



Comportamento meiótico e viabilidade polínica de variedades locais de mandioca

Eliane Cristina Moreno de Pedri; Giovana Cuchi; Ana Paula Roveda; Ana Aparecida Bandini Rossi

Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT)

email do(a) autor(a) correspondente: giovana.cuchi@unemat.br

Palavras-chave

aspectos

reprodutivos;

grãos de pólen;

Manihot esculenta;

reativo de alexander.

Keywords

reproductive

aspects;

pollen grains;

Manihot esculenta;

alexander's reagent.

Resumo: A mandioca é cultivada há milênios, sendo a estaquia seu principal método de multiplicação. Embora possa se reproduzir sexualmente, essa característica é pouco estudada, e compreender sua biologia reprodutiva é essencial para avaliar os impactos da domesticação. Dessa forma, objetivou-se neste estudo estimar o comportamento meiótico e a viabilidade dos grãos de pólen de vinte variedades locais de mandioca cultivadas no norte do estado de Mato Grosso, Brasil, visando avaliar o potencial reprodutivo das diferentes variedades. Para tanto, aos seis meses após o plantio, botões florais masculinos em pré-antese e em diferentes estágios de desenvolvimento foram coletados de um experimento localizado no município de Alta Floresta-MT. Na preparação das lâminas, utilizou-se orceína acética 2%, para análise meiótica e solução tripla de reativo de Alexander, para viabilidade polínica. As análises foram conduzidas no Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular de Plantas, Universidade do Estado de Mato Grosso. Um total de 2.000 células/grãos de pólen foram contados por variedade e as observações realizadas pelo método de varredura. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do programa Genes. As variedades analisadas apresentam alto índice meiótico (> 86%) e média taxa de viabilidade polínica (62%). A domesticação da *Manihot esculenta* ao longo das gerações não comprometeu o potencial reprodutivo das variedades locais cultivadas nas roças dos agricultores familiares de Mato Grosso. Os agricultores, por sua vez, desempenham um papel crucial como mantenedores desse importante recurso genético, contribuindo para a manutenção e conservação da mandioca.

Abstract: Cassava has been cultivated for millennia, and cuttings are its main method of propagation. Although it can reproduce sexually, this characteristic is little studied, and understanding its reproductive biology is essential to assess the impacts of domestication. Thus, the objective of this study was to estimate the meiotic behavior and pollen grain viability of twenty local cassava varieties grown in the northern state of Mato Grosso, Brazil, in order to evaluate the reproductive potential of the different varieties. For this purpose, six months after planting, male flower buds in pre-anthesis and at different stages of development were collected from an experiment located in the municipality of Alta Floresta, Mato Grosso. In the preparation of the slides, 2% acetic orcein was used for meiotic analysis and triple Alexander reagent solution for pollen viability. The analyses were conducted at the Laboratory of Plant Genetics and Molecular Biology of Plants, Universidade do Estado de Mato Grosso. A total of 2,000 cells/pollen grains were counted per variety and the observations were made by the scanning method. The data were analyzed for normality using the Lilliefors test and, since they presented a normal distribution, were subjected to analysis of variance. The means were compared using the Scott-Knott test, at 5% probability. The analyses were performed using the Genes program. The varieties analyzed presented a high meiotic index (> 86%) and an average pollen viability rate (62%). The domestication of *Manihot esculenta* over generations has not compromised the reproductive potential of local varieties cultivated on the farms of family farmers in Mato Grosso. Farmers, in turn, play a crucial role as maintainers of this important genetic resource, contributing to the maintenance and conservation of cassava.



doi [10.25061/2527-2675/ReBraM/2026.v29i2.2565](https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2026.v29i2.2565)

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), planta dicotiledônea pertencente à família Euphorbiaceae e ao gênero *Manihot*, é originária da América do Sul (Allem, 2002). No Brasil destaca-se pelo seu amplo cultivo, especialmente entre agricultores familiares, devido à sua fácil propagação, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e elevado potencial produtivo. Suas raízes tuberosas são utilizadas na alimentação humana e animal, além de serem matéria-prima para agroindústrias de processamento (Moura et al., 2013; Tumuhimbise et al., 2014).

