



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**MORFOLOGIA E MEIOSE EM CULTIVARES E  
ESCAPEES DE MANDIOCA  
(*Manihot esculenta* Crantz)**

J. MOISES MENDOZA F.

**Brasília DF  
Novembro, 2013**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**MORFOLOGIA E MEIOSE EM CULTIVARES E  
ESCAPEES DE MANDIOCA**  
*(Manihot esculenta Crantz)*

J. MOISES MENDOZA F.

Dissertação submetida à  
Universidade de Brasília como parte dos requisitos  
Para obtenção do grau de Mestre em Botânica

Orientador: Prof. Dr. Nagib Mohammed Abdalla Nassar

**Brasília DF**  
**Novembro, 2013**

TERMO DE APROVAÇÃO

**MORFOLOGIA E MEIOSE EM CULTIVARES E  
ESCAPEES DE MANDIOCA**  
*(Manihot esculenta Crantz)*

J. MOISES MENDOZA F.

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Botânica, e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade de Brasília.

Nagib Nohammed Abdalla Nassar

Presidente da Banca

Departamento de Genética e Morfologia, UnB

Paulo Eduardo Camara

Membro interno

Departamento de Botânica, UnB

Fernando Pacheco Rodrigues

Membro externo

Departamento de Genética e Morfologia, UnB

Micheline carvalho-Silva

Membro suplente

Departamento de Botânica, UnB

Data da Defesa: 27 de novembro de 2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 1013384.

Mendoza Flores, Jeronimo Moises.  
M539m Morfologia e meiose em cultivares e escapees de mandioca  
(Manihot esculenta Crantz) / J. Moises Mendoza F. --  
2013.  
vii, 47 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,  
Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação  
em Botânica, 2013.

Inclui bibliografia.

Orientação: Nagib Mohammed Abdalla Nassar.

1. Mandioca. 2. Citogenética. 3. Botânica - Morfologia.  
I. Nassar, Nagib Mohammed Abdalla. II. Título.

CDU 633.682

## DEDICATÓRIA

À minha mãe: ***Felipa Flores de Mendoza***

Um vivo exemplo pra sair vitorioso de todas as provas e,  
assim, seguir adiante ainda que a fadiga seja grande.

À ***Amizade***

Que não conhece nenhum limite para ser pura e verdadeira,  
nem mesmo entre pessoas de outros países, outros costumes, outras culturas.

# AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre está em meu coração, brindando a fortaleza para continuar e lograr de cada meta sua realidade.

Agradeço ao professor Nagib M. A. Nassar pela orientação, paciência e conselho permanente; por compartilhar seus conhecimentos em Biologia, Sistemática, Citogenética e melhoramento de *Manihot esculenta*, que derivaram em conhecer e entender o fenômeno de escape nesta cultura, e que me conduziram ao aprendizado dos processos evolutivos.

Agradeço, em especial, a Nayra Bomfim, pela ajuda concedida, tanto em questões acadêmicas como logísticas, dentro da Universidade de Brasília – UnB, bem como para me organizar em Brasília. Estendo este meu sentimento a toda sua família, que me acolheram em um ambiente familiar desde a minha chegada, fazendo da minha estadia algo prazeroso.

Agradeço à professora Regina Celia de Oliveira, pela ajuda para lograr a Bolsa REUNI, que permitiu recursos econômicos para minha estadia em Brasília durante o programa de Mestrado; e ainda, por sua orientação permanente, dedicação e disponibilidade.

Agradeço a Danielle Hashimoto Freitas, por compartilhar ideias, sugestões e até discussões que me ajudaram durante o Mestrado, bem como pela revisão linguística do presente estudo para a língua portuguesa.

Agradeço a todos os colegas do laboratório de melhoramento da mandioca na Estação Experimental de Biologia, ao longo de esses anos, em especial, aos amigos: Naiane Sanno, Isabella Bonnato e Emanuel Rodrigues. E ainda, agradeço pelo apoio técnico de Flávio Reyes e Jossue Martines, da Estação Biológica.

Agradeço também aos amigos que me animaram nas horas difíceis: Monica Montana (Monny), Bertha (Cubana), Grant Alan Burrier (Americano). Muito obrigado pelo apoio e confraternização na Colina “apartamento Internacional”.

Agradeço aos meus amigos bolivianos: Maria Elena Kuno, Janneth Llanque e Rhonny Arteaga, igualmente aos amigos brasileiros e estrangeiros, pela amizade compartilhada no dia a dia dentro e fora da Universidade.

Agradeço ao Programa de Bem Estar Estudantil Universidade – apartamento de Pós-graduação, na pessoa de Rubem Mota, pela oportunidade que me brindaram com a moradia; e ao apartamento de trânsito situado no bloco K da Colina – UnB, na pessoa de Nonato.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	VI
LISTA DE TABELAS .....	VI
RESUMO .....	VII
PALAVRAS CHAVE .....	vii
ABSTRACT .....	VIII
KEY WORD .....	viii
INTRODUÇÃO .....	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>1.    REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
1.1.    A CULTURA DA MANDIOCA .....	4
1.1.1.    ORIGEM E DOMESTICAÇÃO .....	4
1.1.2.    IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E UTILIZAÇÃO .....	4
1.1.3.    MELHORAMENTO GENÉTICO DA MANDIOCA .....	5
1.2.    SISTEMÁTICA E CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA .....	6
1.2.1.    TAXONOMIA DO GÊNERO MANIHOT .....	6
1.2.2.    DISTRIBUIÇÃO NATURAL DO GÊNERO MANIHOT .....	7
1.2.3.    CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA DA MANDIOCA – MANIHOT ESCULENTA CRANTZ .....	8
1.3.    ESCAPEE .....	8
1.3.1.    CONCEITO DE ESCAPEE .....	8
1.3.2.    IMPORTÂNCIA DOS ESCAPEES .....	9
1.3.3.    REGISTRO DE ESCAPEE EM OUTRAS CULTURAS .....	9
1.3.3.1.    ESCAPEE NA BATATA .....	9
1.3.3.2.    ESCAPEE NA BATATINHA OU BATATA DOCE .....	10
1.3.3.3.    ESCAPEE NO ALGODÃO .....	10
1.3.3.4.    ESCAPEE NO GIRASSOL .....	10
1.3.3.5.    ESCAPEE NO SORGO .....	11
1.3.4.    DISTRIBUIÇÃO CONHECIDA DOS DOIS TÁXON NATIVOS DA AMAZÔNIA .....	11
1.4.    CITOGENÉTICA .....	12
1.4.1.    IMPORTÂNCIA DA CITOGENÉTICA .....	12
1.4.2.    CITOGENÉTICA NA CULTURA DE MANDIOCA .....	12
1.5.    REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>18</b>
<b>MORFOLOGIA E MEIOSE EM CULTIVARES E ESCAPEE DE MANDIOCA (<i>MANIHOT ESCULENTA CRANTZ</i>) .....</b>	<b>19</b>
RESUMO .....	19
ABSTRACT .....	19
KEYWORDS .....	19
INTRODUÇÃO .....	19
MATERIAL E MÉTODOS .....	20
Material vegetal .....	20
<b>Métodos</b> .....	21
RESULTADOS .....	22
Comportamento meiótico das cultivares e escapees .....	22
Caracterização morfológica da mandioca ( <i>Manihot esculenta Crantz</i> ) e dos cultivares .....	26
Localidades de ocorrência e distribuição estimada para os escapes .....	35
ESCAPEE 1 .....	36
DISCUSSÃO .....	38
Meioses e morfologia das variedades .....	38
O caso dos escapees .....	40
AGRADECIMENTOS .....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Variabilidade citogenética em cultivares de mandioca, células meióticas em metáfase I mostrando a disposição dos cromossomos e croquis de interpretação.....	23
FIGURA 2: Variabilidade citogenética em cultivares de mandioca, células meióticas em metáfase I mostrando a disposição dos cromossomos e croquis de interpretação.....	24
FIGURA 3: Variabilidade morfológica e caracteres diagnósticos da espécie cultivada <i>Manihot esculenta</i> .) .....	26
FIGURA 4: Variabilidade morfológica em cultivares de mandioca. Folhas: variação em formato e número de lóbulos. Caule: detalhe do comprimento e proeminência de nós, proeminência de cicatrizes peciolares. Raízes: variação de tamanho, formato e coloração .....	28
FIGURA 5: Variabilidade morfológica em cultivares de mandioca. Folhas: variação em formato e número de lóbulos. Caule: detalhe do comprimento e proeminência de nós, proeminência de cicatrizes peciolares. Raízes: variação de tamanho, formato e coloração.....	29
FIGURA 6: Variabilidade de coloração e pubescência em brotes e caules jovens presente em <i>Manihot esculenta</i> .....	31
FIGURA 7: Ilustração <i>Manihot esculenta</i> scapee 1.....	32
FIGURA 8: Ilustração das duas espécies em estudo <i>Manihot esculenta</i> escapee 1 e escapee 2...	33
FIGURA 9: Ilustração <i>Manihot esculenta</i> scapee 2.....	34
FIGURA 10: Mapa de pontos de coleta com estimativa da distribuição natural para <i>Manihot esculenta</i> escapee1 e escapee 2.....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Comportamento cromossômico meiótico em variedades e escapees de mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ): regularidade no pareamento meiótico de células em MetáfaseI.....	22
TABELA 2: Comportamento cromossômico meiótico em variedades e escapees de mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ): normalidade de tétrades e viabilidade de pólen.....	22
TABELA 3: Morfologia comparada de 6 variedades e dois escapes de mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ) .....	30



