca. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1348-1354, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130606>

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v.11, p.30-40, 1962. https://www.jstor.org/stable/1217208?seq=1#metadata_info_tab_contents

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; CARVALHO, J. E. B. Cultivares. In: FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; BORGES, A. L. **Cultivo da Mandioca para Região do Cerrado**, Brasília: Embrapa Cerrados, 2017. p. 13-24. https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaoof6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=5304&p_r_p_-996514994_topicoId=5747

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S.; MORAES, S. V. P.; SANTOS FILHO, M. O. S.; SILVA, K. N. Divergência genética entre acessos açucarados e não açucarados de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p. 1707-1715, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200010>

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; SILVA, M. S.; PAULA-MORAES, S. V.; CARVALHO, L. J. C. B. Caracterização fenotípica e molecular de acessos de mandioca de indústria com potencial de adaptação às condições do cerrado do Brasil Central. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 567-582, 2013. <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/9406/12561>

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S.; PAULA-MORAES, S. V.; OLIVEIRA, C. M.; DENKE, M. L. Characterization of sweet cassava accessions based on molecular, quantitative and qualitative data. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v 11, n. 3, 232-240, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000300005>

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; JULIO, L.; CARVALHO, L. J. C. B.; DALLA CORTE, J. L.; RINALDI, M. M.; OLIVEIRA, C. M.; FERNANDES, F. D.; ANJOS, J. R. N. Sweet cassava cultivars with yellow or cream root pulp developed by participatory breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, n. 4, p. 450-454, 2018. <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n4c67>