A espécie *M. esculenta* manteve sua capacidade de reprodução sexual, embora seja propagada vegetativamente a milênios, permitindo a geração de novas variedades a partir de sementes. Essas variedades são, posteriormente, incorporadas ao sistema de cultivo e mantidos por reprodução vegetativa, contribuindo para a ampliação da base genética da espécie (Elias et al., 2001; Silva et al., 2001).

As inflorescências da planta da mandioca se desenvolvem na extremidade superior das hastes. Trata-se de uma planta monoica, ou seja, apresenta flores masculinas e femininas na mesma planta. As flores masculinas, em maior quantidade, estão posicionadas na parte superior da inflorescência, enquanto as femininas, em menor número, localizam-se na região inferior (Ospina; Ceballos, 2002).

As flores masculinas da espécie *M. esculenta* contêm sépalas que são parcialmente unidas até cerca da metade do seu comprimento, envolvendo o disco onde se inserem duas séries de estames. As anteras possuem formato alongado e inclinam-se para o interior da flor (Mattos et al., 2006). Os principais polinizadores da mandioca incluem coleópteros, vespas, abelhas (*Apis mellifera*) e abelhas irapuá (*Trigona spinipes*), atraídos pelo odor das flores, além do pólen e do néctar (Silva et al., 2001).

O grão de pólen, que se desenvolve no interior das anteras, representa a estrutura reprodutiva masculina das plantas e, por meio do processo de meiose produz quatro células haploides que, inicialmente, permanecem unidas numa tétrade (Karasawa, 2009). "A fertilidade das plantas depende da regularidade meiótica, que pode ocorrer durante a formação dos grãos de pólen" (Pereira et al., 2017. p. 277), e o processo normal da meiose garante a viabilidade do gameta. Contudo, este evento é controlado por muitos genes e, portanto, mutações podem ocorrer (Pagliarini, 2000).

A divisão meiótica é fundamental na manutenção da variabilidade genética (Borém; Miranda, 2013) e estimá-la auxilia na verificação de sua regularidade, por isso quanto maior for o índice, maior a estabilidade meiótica (Love, 1951). Já a viabilidade do grão de pólen pode ser estimada por método indireto baseado em parâmetros citológicos, como a coloração (Almeida et al., 2011), os corantes utilizados possuem como vantagem a rapidez e baixo custo das análises. A análise da viabilidade polínica evidencia o potencial masculino de reprodução das espécies vegetais e pode ser útil em estudos taxonômicos, ecológicos, genéticos e palinológicos (Frescura et al., 2012).

Apesar da importância da espécie, ainda há poucos estudos sobre a biologia reprodutiva da mandioca, o que leva à subutilização de seus recursos genéticos disponíveis (Silva et al., 2001). Compreender esse aspecto é essencial para avaliar os impactos da domesticação na sua capacidade de reprodução sexual. Diante disso, objetivou-se neste estudo estimar o com-

portamento meiótico e a viabilidade polínica de vinte variedades locais de mandioca cultivadas no norte do estado de Mato Grosso, Brasil, visando avaliar o potencial reprodutivo das diferentes variedades.

Metodologia

Material Vegetal

Foram realizadas coletas de manivas (material de propagação) de 20 variedades locais de mandioca (Tabela 1) cultivadas, por agricultores familiares, em dez municípios localizados ao longo da rodovia BR 163, sendo eles: Nova Mutum (NMU), Lucas do Rio Verde (LCA), Sorriso (SOR), Sinop (SNP), Itaúba (ITA), Nova Santa Helena (SHE), Terra Nova do Norte (TNO), Peixoto de Azevedo (PXT), Matupá (MTA) e Guarantã do Norte (GUA).

Tabela 1. Variedades locais de *Manihot esculenta* coletadas ao longo da BR 163 e multiplicadas em Alta Floresta, MT, Brasil