## RESUMO

### Morfologia e meiose em cultivares e escapees de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

(MENDOZA, J. F.; Mestrado em Botânica)

Oito taxas da mandioca *Manihot esculenta* Crantz: seis variedades denominadas **UnB 032, UnB 318, UnB 530, UnB 567, UnB 110, UnB 122**, e dois escapees, foram estudados citogenética e morfológicamente. Avaliou-se o comportamento cromossômico meiótico, em que cinco das seis variedades (**UnB 032, UnB 318, UnB 530, UnB 567, UnB 110**) registraram pareamento regular. Na metáfase I, o pareamento apresentou uma variação de 18 bivalentes até 17 bivalentes, e um par de univalentes, com uma frequência média de bivalentes de 17,7-18. Tal pareamento refletiu na formação de tétrades – apresentando variação de 94,2-96,1% de regularidade – e na viabilidade do pólen, que esteve entre 79-94,5%, conforme cada variedade e idade. Entre as cultivares, a exceção foi a variedade UnB 122, que apresentou pareamento irregular de 16 bivalentes e dois pares de univalentes – o que comprometeu a formação das tétrades, observando-se 31,3% de regularidade e, conseqüentemente, baixa fertilidade de pólen: 19,8%. Este fato pode ser interpretado devido a natureza híbrida entre mandioca e *Manihot anomala* Pohl. Os escapees apresentaram características morfológicas que permitem ser reconhecidas nos espécimes dos herbários e em habitat natural, mesmo não sendo suficientemente robustos para serem distinguidos como espécies. O registro dos referidos escapees – algo novo para a cultura da mandioca – merece especial atenção, devendo ser ação de futuras pesquisas, uma vez que estes podem facilitar o cruzamento com a espécie cultivada, tornando-se uma questão de interesse relevante para o melhoramento da cultura.

**PALAVRAS CHAVE:** Citogenética, Escapee, Mandioca, *Manihot*, Variedades.

## ABSTRACT

### Morphology and meiosis in cultivars and escapes of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

(MENDOZA, J. F.: Master in Botany)

Eight taxa of cassava - *Manihot esculenta* Crantz: six varieties namely **UnB 032 e UnB 318, UnB 530, UnB 567, UnB 110, UnB 122** and two escapee, were studied cytogenetic and morphologically. Meiotic behaviour was evaluated, where five of the six varieties (**UnB 032 e UnB 318, UnB 530, UnB 567 and UnB 110**) registered regular pairing. In metaphase I pairing varied from 18 bivalent to 17 bivalent and a pair of univalent, with a frequency of bivalents is ranging from 17.7-18. This pairing reflected tetrad formation that ranged from 94.2-96.1% of regularity, and consequently pollen viability achieving 79-94.5%, due the variety and time that sample was synthesized. Within the cultivars the exception was the variety UNB 122 which presented irregular pairing of 16 bivalents and two pairs of univalent. This committed the formation of tetrads with only 31.3% of regularity and consequently low pollen fertility, only 19.8%. This fact can be interpreted due to its hybrid nature between cassava and *Manihot anomala* Pohl. The escapee showed a morphological feature that allows it to be recognized in specimens from herbaria and natural habitat, but these are not sufficiently robust to distinguish them as independent species. The register of these two escapes, new for cassava crop, deserves special attention and should be the subject of future research. Mainly because it has the benefit of being able to easily cross with cultivated species, fact of high interest for cassava improvement.

**KEY WORD:** Citogenética, Escape, Cassava, *Manihot*, Varieties.

# INTRODUÇÃO

A espécie cultivada, *Manihot esculenta* Crantz, a “mandioca”, é uma planta originária da América do Sul (Allem, 2002), com papel relevante para as populações nativas do Brasil e de outros países, servindo como cultura de subsistência e produto de valor comercial. É uma cultura rústica, adaptada às condições extremas de clima e solo. Constitui uma das mais importantes fontes de carboidratos de milhões de pessoas em vários países tropicais. Pode ser considerada uma planta completa, por possuir raízes ricas em carboidratos, folhas ricas em proteínas, vitaminas A e C, além de outros nutrientes (Fukuda *et al.*, 1996). Apesar da disponibilidade de uma ampla diversidade genética em mandioca, poucas variedades apresentam uma combinação razoável de resistência a todos os estresses que afetam a cultura em um determinado ecossistema. Somente por meio da seleção adequada dos progenitores, seguida de recombinações, é possível obter ganhos genéticos significativos em termos de rendimento, qualidade e resistência a pragas e doenças (Fukuda *et al.*, 2005). Portanto, o estudo citogenético torna-se uma ferramenta importante para caracterizar materiais com potencial para ser utilizado em programas de melhoramento.

De acordo com as análises citogenéticas, a mandioca demonstra ser uma espécie com comportamento diploide – possuindo  $2n=36$  cromossomos –, e meiose regular – 18 bivalentes (Nassar, 1977; 1978), mas de origem alotetraploide segmental, com um número básico de cromossomo  $X = 9$  (Silva *et al.*, 2008). O estudo cariotípico em células meióticas ou mitóticas possibilita a identificação dos polimorfismos – o que pode fornecer informações relevantes, tais como: alterações cromossômicas, taxa de fertilidade, problemas no reconhecimento dos homólogos, entre outros (Stebbins, 1950; Schubert & Rieger, 1985). Estas informações, relacionadas à base genética de espécies aparentadas, são de alto valor para trabalhos envolvendo cruzamentos intra e infraespecíficas, para fins de melhoramento de uma determinada cultura – dados que podem estar associados às características agrônômicas individuais em híbridos, possibilitando localizar variantes genotípicas e sua relação com produção e tolerância a fatores bióticos e abióticos (Nolasco, 2011).

Entre as espécies silvestres, apenas 37 foram estudadas no que tange ao valor potencial de uso (Nassar *et al.*, 2008; Tohme, 2009; Mendoza, 2010). As espécies silvestres apresentam o potencial de aumento da tolerância da espécie cultivada em relação às pragas e doenças, uma vez que muitas espécies apresentam resistência natural a diversos fatores bióticos e abióticos, a saber: doenças, pragas, seca e salinidade (Nassar *et al.*, 2008; Mendoza, 2010). Tal fato sugere que todas as taxa de *Manihot* podem possuir alto potencial de genes que poderiam ser utilizados em programas de melhoramento da mandioca, especialmente aqueles que conferem resistência a condições adversas. Estudá-los com maior profundidade, descobrir seus potenciais e

benefícios, significará um grande aporte para combater entraves no aumento da produção da cultura.

Diante do exposto, o presente estudo analisou a morfologia e o pareamento cromossômico meiótico de oito taxa da espécie cultivada *Manihot esculenta*, permitindo conhecer a variabilidade morfológica e meiótica infraespecífica dentro da cultura. A análise do comportamento meiótico de dois táxons de *Manihot* (morfotipo 1 e morfotipo 2) nativos da Amazônia, proporcionou valiosa informação para entender sua sistemática e taxonomia, e reconhecê-las como escapees naturais, originados a partir da espécie cultivada. Tais dados podem ser a base para revelar aspectos evolutivos importantes que ajudam a inferir as possíveis relações entre a espécie cultivada e as espécies silvestres.

## **CAPITULO I**

**Revisão bibliográfica.**

# 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. A cultura da mandioca

### 1.1.1. Origem e domesticação

A espécie cultivada foi domesticada visando a produção de raízes armazenadoras de amido a partir de espécies silvestres, que, segundo Rogers e Appan (1973), seria *Manihot aesculifolia* (H.B.K.) Pohl, mas, segundo Allem (1987, 2002), seriam as espécies *M. flabellifolia* Pohl e *M. peruviana* Müll.Arg. Nassar (2002) sugere que a domesticação possivelmente ocorreu simultaneamente em diferentes partes dos trópicos. Allem (2002), ainda complementa reconhecendo os Estados do Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Rondônia e Acre, como possíveis regiões brasileiras de início da domesticação da mandioca.