Sigla	Variedade	Município de coleta
GUA03	<i>Branca 01</i>	Guarantã
GUA04	<i>Casca roxa</i>	Guarantã
ITA04	<i>Amarela</i>	Itaúba
ITA05	<i>Galhuda branca</i>	Itaúba
LCA07	<i>Cascatinha</i>	Lucas do Rio Verde
LCA09	<i>Cacau</i>	Lucas do Rio Verde
MTA04	<i>Vassourinha</i>	Matupá
MTA07	<i>Amarelinha</i>	Matupá
NMU03	<i>Branca quatro meses</i>	Nova Mutum
NMU09	<i>Cacauzinha</i>	Nova Mutum
PXT01	<i>Branca 01</i>	Peixoto de Azevedo
PXT03	<i>Liberata</i>	Peixoto de Azevedo
SHE02	<i>Casca roxa 02</i>	Nova Santa Helena
SHE04	<i>Mandioca branca</i>	Nova Santa Helena
SNP03	<i>Casca branca</i>	Sinop
SNP04	<i>Cacau</i>	Sinop
SOR07	<i>Folha roxa</i>	Sorriso
SOR09	<i>Mandioca pão</i>	Sorriso
TNO02	<i>Casca roxa 01</i>	Terra Nova do Norte
TNO05	<i>Talo roxo</i>	Terra Nova do Norte

Fonte: Os autores

As manivas coletadas foram utilizadas para multiplicação das variedades na Chácara Nossa Senhora Aparecida (9° 57' 00,8" S; 56° 05' 44,4" W), Comunidade Central, no município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

O plantio foi feito em linhas simples, com 15 plantas (manivas) de cada variedades, com espaçamento entre plantas e linhas de 1 m e bordas laterais, sem repetição. As manivas utilizadas para plantio tinham 15–20 cm de comprimento, sendo dispostas no solo horizontalmente a 10 cm de profundidade.

Seis meses após o plantio ocorreu a primeira florada das variedades multiplicadas. Então, para as análises foram coletados botões florais em pré-antese, em diferentes estágios de desenvolvimento (Figura 1), das cinco plantas centrais de cada linha, de cada variedade.

Figura 1. Estágios de desenvolvimento da flor masculina da espécie *Manihot esculenta* Crantz.



Fonte: Os autores

Índice meiótico

O índice meiótico de 20 variedades locais de mandioca foi estimado pela contagem de células meióticas obtidas de botões florais (Figura 1; Estágios I e II) masculinos em pré-antese. Os botões foram coletados e imersos em solução fixadora de álcool absoluto: ácido acético na proporção de 3:1 por 24 horas e, em seguida, transferidos para álcool 70% e armazenados a 4 °C. As análises foram realizadas no Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular de Plantas (GenBioMol), Centro de Pesquisa e Tecnologia da Amazônia Meridional (CEPTAM), na Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Campus de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

Na preparação das lâminas, as anteras foram maceradas sob uma gota (30 µL) de orceína acética 2%. As lâminas foram observadas sob microscópio binocular com lente 40x. Os estágios meióticos foram analisados e as células foram contadas, sendo 2.000 produtos pós-meioticos por variedade. As tétrades, com as quatro células do mesmo tamanho, foram consideradas normais/regulares e qualquer desvio (mônades, díades, tríades e políade) foi considerado anormal/irregular. O índice meiótico (IM) foi calculado de acordo com Love (1951), seguindo a fórmula 1:

$$\text{Índice meiótico (\%)} = \left(\frac{\text{Número total de tétrades}}{\text{Número total de produtos pós-meioticos}} \right) \times 100 \quad (I)$$

Viabilidade do pólen

A estimativa da viabilidade polínica foi realizada por meio de teste colorimétrico em botões florais em pré-antese (Figura 1; Estágio IV) das 20 variedades locais de mandioca. Os botões foram coletados e imersos em solução fixadora de álcool absoluto: ácido acético na proporção de 3:1 por 24 horas e em seguida transferidos para álcool 70% e armazenados a 4 °C.

Para preparação das lâminas, as anteras foram maceradas sob uma gota (30 µL) de solução tripla de Alexander. Os grãos de pólen foram classificados como viáveis ou inviáveis conforme a coloração. Um total de 2.000 grãos de pólen foram contados por variedade e as observações realizadas pelo método de varredura de lâmina. Os dados obtidos foram transformados em termos percentuais e calculados seguindo a fórmula 2:

$$\text{Viabilidade do pólen (\%)} = \frac{\text{Número de grãos de pólen viáveis}}{\text{Número total de grãos contados}} \times 100 \quad (2)$$

Os produtos pós-meióticos e os grãos de pólen foram mensurados a partir de imagens capturadas com câmera digital colorida (BIOCAM, CMOS SERIES 1.3 MP, Curitiba-PR, Brasil), acoplada ao microscópio, com o auxílio do software TSView (Xintu photonics, TSview 7, Fujian, China). As mensurações foram realizadas no programa Anati Quanti 2®.