As espécies de *Manihot*, principalmente a cultivada, foram introduzidas no continente africano e nas Filipinas pelos portugueses e chineses no século XVI, com o advento das navegações (Olsen & Sachall, 1999). Da África, a espécie cultivada se espalhou nas mãos de comerciantes por todas as regiões do continente asiático (Rogers & Appan, 1973), e, mais recentemente (1986), foi introduzida no Egito a partir do Brasil (Sherif & Nassar, 2010).

### 1.1.2. Importância econômica e utilização

*Manihot esculenta* é uma das espécies de maior importância econômica para o Brasil e todo o mundo, por seu alto conteúdo de carboidratos e calorias, que ajuda a melhorar a dieta alimentícia das camadas mais pobres dos trópicos e subtropicais (FAO, 2009; 2013); Sua eficiência energética é a maior entre todos os cultivos de plantas alimentícias. Segundo Vaughan & Geissler (1998), alimentos elaborados com base na mandioca são essenciais em vários países, por exemplo: o *gari* no Oeste da África, a *farinha* no Brasil e o *gaplek* na Indonésia. A mandioca é uma importante fonte de calorias na dieta humana das regiões tropicais, principalmente na África Ocidental, Congo, América do Sul, Ásia do Sul-tropical e Ásia Sul-Oriental. Portanto, tem-se, certamente, um cultivo básico de importância econômica global (Nassar, 2002).

Embora no Brasil seu consumo, de certo modo, concentre-se nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, a mandioca está presente em todo o território nacional. A espécie pode ser dividida em dois grupos de variedades, a saber: mansas (consumo fresco) e bravas (consumo como farinha). No Brasil, farinhas como a farinha de mandioca e tapioca, além de receitas típicas da Amazônia – como, por exemplo, o tacacá e o molho tucupi – são alguns exemplos da utilização alimentícia da raiz deste vegetal.

Outro tipo de farinha feita com a mandioca é o polvilho – doce ou azedo – utilizado na preparação de diversas comidas típicas. As raízes produzem farinhas tanto para a mesa – beijus diversos, tapioca, mingau, cuscuz, bolinho de estudante – quanto para indústria – puba ou carimã, mingau, amido, álcool etílico. O componente mais importante da raiz da mandioca é a fécula (amido), cujo teor nas raízes frescas varia de 25 a 35%. Por meio de processos de fermentação e ação enzimática, além de outras reações químicas, as indústrias extraem da mandioca vários produtos químicos, entre os quais, o álcool combustível (Salla, 2008).

A mandioca apresenta-se também como uma ótima alternativa para a alimentação animal, devido à sua disponibilidade justamente no período seco do ano (junho a outubro), onde os pastos diminuem em quantidade e qualidade (Nardon, 2007).

### **1.1.3. Melhoramento genético da mandioca**

Apesar de se adaptar a diferentes condições ambientais, a mandioca apresenta alta interação dos híbridos com o ambiente, indicando que um mesmo genótipo dificilmente se comporta da mesma maneira em todas as regiões ecológicas (Leitão, 1970). Por tratar-se de uma espécie alógama, altamente heterozigota, apresenta ampla segregação na primeira geração, após a hibridação. Uma vez identificado um híbrido superior, na primeira geração, ele pode ser fixado por propagação vegetativa, o que significa vantagem para o melhoramento.

Na cultura da mandioca, fatores como: características genéticas e citogenéticas, nível de endogamia, forma de florescimento e de polinização, junto à baixa taxa de fertilidade, seja por polinização ou pela propagação vegetativa, além do seu alto grau de heterozigosidade, influenciam na escolha dos métodos de melhoramento (Farias *et al.*, 2006).

A hibridação intraespecífica, seguida de seleção e retrocruzamento, é o método mais frequente utilizado no melhoramento da mandioca, criando uma variabilidade ou transferência de caráter de interesse econômico. Os cruzamentos são realizados entre variedades da mesma cultura, ou outras espécies aparentadas (Nassar *et al.*, 2008), que sejam portadoras de características de interesse. O sucesso deste método depende, fundamentalmente, da escolha adequada dos parentais e da eficiência da seleção dos híbridos dentro das progênes, resultantes de cada cruzamento (Farias *et al.*, 2006).

O principal objetivo dos programas de melhoramento é o desenvolvimento de variedades superiores àquelas atualmente cultivadas. O sucesso do melhoramento genético da mandioca apresenta impactos econômicos significativos para os agricultores dos povos mais pobres, onde existem demandas mais concretas e a adoção do produto é mais rápida. Com a introdução de metodologias participativas no melhoramento da mandioca, o processo de utilização de

variedades melhoradas tem-se ampliado no meio de pequenos agricultores, permitindo, assim, o estudo de impactos econômicos (Fukuda *et al.*, 1996).

## **1.2. Sistemática e caracterização botânica**

### **1.2.1. Taxonomia do gênero *Manihot***

A mandioca pertence ao gênero *Manihot*, Euphorbiaceae (Miller, 1754). Com 100 espécies desde o Neotrópico meridional dos Estados Unidos da América – EUA, passando pela América Central e as Antilhas, até o Brasil meridional (Pennintong *et al.*, 2004), o gênero foi revisado por Rogers e Appan (1973), que realizaram um levantamento completo da região Neotropical, registrando 98 espécies – em sua maioria, nativas do Brasil (80 espécies). Após o referido estudo, houve pouco avanço em relação à taxonomia do grupo.

Allem (1989, 1999) adicionou cinco novas espécies para o Brasil: *M. compositifolia*, *M. diamantinensis*, *M. gabrielensis*, *M. noqueira* (1989) e *M. baccata* (1999). Nassar (1985) e Nassar *et al.* (2011) apresentaram a descrição de duas espécies, também do Brasil: *M. neusana* (1986) e *M. fortalezensis* (2011). Carvalho e Martins (2011) acrescentaram mais uma espécie nova do Brasil: *M. breviloba*. Da Silva *et al.* (2013) descreveu mais outro táxon do Brasil: *M. kalungae*. E, finalmente, Mendoza (2013) propôs três novas espécies da Bolívia: *M. arenaria*, *M. fabianae*, e *M. stellata*. Neste sentido, têm-se conhecidas 110 espécies no gênero *Manihot* para a zona neotropical.

Entretanto, a situação da taxonomia dentro do gênero ainda não se encontra resolvida. Um claro exemplo foi apresentado por Mendoza (2010), o qual confirma a existência de nove taxa com caracteres morfológicos distintos das espécies conhecidas dentro da flora boliviana ou descritas para América do Sul e a zona do Neotrópico. Tal imagem da taxonomia do gênero não é limitada ao território boliviano – fato confirmado por Mendoza (2011) a partir das visitas aos centros de pesquisas – herbários da Bolívia, Brasil e EUA, feitas nos anos 2009 e 2010, a saber: Harvard University (A), Herbario Nacional Forestal Martin Cárdenas (BOLV), EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN (CEN), Field Museum of Natural History (F), Harvard University (GH), Herbario Nacional de Bolívia (LPB), Missouri Botanical Garden (MO), New York Botanical Garden (NY), Universidade de Brasília (UB), Herbario del Oriente Boliviano (USZ), University of Wisconsin (WIS). As exsicatas estudadas nos referidos herbários mostraram um variado grau da confiabilidade nas determinações, diferenciados em três grupos assim denominados: (i) espécimes determinados somente a nível genérico; (ii) espécimes determinados erroneamente; e, (iii) espécimes que nunca foram determinados.

Conforme o exposto, foram escolhidos dois táxons de distribuição e habitat natural restritos à Amazônia, uma vez que estas correspondem ao grupo relacionado à mandioca



cultivada, segundo as evidências morfológicas de inflorescência, folhas variavelmente lobadas e presença de asas nos frutos; visando definir sua filiação taxonômica certa.

O gênero *Manihot* encontra-se inserido em uma tribo monotípica estabelecida, *Manihoteae* (Melchior, 1964; Webster, 1975), com base na presença de apenas um verticilo floral em suas espécies (Rogers & Appan, 1978). As análises moleculares do gênero *Manihot* confirmam que continua dentro a subfamília *Crotonoideae* de *Euphorbiaceae sensu stricto* (Secco *et al.*, 2012), como grupo monofilético (Chacon *et al.*, 2008; Duputie *et al.*, 2011).

### 1.2.2. Distribuição natural do gênero *Manihot*

O gênero *Manihot* (Euphorbiaceae – Manihotea) é tipicamente do Novo Mundo. Distribuído principalmente em regiões tropicais e subtropicais do continente americano (Rogers & Appan, 1973), estende-se do sudeste do Arizona nos EUA, atravessando a América Central – particularmente em áreas secas do México – e a América do Sul – Peru, Bolívia e Brasil, para chegar à Argentina, onde se encerra a distribuição natural. Mas não ausente nas florestas úmidas da Amazônia, em que o número de espécies do gênero é menor, se comparado ao cerrado (Rogers & Appan, 1973; Mendoza, 2010).