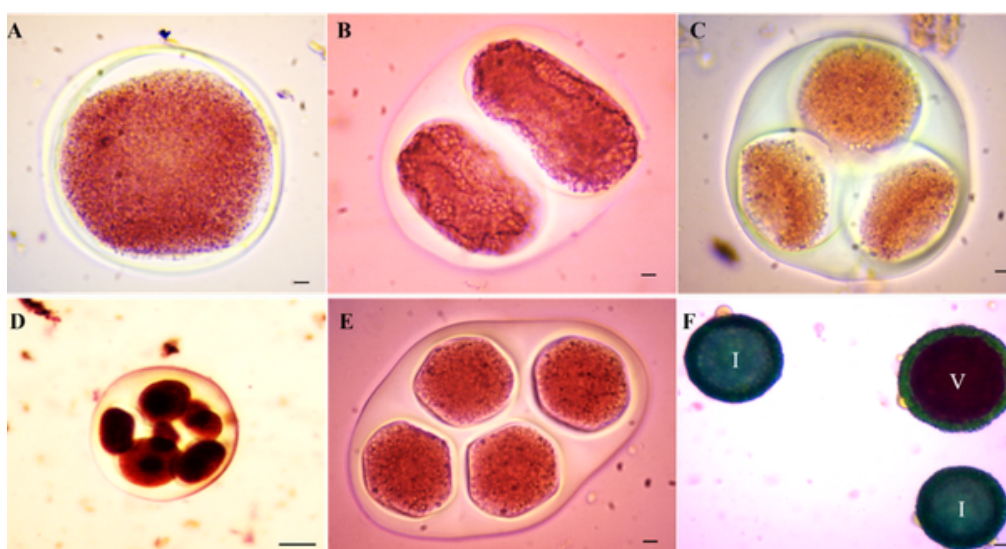
Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Lilliefors e, por apresentar distribuição normal, foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2016).

Resultados e Discussão

Índice meiótico

Os produtos pós-meióticos das variedades locais de mandioca analisados foram encontrados em botões florais com diâmetro entre 1,70–1,86 mm. Neste estudo foram observadas células irregulares (mônades, díades, tríades e políade) (Figura 2A; B; C e D, respectivamente) e regulares (tétrades) (Figura 2E).

Figura 2. Células de *Manihot esculenta* em pós-meiose: Mônode (A), díade (B), tríade (C), políade (D) e tétrade (E). Grão de pólen: viável (V) e inviável (I) corados com reativo de Alexander (F). Barra: 10 µm (A, B, C, E, F). Barra: 99,59 µm (D).



Fonte: Os autores

As 20 variedades locais de mandioca analisadas apresentaram índices meióticos estatisticamente diferentes, com médias que variaram de 96,0% a 73,0% (Tabela 2). As variedades LCA07, SNP03 e SHE04 apresentaram os menores valores de IM (73,0%, 74,0% e 76,0%, respectivamente) e, conseqüentemente, comportamento meiótico irregular, pois, segundo Love (1949), somente plantas com IM superior a 80% apresentam alta estabilidade meiótica. Picoli et al. (2003) destacam que alguns fatores como a temperatura, luz e estresse podem alterar o desenvolvimento da meiose.

A média geral de IM, independente da variedade estudada, foi estável (86,10%). A anormalidade encontrada com maior frequência consistiu em mônodes. O índice meiótico é um parâmetro simples, porém, muito utilizado em estudos de comportamento meiótico de plantas cultivadas, como em acessos de pimenta [*Capsicum annuum* e *Capsicum baccatum* (Martins et al., 2010)], carambola [*Averrhoa carambola* L. (Braga et al., 2018)] e milho híbrido [*Zea mays* (Souza et al., 2019)].