Uma análise da informação disponível sobre a ocorrência natural das espécies do gênero permite notar que a maioria dos táxons tem distribuição restrita até restringida a uma determinada área, denotando além o nível de endemismo. Tal dado permitiu a Rogers & Appan (1973) organizarem e agruparem as espécies de acordo com a zona geográfica de ocorrência, isto é: (i) taxas de nativas do Norte e América Central; e, (ii) taxas de nativas da América do Sul. Destarte, Duputtie *et al.* (2011), a partir de evidência molecular, separaram as espécies no sentido geográfico, a saber: (i) 17 espécies reconhecidas na Mesoamérica; (ii) 38 espécies do Cerrado central do Brasil; e, (iii) 22 espécies do Estado do Paraná no Brasil. O mesmo trabalho permitiu também agrupar em um sentido biogeográfico, discriminando entre o número total de espécies no bioma com táxon endêmico, conforme se segue: Amazônia e norte da América do Sul – 15 espécies, sendo “11 endêmicas”; Cerrado central – 38 espécies e “29 endêmicas”; e, Nordeste do Brasil – Caatinga – 15 espécies e “13 endêmicas”. Tal análise apresenta com clareza que o nível de endemismo para cada ecorregião é alto, o qual também evidencia que as espécies do *Manihot* têm preferências específicas de habitat para se desenvolver – fato que também desempenhou um importante papel no processo de especiação no gênero.

A análise dos dados de localização geográfica das espécies de *Manihot* disponibilizadas nos herbários permite observar um claro panorama sobre a falta de coleções, especialmente na área central da Amazônia. Tal situação se repete em todos os países ligados a este bioma – fato que se dá para as coletas de *Manihot* desde os tempos históricos. Neste sentido, Pohl (1827), Müller (1866) e Pax (1910), ou mesmo Rogers e Appan (1973), não lograram avanços

significativos para a descrição das novidades taxonômicas desta área. Nos últimos 30 anos, a região recebeu maior atenção dos botânicos devido à facilidade de comunicação e transporte, o que permite melhor acesso ao material e possibilita o estudo mais de perto das espécies desta formação vegetal.

### **1.2.3. Caracterização botânica da mandioca – *Manihot esculenta* Crantz**

A mandioca, como espécie cultivada, apresenta uma grande variabilidade morfológica, principalmente nos estádios vegetativos, mas, em geral, pode se caracterizar da seguinte forma:

Arbusto ereto, semiereto a decumbente, 1,5–5 m. Raízes cilíndricas, cônicas ou cônico-cilíndricas, pedúnculos curtos 1–5 cm, medianos 6–15 cm ou largos >20 cm, até ausentes, constrictões presentes ou não; epiderme marrom, marrom claro ou escuro; polpa branca ou creme. Caule central presente ou ausente; ramificação primária basal até apical; ramos secundários dicotômicos e/ou tricotômicos; caule jovem verde, avermelhado e roxo, variavelmente pubescente; caule maduro cinza, cinza esverdeado, marrom, marrom claro ou escuro; nós curtos 1–1,5 cm, medianos 2–4 cm ou largos >5 cm, proeminentes ou não, cicatrizes foliares proeminentes, curtas 0,5–1 mm, medianas 1–2 mm até largas >3 cm (Fig. 3 A-H); brotos jovens cor verde, avermelhado, roxo e com variado grau de pubescência. Folhas, 3–5 (-7) lobadas e usualmente uni-lobadas na inflorescência; lóbulos oblongos, obovados, oblanceolados, lanceolados, ápice agudo ou acuminado; variavelmente cobertas por tricomas simples ou glabros; pecíolo ereto, semiereto até reflexos, verde, amarelado ou roxo, normalmente pubescentes. Inflorescência em panícula central, com 2–4 racemos saindo no mesmo ponto. Flores pistiladas de tépalas livres e abertas, amareladas, cremes, esverdeadas e com pigmentos vermelhos na face interna e externa; disco nectarífero geralmente avermelhado. Flores estaminas gamotépalas, similares em cor às pistiladas; brácteas e bractéolas reduzidas e caducas. Frutos globosos alados, alas curtas 0,5–1 mm, medianas, 1,5–2 mm, largas > 2,5 mm, normalmente onduladas e com pigmento vermelho no bordo.

## **1.3. Escapee**

### **1.3.1. Conceito de escapee**

Harlan (1975), no seu trabalho *Crops and mens*, propôs o seguinte conceito: uma definição comum de um escapee é “uma planta no lugar errado”. Aquele autor discute tal conceito destacando duas implicações importantes: em primeiro lugar, a palavra “errada” implica uma opinião humana, uma vez que o bem ou mal são conceitos humanos inerentes à natureza; em segundo lugar, a palavra “lugar” implica alguma dependência característica do ambiente ou, em outras palavras, uma relação claramente ecológica, onde o relacionamento tem a ver com ganhos das atividades botânicas do homem na agricultura (Harlan, 1975).

Neste sentido, o presente estudo atende para o conceito de escapee o resultado de hibridações recorrentes entre mandioca e espécies silvestres de *Manihot*, com capacidade de se reproduzir na natureza – de adquirirem alguns genes das espécies silvestres.

### **1.3.2.Importância dos escapees**

Conhecendo a origem dos escapees, este tipo de planta mostra-se de grande utilidade para a transferência de características desejadas, servindo como valioso recurso genético e fonte de genes úteis que vieram das espécies silvestres. Sua importância reside na facilidade de cruzamento com a mandioca, beneficiando aos melhoristas e programas de melhoramento.

Os escapees devem ser conservados com o máximo de cuidado; devem receber atenção das organizações nacionais e internacionais. Vale destacar que, segundo sua própria origem, o escapee já se encontra em avançado processo de hibridação e, dentro de seu conjunto genético, estão contidos genes da espécie silvestre que podem fornecer alguma vantagem desejada para melhorar a cultura.

### **1.3.3.Registro de escapee em outras culturas**

Tem-se conhecimento do relato de diferentes casos de escapee em cultivos de importância para a alimentação humana, principalmente em espécies que se reproduzem por sementes, mas não limitado a estas.

#### **1.3.3.1. Escapee na batata**

Astley e Hawkes (1979), com base em estudos citogenéticos e observações de campo realizadas em 1974, na Bolívia e Peru, reportaram o registro de escapee em batata – *Solanum tuberosum* L. Aqueles autores formularam duas possíveis teorias para o escapee, que foi descrito como espécie por Hawkes (1994), como *S. sucrense* Hawkes. A primeira teoria afirma que o taxón teve uma origem aloploide como um híbrido da cultivada tetraploide *S. tuberosum* ssp. *andigena* (Juz & Buk.) Hawkes com a espécie silvestre/escapee *S. oplocense* Hawkes que é citótipo tetraploide. A segunda hipótese postula que o taxón estava do outro lado das espécies diploides, hibridizando *S. sparsipilum* (Bitt) Juz. & Buk com *S. oplocense*.

Foram comparados morfológicamente híbridos sintéticos de *S. tuberosum* ssp. *andigena* x *S. oplocense* e de *S. sparsipilum* x *S. oplocense*, com *S. Sucrense*, da cruzabilidade entre estes. A cruzabilidade e estudos morfológicos sugeriram fortemente que a primeira hipótese é a mais provável. Tal fato foi confirmado por observações feitas em 1974, na Universidade de Birmingham Expedition, quando as populações segregadas de *S. sucrense* e *S. oplocense* foram coletadas crescendo com escapee de *S. tuberosum* ssp. *andigena*. Tal estudo determinou que

um híbrido de *S. tuberosum* ssp. *andigena* x *S. oplocense* tenha formado a base da *S. sucrense*. Sugeriu-se, então, que aquele grupo taxonômico hibridogênico deve ser mantido sob o nome de *Solanum* x *sucrense* (Astley & Hawkes, 1979), e não como espécie independente.

### 1.3.3.2. Escapee na batatinha ou batata doce

Eventos de escapee na batatinha ou batata doce – *Ipomoea batatas* L. foram registrados por Jones (1967). Com base em considerações morfológicas, de fertilidade e citológicas, aquele autor determinou que o material coletado sob o código K 123 por Dr. Nishiyama, em 1959, era o mesmo material considerado por este como espécie diferente da *I. batata* – um evento escapee. Os resultados de cruzamentos entre este táxon e a batata doce mostraram pareamento totalmente regular e alto nível de fertilidade. As diferenças morfológicas que fizeram Nishiyama pensar que se tratava de uma espécie diferente somente se mostrou como variações dentro da espécie cultivada. Neste sentido, tal material foi considerado um extremo segregado de *Ipomoea batatas*, em vez de uma espécie diferente (Jones, 1967).

### 1.3.3.3. Escapee no algodão

Pickersgill *et al.* (1975), a partir de evidências morfológicas e citogenéticas, complementados com observações de campo em localidades do nordeste de Brasil, relataram a ocorrência de escapee no algodão – *Gossypium hirsutum* L. e *G. barbadense* L. Aqueles autores compararam populações silvestres de algodão, que evidenciavam marcadas diferenças morfológicas em relação a espécimes cultivados de *G. hirsutum* e *G. barbadense*. Estes revisaram também a história do cultivo de algodão no Nordeste do Brasil, confirmando a ocorrência de diferentes populações do algodão cultivado *G. hirsutum* e *G. barbadense* crescendo como espécies silvestres, apresentando uma presumida distribuição para as formas selvagens de *G. hirsutum* e *G. barbadense*. Finalmente Pickersgill *et al.* (1975) propuseram a hipótese que um genoma A diploide tenha se espalhado por todo o Atlântico, provavelmente por meios naturais em um momento em que a barreira do Atlântico ainda possibilitava a travessia.

### 1.3.3.4. Escapee no girassol

Diferentes casos de escapee foram registrados na cultura de girassol – *Helianthus annuum* L. O girassol é um invasor não nativo em várias regiões do mundo (Cantamutto *et al.*, 2009). A partir de determinados caracteres, tais como: forma da planta, ciclo de vida, morfologia da inflorescência e aquênios, e composição de óleo, Cantamutto *et al.* (2009) relataram a ocorrência de escapee na região central da Argentina. Aqueles autores compararam escapees de nove populações representativas de diferentes regiões geográficas do centro da Argentina com 17 populações dos EUA (centro de origem), utilizando 47 traços fenotípicos, mostrando que populações de ambos os continentes têm compartilhado caracteres morfológicos relacionados ao girassol domesticado; mas, a frequência de tais caracteres foi maior em populações da Argentina. A diversidade encontrada nas populações de escapee refletiu cerca de ¾ da

variabilidade fenotípica das plantas do centro de origem. Finalmente, relataram que as populações de girassol invasivas têm desenvolvido um elevado grau de variabilidade, que poderia ser uma nova e útil fonte de biodiversidade como recurso genético para o melhoramento de culturas de girassol (Cantamutto *et al.*, 2009).

Através de estudos de introgressão com base em análise de DNA, Rieseberg *et al.* (1999) relataram altas taxas de hibridação e introgressão entre o girassol cultivado e o que se considerou o progenitor silvestre, posteriormente reconhecido como escapee. Ao estimar a frequência de hibridação e introgressão entre o girassol cultivado e *H. petiolaris* Nutt. (espécie selvagem intimamente relacionada), por meio de ensaios de 21 marcadores específicos de AFLP em quatro populações simpátricas, foram revelados baixos índices de introgressão.

#### **1.3.3.5. Escapee no sorgo**

O sorgo – *Sorghum bicolor* (L.) Moench é um dos cultivares que tem registrado mais eventos de escapee. De Wet e Harlan (1971), a partir de extensas observações de caracteres morfológicos em campo e estudos das coleções de herbário, afirmaram a variedade *verticilliflorum* de *S. bicolor* – gramínea comum em quase todo o cerrado africano, de convivência ao longo das estradas e, muitas vezes, invasor de campos cultivados. Híbridos e outros membros do *S. bicolor* são comumente encontradas na natureza.

Com base em análises moleculares, Barnaud *et al.* (2009) investigaram a dinâmica da diversidade genética de um complexo erva-daninha (escapee) no sorgo em aldeias dos Duupa no norte dos Camarões. Aqueles autores observaram que os agricultores podiam distinguir grande variedade de morfotipos silvestres (naa baa ver, haariya e genkiya) relacionados com os morfotipos domesticados – o que gerou a facilitação da introgressão entre naa baa (escapee) observado e morfotipos domesticados por meio de período de floração intermediário.

Mutegi *et al.* (1975), com base em intensas observações de campo, complementado com marcadores moleculares, examinaram a magnitude e a dinâmica de fluxo gênico em cultivo/escapee, e a variabilidade genética em um complexo de cultivo-silvestre-escapee de sorgo em agricultura tradicional no Meru, distrito do Sul, Quênia. Seus resultados indicam que o fluxo gênico é assimétrico, com taxas mais elevadas das formas cultivadas para as silvestres e vice-versa. Aqueles autores também destacam provável fuga e dispersão de transgênicos dentro do complexo da cultura do sorgo-silvestre-escapee, onde variedades geneticamente modificadas seriam introduzidas nos sistemas agrícolas tradicionais da África.

#### **1.3.4. Distribuição conhecida dos dois táxon nativos da Amazônia**

Os dois táxons foram encontrados na Floresta Amazônica, de acordo com o relato de Allem (1994), ao afirmar que muitas populações silvestres de *Manihot esculenta* foram

encontradas em tal zona. As taxa apresentaram uma considerável distribuição na América do Sul; incluindo a Bolívia, nos Departamentos de Cochabamba, La Paz, Pando e Santa Cruz; no Brasil, nos Estados do Acre, Amazonas e Rondônia. O escapee 1 foi observado crescendo em remanescentes florestais degradados, floresta secundária com influência antrópica entre 150-850 m. O escapee 2 ocorre em áreas relativamente sinuosas que tem em comum afloramentos rochosos, mas sempre em áreas próximas a assentamentos ou povos da zona entre 70-260 m.

Assim, se reconhece as áreas antropizadas da Amazônia como ecossistema em que está inserido o habitat natural das taxas aqui estudadas; que certamente é um dos biomas com maior valor biológico.

#### **1.4. Citogenética**

A citogenética é o estudo da genética por meio da citologia. Esta área da ciência engloba todo e qualquer estudo relacionado com o cromossomo, isolado ou em conjunto, condensado ou distendido, tanto no que diz respeito à sua morfologia, organização, função e replicação, quanto à sua variação e evolução (Guerra, 1988).

##### **1.4.1. Importância da Citogenética**

A citogenética clássica desenvolveu-se, principalmente, a partir do início do século XX, e seu crescente progresso acompanhou o refinamento de técnicas e de equipamentos de microscopia. É uma das fontes geradoras de questionamentos que impulsionaram a genética molecular, a biotecnologia e a engenharia genética, permanecendo junto a estas como um dos recursos de avaliação em várias pesquisas desta natureza (Sacchet, 1999).

A análise cromossômica sempre foi um dos campos estimulantes da Citologia e da Genética, tendo relação entre estudos taxonômicos e evolutivos, bem como no melhoramento genético e na caracterização de germoplasma. Apesar da revolução provocada pela Genética Molecular, a análise cromossômica continua sendo a única maneira de observar o genoma de um eucarioto na forma de blocos individualizados de material genético, fáceis de serem mensurados, diferenciados em subunidades e manipulados de diferentes formas, pois, de nenhuma outra forma, o material genético é tão claramente observado.

##### **1.4.2. Citogenética na cultura de mandioca**

A espécie cultivada da mandioca é caracterizada por possuir  $2n=36$  cromossomos e apresentar meiose regular com 18 bivalentes (Nassar 1978). De igual forma, Nassar (1977) observou que o comportamento cromossômico de sete espécies silvestres revelou meiose

regular, obtendo-se no mesmo estudo o primeiro relato sobre o número cromossômico  $n=18$  de *M. oligantha* Pax. Mas, híbridos interespecíficos do gênero *Manihot* apresentaram irregularidades meióticas, como, por exemplo, entre *M. neusana* Nassar e *M. esculenta* Crantz, onde o resultado meiótico difere de  $n=18$  (Nassar *et al.*, 1995). Similar situação se registrou na quimera obtida entre *M. fortalezensis* Nassar, D.G.Ribeiro, Bomfim & P.T.C.Gomes e *M. esculenta*, resultando em um poliploide com  $2n=54$  (Nassar & Bomfim, 2013).

A informação disponível sobre estudos citogenéticos em *Manihot* revela que todas as espécies são aloploidos com comportamento diploide ( $2n=36$ ), formação de 18 bivalentes e número básico  $x=9$  (Cruz, 1968, Maggon *et al.*, 1970, Nassar, 1978). A divisão meiótica regular apresenta formação de 18 bivalentes e tétrades normais, mas, frequentemente, tem-se baixa fertilidade nas variedades, principalmente em variedades indígenas, sendo normal que flores masculinas em mandioca registrem 50% de fertilidade. Tal grau de fertilidade é atribuído à falta de pareamento entre os cromossomos, devido à falta de homologia entre estes. A ocorrência frequente de mutações por à reprodução vegetativa também diminui a fertilidade (Nassar, 1978).