Tabela 2. Percentual médio do índice meiótico, evidenciando as irregularidades (mônodes, díades, tríades e políades) e regularidades (tétrades) pós-meióticas, de 20 variedades locais de mandioca cultivadas no estado de Mato Grosso, Brasil

Código	Mônodes	Díades	Triades	Políades	Tétrades	Índice Meiótico %
NMU03	7	1	08	-	188	94,0 B
NMU09	9	-	3	-	190	95,0 A
LCA07	51	-	4	-	145	73,0 L
LCA09	38	-	4	-	162	81,0 H
SOR07	21	-	3	-	177	88,0 E
SOR09	27	-	3	-	170	85,0 F
SNP03	51	-	2	-	148	74,0 K
SNP04	21	-	3	-	180	90,0 D
ITA04	6	-	4	1	191	96,0 A
ITA05	7	1	3	2	192	96,0 A
SHE02	23	-	4	-	180	90,0 D
SHE04	46	-	2	-	152	76,0 J
TNO02	28	1	5	-	169	84,0 F
TNO05	38	1	3	-	160	80,0 I
PXT01	28	-	4	-	169	85,0 F
PXT03	16	1	5	-	183	92,0 C
MTA04	31	-	2	-	167	84,0 G
MTA07	30	1	3	-	166	83,0 G
GUA03	7	-	4	-	191	96,0 A
GUA04	40	-	7	1	166	83,0 G
Total	525	6	76	4	3446	-
Média	26,3	1,0	3,8	1,3	172,3	86,3
C.V (%)	9,56					

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

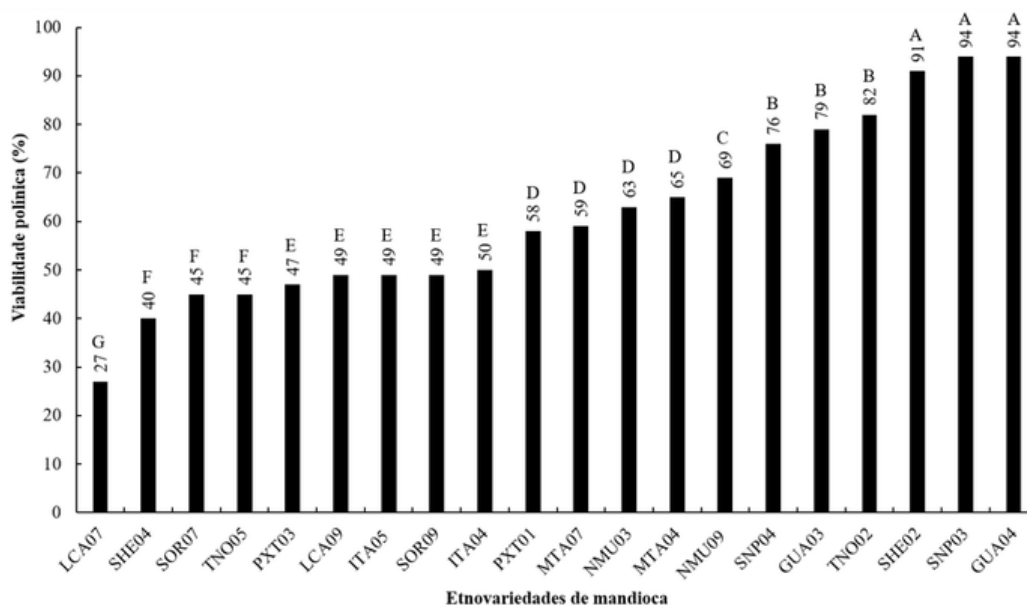
Fonte: Os autores

Viabilidade polínica

A solução tripla de Alexander distinguiu com eficácia os polens viáveis e inviáveis da espécie *M. esculenta* (Figura 2F), corando a parede celular de verde-claro azulado e o protoplasma de púrpura. Essa solução é constituída pelos corantes: verde malaquita, fucsina ácida e o alaranjado G (Alexander, 1969). O verde malaquita age com a celulose presente na parede celular e, portanto, a cora de verde, enquanto a fucsina ácida cora o protoplasma de vermelho/púrpura, e os grãos de pólen corados apenas de verde, por não possuírem protoplasma, são considerados inviáveis (Alexander, 1969; Alexander, 1980).