## 1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEM, A. C. 1987.** *Manihot esculenta* is a native of the Neotropics. Plant Genetic Resources Newsletter, 71: 22-24.
- ALLEM, A. C. 1989.** Four new species of *Manihot* (Euphorbiaceae) from the Brazil. Revista brasileira da Biologia 49(3): 649 - 662.
- ALLEM, C. A. 1994.** The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). Genetic Resources and Crop Evolution 41: 133-150.
- ALLEM, A. C. 1999.** A new species of *Manihot* (Euphorbiaceae) from the Brazilian Amazon. International Journal of Plant Sciences 160: 181-187.
- ALLEM, A. C. 2002.** The origins and taxonomy of cassava. In HILLOCKS, R. J.; J.M. THRESH & A. C. BELLOTI (eds), Cassava: biology, production and utilization. CAB International 1-16 p.
- ASTLEY, D. & J. G. HAWKES. 1979.** The nature of the Bolivian weed potato species *Solanum sucrensis* hawkes. Euphytica 28: 685-696.
- BARNAUD, A.; M. DEU; E. GARINE; J. CHANTEREAU; J. BOLTEU; E. OUIN KOÏDA; D. MCKEY & H. JOLY. 2009.** A weed-crop complex in sorghum: The dynamics of genetic diversity in a traditional farming system<sup>1</sup> American Journal of Botany 96(10): 1869–1879.

- CANTAMUTTO, M.; A. PRESOTTO; I. FERNANDEZ MORONI; D. ALVAREZ; M. POVERENE & G. SEILER. 2010.** High infraspecific diversity of wild sunflowers (*Helianthus annuus* L.) naturally developed in central Argentina. *Flora* 205: 306-312.
- CHACON J.; S. MADRIÑÁN; D. DEBOUCK; F RODRIGUEZ & J. TOHME. 2008.** Phylogenetic patterns in the genus *Manihot* (euphorbiaceae) inferred from analyses of nuclear and chloroplast DNA regions. *Molecular phylogenetics and evolution* 49: 260-267.
- CRUZ, N.D. 1968.** Citologia do gênero *Manihot* Adans. 1. Determinação do número de cromossomos em algumas espécies. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 40: 91-95.
- DA SILVA, M. J.; R. CARNEIRO SODRÉ & L. C. DA SILVA ALMEIDA. 2013.** A new endemic species of *Manihot* (Euphorbiaceae s. str.) from the Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brazil *Phytotaxa* 131(1): 53–57.
- DE WET, J. M. J. & J. R. HARLAN. 1971.** The Origin and Domestication of *Sorghum bicolor* *Economic Botany* 25(2): 128-135.
- DUPUTIÉ A., J. SALICK & D. MCKEY. 20011.** Evolutionary biogeography of *Manihot* (Euphorbiaceae, a rapidly radiating Neotropical genus restricted to dry environments. *Journal of Biogeography* 38: 1033-1043.
- FAO. 2009.** Production Yearbook. Rome.
- FAO. 2013.** The estate of food and agriculture. Rome.
- FARIAS, A. R. N.; L. S. SOUZA; P. L. P. MATTOS; W. M. G. FUKUDA. 2006.** Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca. 1ª ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.112.
- FUKUDA, W.M.G. 1996.** Mandioca: estratégia para um programa de melhoramento genético. Cruz das Almas: EMBRAPA- CNPMF. p.35.
- FUKUDA, W. M. G.; S. O. SILVA & R. A. MENDES. 1996.** Caracterização morfológica e agrônômica do banco ativo de germoplasma de mandioca do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. In: Congresso Latino Americano de Raízes Tropicais, São Paulo, Brasil.
- FUKUDA, W.M.G.; I. R. S. COSTA & A. S. SILVA. 2005.** Manejo e Conservação de Recursos Genéticos de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, Bahia EMBRAPA. 2005.
- GUERRA, M. 1988.** Introdução à citogenética geral. Ed. Guanabara Koogan: rio de Janeiro-RJ. p.142.



- HARLAN, J. R. 1975.** Crops and Man. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.
- HAWKES, J. 1944.** Potato Collecting Expedition in Mexico & South America, II. Systematic Classification Collection. Imp. Agric Bur, Cambridge. 51:126, fig. 41.
- JONES, A. 1967.** Should Nishiyama's K123 (*Ipomoea trifida*) be designated *I. batatas*? 1. University of Georgia, College of Agriculture, Coastal Plain Experiment Station Journal Series Paper No. 262.
- LEITÃO, H.F. filio. 1970.** Caracterização Botânica de Cultivares de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Anais do I Encontro de Pesquisadores de Mandioca dos Países Andinos e do Estado de São Paulo. São Paulo, p 13-29.
- MAGOON, M.L.; R. KRISHNAN & K. VIJAYABAI. 1970.** Cytogenetics of the F1. hybrid between cassava and ceara rubber and its back crosses. Genetica 41: 3-12.
- MARTINS, M. L.; P. CARVALHO & A. M. AMORIM. 2011.** A remarkable new *Manihot* (Euphorbiaceae) from the coastal sand plains of Sergipe, Brazil. Phytotaxa 32: 57–60.
- MELCHIOR, H. 1964.** Syllabus der Pflanzenfamilien. Ed. 12. Vol. II. p. 259.
- MENDOZA, J. M. 2010.** Los parientes silvestres del cultivo de la yuca en Bolivia: Estado de conocimiento, Grado de conservación y Acciones de conservación propuestas. VMA-BIOVERSITY, 2010. Imprenta Sagitario. La Paz, Bolivia: 1-166 p.
- MENDOZA, J. M. 2011.** A taxonomia e sua importância para melhoramento do cultivo da mandioca. Anais XIV Congresso Brasileiro de Mandioca. Maceió. Brasil: Resumo 240.
- MENDOZA, J. M. 2013.** *Manihot* (Euphorbiaceae) en Bolivia, parte I: Tres especies nuevas y un nuevo registro. (Brittonia 64: - )
- MILLER, P. 1754.** The Gardener's Dictionary. 4th Edition. Vol. 2. London.
- MÜLLER, A. 1866.** Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis. De Candolle 15(2): 1056-1075.
- MUTEGI, E.; F. SAGNARD; M. LABUSCHAGNE; L. HERSELMAN; K. SEMAGN ; M. DEU; S. DE VILLIERS; B. M. KANYENJI; C. N. MWONGERA; P. C. S. TRAORE & D. KIAMBI. 2012.** Local scale patterns of gene flow and genetic diversity in a crop–wild–weedy complex of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Keny Conserv Genet 13:1059-1071.
- NARDON, R. F. 2007.** Pesquisa avalia feno da rama de mandioca na alimentação de ovinos e obtém ótima engorda. Agro Agenda revista eletrônica, Santa Catarina, p.1-3.

- NASSAR, N. M. A. 1977.** Chromosome number and meiotic behavior of some wild *Manihot* species native to Central Brazil. *Brazilian Journal of Genetics* 1(1).
- NASSAR, N. M. A. 1978.** Genetic resources of cassava: chromosome behavior in some *Manihot* species. *Indian Journal of Genetics* 38(1): 135-137.
- NASSAR, N. M. A. 1985.** *Manihot neusana* Nassar, a new species native to Parana, Brasil. *Ci. & Cult.* 38(2): 338-340.
- NASSAR, N. M. A. 2002.** Cassava- *Manihot esculenta* Crantz Genetic Resources. The origin of the crop- its Evolution and relationships of Wild relatives. *Gene-conserve.* 1(2): 31-43.
- NASSAR, N. M. A.; N. M. NASSAR HALA; C. A. CARVALHO; C. VIEIRA, & S. L. SARAIVA. 1995.** Cytogenetic behavior of the interespecific hybrids of *Manihot neusana* Nassar and Cassava *M.esculenta* Crantz, and its backcross progeny. *Canadian Journal of Plant Science.* 75: 675-678.
- NASSAR, N. M. A.; D.G. RIBEIRO; N.N. BOMFIM & P.TC. GOMES. 2011.** *Manihot fortalezensis* Nassar, Riberio, Bomfim et Gomes a new species of *Manihot* from Ceará, Brazil. *Genet Resour Crop Evol* 58: 831-835.
- NASSAR, N. M. A.; D.Y.C. HASHIMOTO & S.D.C. FERNANDES. 2008.** Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution & economic value. *Genet. Mol. Res.* 7(1): 16-28.
- NASSAR, N. M. A. & N.N. BOMFIM. 2013.** Synthesis of periclinal chimera in cassava. *Genet. Mol. Res.* 12(1): 610-617.
- NOLASCO A., C. 2011.** Caracterização citogenética e morfológica de híbridos de mandioca (*manihot esculenta*). Dissertação de Mestrado em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitoria da Conquista, Bahia - Brasil.
- OLSEN, K. M & B. A. SCHAAL. 1999.** Evidense on the origin of cassava: phylogeography of *Manihot esculenta*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96: 5586–5591.
- PAX, F. 1910.** Euphorbiaceae-Adrianeae. In: A. Engler (ed.) *Das Pflanzenreich, Regni Vegetabilis, Conspectus IV.* 147 II. Heft 44: 21-99.
- PENNINGTON, T.D., C. REYNEL & A. DAZA. 2004.** Illustrated guide to the trees of Peru. Royal Botanical Gardens Kew, Darwin Initiative, Sherborne: 1-848 p.
- PICKERSGILL, B.; S. C. H. BARRETT & D. DE ANDRADE-LIMA. 1975.** Wild Cotton in Northeast Brazil. *Biotropica* 7(1): 42-54.

- POHL, J. 1827.** Plantarum Brasiliae Icones et Descriptiones hactenus ineditae. Iussu et auspiciis Francisci primi. Tomus primus: 17-56. Vindobonae
- RIESEBERG, L. H.; MIN JU KIM & S. J. GERALD. 1999.** Introgression between the cultivated sunflower and a sympatric wild relative, *helianthus petiolaris* (asteraceae) Int. J. Plant Sci. 60(1):102-108.
- ROGERS, D. J. & S. G. APPAN. 1973.** *Manihot*, Manihotoides (Euphorbiaceae). Flora Neotropica Monograph 13: 1-272 p.
- SACCHET, A. M. O. F. 1999.** Variabilidade genética: ponto de partida para o melhoramento de plantas. Porto Alegre: Ed. UFRGS, p. 99-104.
- SALLA, D.A. 2008.** Análise energética de sistemas de produção de etanol a partir da mandioca, da cana-de-açúcar e do milho. Faculdade de Ciências Agrônomicas/ UNESP, Botucatu-SP, 1-185 p (tese de doutorado).
- SCHUBERT, I; RIEGER, R. 1985.** A new mechanism for altering chromosome number during karyotype evolution. Theoretical and Applied Genetics. 70: 213-221.
- SECCO de S, R.; I. CORDEIRO; L. de SENNA-VALE; M. F. de SALES; L. RIBES de LIMA; D. MEDEIROS; B. de SÁ HAIAD; A. SOUZA de OLIVEIRA; M. B. ROSSI CARUZO; D. CARNEIRO-TORRES & N. C. BIGIO. 2012.** An overview of recent taxonomic studies on Euphorbiaceae s.l. in Brazil. Rodriguésia 63(1): 227-242.
- SHERIF, S.A.; N. M. A.NASSAR. 2010.** Introducing cassava into Egypt. Gene Conserve, 09: 118-123.
- SILVA, K. V. P.; A. A. C. ALVES; A. M. BENKO-ISEPPON & R. CARVALHO. 2008.** Estudo do comportamento meiótico em acessos do gênero *Manihot*. XIII Congresso Brasileiro de Mandioca. Resumos, p. 713-718
- STEBBINS, G. L. Jr. 1950.** Variation and Evolution in Plants, Columbia University Press, New York. 643p.
- TOHME, J. 2009.** From cassava genomic tools to breeding. 15th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Lima.
- VAUGHAN J. G. & C. A. GEISSLER. 1998.** The new Oxford Book of Food Plants. Oxford University Press. New York – USA: 1-190p.
- WEBSTER, G. L. 1975.** Conspectus of a new classification of the Euphorbiaceae. *Taxon* 24: 593–601.

## **CAPÍTULO II**

**Morfologia e meiose em cultivares e escapees de  
mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).**

## MORFOLOGIA E MEIOSE EM CULTIVARES E ESCAPEE DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

J. Moises Mendoza F.<sup>1</sup> & Nagib M. A. Nassar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade de Brasília, Brasília DF, Brasil, E-mail: ([mmendoza52@yahoo.com](mailto:mmendoza52@yahoo.com))

<sup>2</sup> Departamento de Genética e Morfologia, Universidade de Brasília, Brasília DF, Brasil, E-mail: ([nagibnassar@geneconserve.pro.br](mailto:nagibnassar@geneconserve.pro.br))

Autor para correspondência: [nagibnassar@geneconserve.pro.br](mailto:nagibnassar@geneconserve.pro.br)

### RESUMO

O presente estudo apresenta casos de escapee da mandioca em diferentes regiões amazônicas, usando evidencia citogenética e morfológica. Dois escapes foram comparados a seis variedades de *Manihot esculenta*. Na metáfase I, o pareamento variou de 18 bivalentes, 17 bivalentes e dois univalentes. O desenvolvimento de micrósporos mostrou a formação de díades, tríades e micronúcleos em alguns cultivares. A viabilidade de pólen variou de 94.5 a 82 %, conforme origem da cultivar.

### ABSTRACT:

Cases of cassava escapes in different regions from Amazonian are documented in this work, using morphological and cytogenetic evidence. Two escapes were compared to six varieties of *Manihot esculenta*. In metaphase pairing ranged from 18 bivalent to 17 bivalent and two univalent. Microspore development showed formation of dyads, triads and micronuclei in some cultivars. Pollen viability ranged from 94.5-82%, depending on the cultivar origin.

**KEYWORDS:** Citogenética, Escape, Cassava, *Manihot*, Varieties.

### INTRODUÇÃO

A mandioca (espécie *Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura de grande importância mundial devido ao alto conteúdo de carboidratos e calorias, além de ser consumida por grande parte das populações pobres em trópicos e subtropicais, particularmente, pela América do Sul (FAO, 2009).

A cultura tem grande número de variedades devido à propagação vegetativa predominante que perpetua diferentes genótipos. Existem centenas de cultivares da mandioca, mantidos nas coleções vivas dos centros internacionais e nacionais de pesquisa (CIAT, 2005-2006; 2009; Fukuda *et al.*, 1996). Mostra-se como contribuição na diversidade e no grande número das cultivares da mandioca o fato desta ser uma planta alógama com dispositivos genéticos e morfológicos que favorecem alta segregação genética, como a estrutura monoica e protogínica (Nassar *et al.*, 2008; Velásquez, 2006)

Por causa da propagação vegetativa predominante nesta cultura, frequentes aberrações cromossômicas numéricas e estruturais forem perpetuadas vegetativamente (Hahn *et al.*, 1990). A variação cromossômica poliploide contribui significativamente no melhoramento da mandioca. Neste sentido, tem sido utilizada pelos melhoristas, havendo vários cultivares na agricultura mundial (Hahn *et al.*, 1990; Nassar, 2000, 2008; Ogburia *et al.*, 2002). Além da propagação vegetativa, a apomixia desempenhou um papel importante na manutenção de cultivares estéreis surgidos pela hibridização natural ou experimental (Nassar, 1989; 2001).

Os escapees são os resultados de hibridações recorrentes entre a mandioca e as espécies silvestres de *Manihot*, que adquirirem alguns genes das espécies silvestres. A facilidade de cruzamento com a mandioca permite a transferência de características desejadas pelos melhoristas e uso nos programas de melhoramento. A importância de documentar a ocorrência de escapees na mandioca reside em abrir possibilidades que tais táxones possam doar genes desejados das espécies silvestres para melhoramento da mandioca. Para tanto, o presente estudo pretendeu caracterizar citogenética e morfológicamente oito taxa infraespecíficas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e conhecer o grau parentesco entre estas taxas, por meio de três objetivos, a saber: a) Avaliar o comportamento cromossômico meiótico de oito táxons (06 variedades e 02 escapees) de mandioca; b) Esclarecer a situação taxonômica de oito taxa infraespecíficas, utilizando caracteres morfológicos e citogenéticos; e, c) Estudar a distribuição geográfica e habitat natural dos duos escapees da mandioca, que poderão apontar potencialidade de uso futuro em programas de melhoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal

Foram utilizados materiais de seis variedades e dois escapees de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz): as variedades **UnB 032**, **UnB 318**, **UnB 530**, **UnB 567**, **UnB 110** e **UnB 122**, mantidas na coleção viva da Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, Brasil; e, os escapees: **escapee 1** e **escapee 2**, coletados na Amazônia da Bolívia, mas mantidas

na coleção viva do Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito, da Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno de Santa Cruz, Bolívia.

Para estudos morfológicos, foram consideradas todas as exsiccatas de *Manihot esculenta* e outras espécies afins ou similares, depositadas e disponibilizadas nos herbários: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN (CEN), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Herbario Nacional de Bolívia, Universidad Mayor de San Andrés (LPB), Missouri Botanical Garden (MO), New York Botanical Garden (NY) e Herbario del Oriente Boliviano (USZ).

## **Métodos**

Botões masculinos do material mencionado anteriormente foram coletados e fixados em solução Canoy (3:1) por 10 dias. Em seguida, lavados com água destilada e conservados em álcool 70% sob refrigeração (Nassar & Bomfim, 2013).

Para preparo de lâminas meióticas, antes foram retiradas dos botões florais e esmagadas imersas em uma gota de acetocarmina a 1% (Nassar *et al.*, 1977), submetida a lavagem com ácido acético 45% e glicerina 10%, para melhor promoção do contraste entre citoplasma e material genético (Fenny Dane & Tsuchiya 1979). As lâminas foram montadas e analisadas em microscópio de luz, LEICA DM 2500, e fotografadas em câmara digital LEICA DFC 295, com auxílio do *software* LAS 4.0.