Houve diferença estatística significativa entre as variedades de mandioca analisadas com médias variando de 27% (LCA07) a 94% (GUA04) (Figura 3). Seguindo a classificação de Souza, Pereira e Martins (2002), seis variedades apresentaram alta taxa de viabilidade do pólen, com variação entre 76% (SNP04) a 94% (GUA04), 13 apresentaram média taxa de viabilidade com valores entre 40% (SHE04) a 59% (MTA07) e apenas uma variedade (LCA07) apresentou baixo valor de viabilidade do pólen (27%) e consequentemente, meiose irregular (73,0%). Porém, Hister e Tedesco (2016) destacam que médias de viabilidade do pólen inferiores a 70% são consideradas baixas, e podem trazer problemas para a espécie, como infertilidade.

Figura 3. Percentual médio de viabilidade do pólen de 20 variedades locais de mandioca (*Manihot esculenta*) cultivadas no estado de Mato Grosso, Brasil, por meio de teste colorimétrico com a solução tripla de Alexander. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.



Fonte: Os autores

No estudo, foi possível observar que algumas variedades de mandioca, apesar de meiose regular, apresentaram médias de viabilidade polínica inferiores a 70% (Tabela 2; Figura 3), indicando alguma causa não genética, como estágio de desenvolvimento do botão floral e/ou, conforme Kelly, Rasch e Kalisz (2002), a idade do pólen e fatores abióticos (temperatura e/ou umidade) que podem interferir no desenvolvimento das plantas e, consequentemente, na reprodução da espécie. Resultado seme-

lhante foi observado para linhagens de pimenta (*Capsicum spp.*), no estudo de Pozzobon et al. (2011), em que apesar de ter uma meiose regular algumas das linhagens estudadas apresentaram baixa viabilidade do pólen.

Os resultados deste estudo indicam que, embora a *Manihot esculenta* seja predominantemente multiplicada por estaquia ao longo das gerações, a espécie mantém seu potencial reprodutivo sexual. Esse fator é fundamental e pode ser explorado em programas de melhoramento, contribuindo para o desenvolvimento de variedades mais produtivas, resistentes a pragas e doenças, e adaptadas a diferentes condições ambientais. Além disso, o estudo destaca o papel fundamental dos agricultores familiares na manutenção e conservação das variedades locais de mandioca cultivadas em suas roças, o que contribui para o fortalecimento das comunidades rurais e, conseqüentemente, assegura a segurança alimentar e nutricional das famílias a longo prazo.

Conclusão

As variedades locais de mandioca cultivadas no estado de Mato Grosso apresentam um alto índice meiótico (> 86%) e uma taxa média de viabilidade polínica de 62%, demonstrando um bom potencial reprodutivo. A domesticação da *Manihot esculenta* ao longo das gerações não comprometeu o potencial reprodutivo das variedades locais cultivadas nas roças dos agricultores familiares de Mato Grosso. Essas roças oferecem um ambiente propício para a conservação *on farm* da espécie, com os agricultores desempenhando um papel fundamental na manutenção e conservação da mandioca.

Referências

- ALEXANDER, M.P. Differential staining of aborted and nonaborted pollen. **Stain Technology**, v. 44, p. 117-122, 1969. DOI: 10.3109/10520296909063335
- ALEXANDER, M.P. A versatile stain for pollen fungi, yeast and bacteria. **Stain Technology**, v. 55, p. 13-18, 1980. DOI: 10.3109/10520298009067890
- ALLEM, A.C. **The origins and taxonomy of cassava**. In: HILLOCKS, R.J.; THRESH, J.M.; BELLOTTI, A.C. Cassava: Biology, Production and Utilization. CAB International; 2002. 16 p.
- ALMEIDA, C.; AMARAL, A. L.; BARBOSA NETO, J. F.; SERENO, M. J. C. M. Conservação e germinação in vitro de pólen de milho (*Zea mays* subsp. *mays*). **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 4, p. 2011. DOI: 10.1590/S0100-84042011000400003
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6 ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 523 p
- BRAGA, C.; ZANETTI, G. T.; LIMA, J.; OLIVEIRA, C. A.; KARSBURG, I. COMPORTAMENTO meiótico e viabilidade polínica de *Averrhoa carambola* L. (Oxalidaceae) por meio de testes colorimétricos. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 9, p. 478-486, 2018.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. DOI: 10.4025/actasciagron.v38i4.32629
- ELIAS, M.; PENET, L.; VINDRY, P.; MCKEY, D.; PANAUD, O.; ROBERT, T. Unmanaged sexual reproduction and the dynamics of genetic diversity of a vegetatively propagated crop plant, cassava (*Manihot esculenta* Crantz), in a traditional farming system. **Molecular Ecology**, v. 10, p. 1895-1907, 2001. DOI: 10.1046/j.0962-1083.2001.01331.x

- FRESCURA, V. D. S.; LAUGHINGHOUSE IV, H. D.; DOROW, T. S. D. C.; TEDESCO, S. B. Pollen viability of *Polygala paniculata* L. (*Polygalaceae*) using different staining methods. **Biocell**, v. 36, n. 3, p. 143-145, 2012.
- HISTER, C. A. L.; TEDESCO, S. B. Estimativa da viabilidade polínica de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) através de distintos métodos de coloração. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 135-141, 2016. DOI: 10.1590/1983-084X/15_081
- KARASAWA, M. M. G. **Diversidade Reprodutiva de Plantas: Uma perspectiva evolutiva e bases genéticas**. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2009. 113p.
- KELLY, J. K., RASCH, A.; KALISZ, S. A method to estimate pollen viability from pollen size variation. **American Journal of Botany**, v. 89, n. 6, p. 1021-1023.
- MARTINS, K. C.; PEREIRA, T. N. S.; SOUZA, S. A. M.; COSTA, F. R. D. Meiose e viabilidade polínica em acessos de *Capsicum annuum* e *Capsicum baccatum*. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1746-1751, 2010.
- MATTOS, P.L.P.; FARIAS, A.R.N.; FERREIRA FILHO, J.R. **Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; 2006. 176 p.
- MOURA, E.F.; FARIAS NETO, J.T.; SAMPAIO, J.E.; SILVA, D.T.; RAMALHO, G.F. Identification of duplicates of cassava accessions sampled on the North Region of Brazil using microsatellite markers. **Acta Amazônica**, v.43, n.4, p. 461-468, 2013. DOI: 10.1590/S0044-59672013000400008
- OSPINA, B.; CEBALLOS H. **La yuca en el tercer milênio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. In: Ceballos H, Cruz GA. Taxonomia y morfologia de la yuca. Cali: CIAT; 2002. p. 16-32.
- PAGLIARINI, M. S. Meiotic behavior of economically important plant species: the relationship between fertility and male sterility. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, p. 997-1002, 2000.
- PEREIRA, T. N. S.; GERONIMO, I. G. D. C.; ROSSI, A. A. B.; PEREIRA, M. G. Passiflora cristalina and Passiflora miniata: meiotic characterization of two wild species for use in breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 273-279, 2017.
- PICOLI, E. A. D. T.; CARVALHO, C. R. D.; FÁRI, M.; OTONI, W. C. Associação de fases meióticas e estágios dos micrósporos com características morfológicas de botões florais de pimentão. **Ciência Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 708-713, 2003.
- POZZOBON, M. T.; BIANCHETTI, L. B.; SANTOS, S.; CARVALHO, S. I. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. C. Comportamento meiótico em acessos de *Capsicum chinense* Jacq. do Banco de Germoplasma da Embrapa, Brasil. **Revista Brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 96-100, 2015.
- POZZOBON, M. T.; DE SOUZA, K. R.; DE CARVALHO, S. I.; REIFSCHNEIDER, F. J. Meiose e viabilidade polínica em linhagens avançadas de pimenta. **Horticultura Brasileira**, 29: 212-216, 2011.
- SILVA, R. M. D.; BANDEL, G.; FARALDO, M. I. F.; MARTINS, P. S. Biologia reprodutiva de etnovarietades de mandioca. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p. 101-107, 2001.
- SANTOS, G. C.; PEDRI, E. C.; RODRIGUES, A.; PENA, G.; ROSSI, A. A. Aspectos reprodutivos do milho híbrido simples 2B810 PW (Dow) (*Zea mays* L.) cultivado em Alta Floresta, Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 292-301, 2019.

SOUZA M. M.; PEREIRA, T. N. S.; MARTINS, E. R. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degener*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 26, n.6, p.1209-1217, 2002.

TUMUHIMBISE, R.; MELIS, R.; SHANAHAN P.; KAWUKI, R. Genotype x environment interaction effects on early fresh storage root yield and related traits in cassava. **Crop Journal**, v.2, p. 329-337, 2014. DOI: 10.1016/j.cj.2014.04.008