Para o estudo do comportamento cromossômico meiótico e contagem do número cromossômico, foram analisadas as configurações de 10 células em metáfase I, determinando, assim, o número cromossômico e a frequência de bivalentes para as taxa aqui tratadas.

As tétrades foram analisadas sobre o exame de 10 botões florais masculinos com tamanho entre 2-3 mm; previamente coradas com carmim acético a 1% (Nassar *et al.*, 1977), em que a presença de quatro tétrades dentro do micrósporo foi considerada normal, e a presença de micronúcleos ou formação somente de díades e tríades foi considerada irregular. A normalidade de tétrades foi calculada como a porcentagem de tétrades regulares sobre o total.

Na análise da viabilidade de pólen, foram utilizadas anteras de 10 flores masculinas maduras pré-antese, coletadas às 10h da manhã, coradas com carmim acético a 1% (Nassar *et al.*, 1977); considerando-se os grãos de pólen com coloração homogênea, de tamanho médio e forma regular como viáveis; o pólen de coloração heterogênea ou parcialmente colorido, forma irregular ou tamanho menor ou muito maior, foram considerados inviáveis. A viabilidade pólen foi calculada a porcentagem de pólen viáveis sobre o total.

## RESULTADOS

### Comportamento meiótico das cultivares e escapees

*Cultivar UnB 032*: a análise meiótica da metáfase I mostrou 18 bivalentes e ausência de univalentes (Fig.1A, B); formação de tétrades com 94,2% de regularidade e 94,5% de viabilidade do pólen. Tais dados correspondem ao comportamento de um diploide  $2n=36$ , com pareamento altamente regular, e uma frequência média de 18 bivalentes (Tab. 1). A cultivar carece de díades, tríades e micronúcleos nos micrósporos.

*Cultivar UnB 318*: a avaliação meiótica da metáfase I registrou 18 bivalentes com ausência de univalentes (Fig.C, D); regularidade de 95.3% na formação de tétrades e viabilidade do pólen de 82%. Trata-se de um diploide  $2n=36$  de pareamento altamente regular com uma frequência média de bivalentes de 18 (Tab. 1). A cultivar não apresentou díades, tríades ou micronúcleos.

Tabela 1: Comportamento cromossômico meiótico em variedades e escapees de mandioca (*Manihot esculenta*): regularidade no pareamento meiótico de células em metáfase I.

Variedade ou táxon examinado	Nº células examinadas.	Univalentes		Bivalentes		Nº cromossômico	Regularidade meiótica
		Interv.	Media	Interv.	Media		
<i>M. esculenta</i> var. UnB 032	10	0	0	18	18	$2n = 36$	Altam. regular
<i>M. esculenta</i> var. UnB 318	10	0	0	18	18	$2n = 36$	Altam. regular
<i>M. esculenta</i> var. UnB 530	10	0-2	0.6	17-18	17,7	$2n = 36$	Regular
<i>M. esculenta</i> var. UnB 567	10	0-2	0.6	17-18	17,7	$2n = 36$	Regular
<i>M. esculenta</i> var. UnB 110	10	0-2	0.4	17-18	17,8	$2n = 36$	Regular
<i>M. esculenta</i> var. UnB 122	10	0-4	1.8	16-18	17,1	$2n = 36$	Irregular
<i>M. esculenta</i> escapee 1	10	0-2	0.4	17-18	17,8	$2n = 36$	Regular
<i>M. esculenta</i> escapee 2	10	0-2	0.4	17-18	17,8	$2n = 36$	Regular

Tabela 2: Comportamento cromossômico meiótico em variedades e escapees de mandioca (*Manihot esculenta*): normalidade de tétrades e viabilidade de pólen.

Variedade ou táxon examinado	Nº cromossômico	Normalidade de tétrades		Viabilidade de pólen	
		total de micrósporos	%	Total de grãos	%
<i>M. esculenta</i> var. UnB 032	$2n = 36$	608	94,2	3014	94,5
<i>M. esculenta</i> var. UnB 318	$2n = 36$	507	95,3	4078	82,0
<i>M. esculenta</i> var. UnB 530	$2n = 36$	539	96,1	3780	82,6
<i>M. esculenta</i> var. UnB 567	$2n = 36$	502	95,4	4002	79,0
<i>M. esculenta</i> var. UnB 110	$2n = 36$	611	95,1	5134	83,3
<i>M. esculenta</i> var. UnB 122	$2n = 36$	1130	31,3	4070	19,8
<i>M. esculenta</i> escapee 1	$2n = 36$	443	92,8	3755	98,9
<i>M. esculenta</i> escapee 2	$2n = 36$	607	93,7	3014	94,5



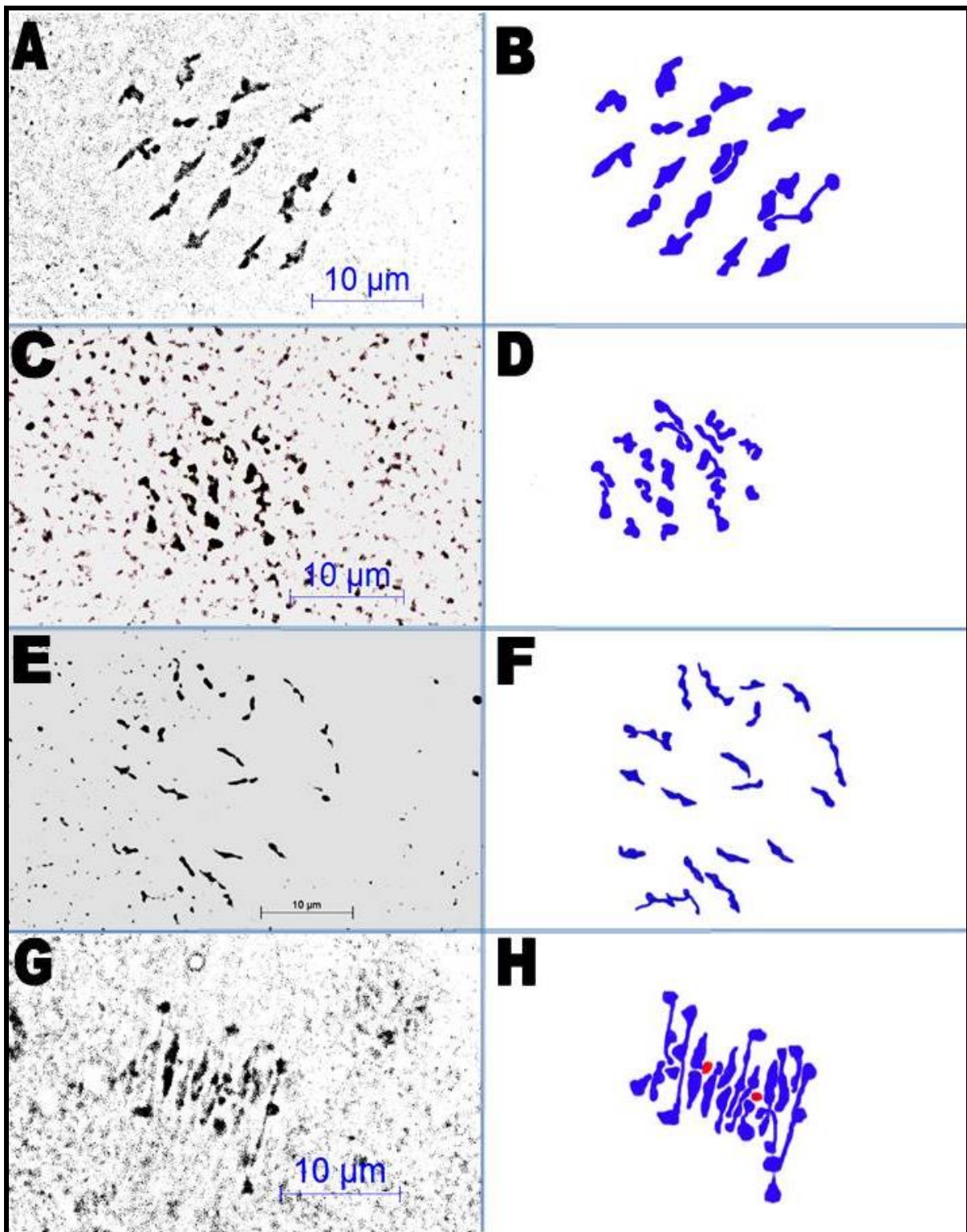


Figura 1: Variabilidade citogenética em cultivares de mandioca, células meióticas em metáfase I mostrando a disposição dos cromossomos e croquis de interpretação. A, B) *M. esculenta* var. UnB-032,  $2n=36$ , 18 bivalentes. C, D) var. UnB-318,  $2n=36$ , 18 bivalentes. E, F) var. UnB-530,  $2n=36$ , 18 bivalentes. G, H) var. UnB-567,  $2n=36$ , 18 bivalentes e duos univalentes. Cor azul bivalente, cor vermelho univalente.

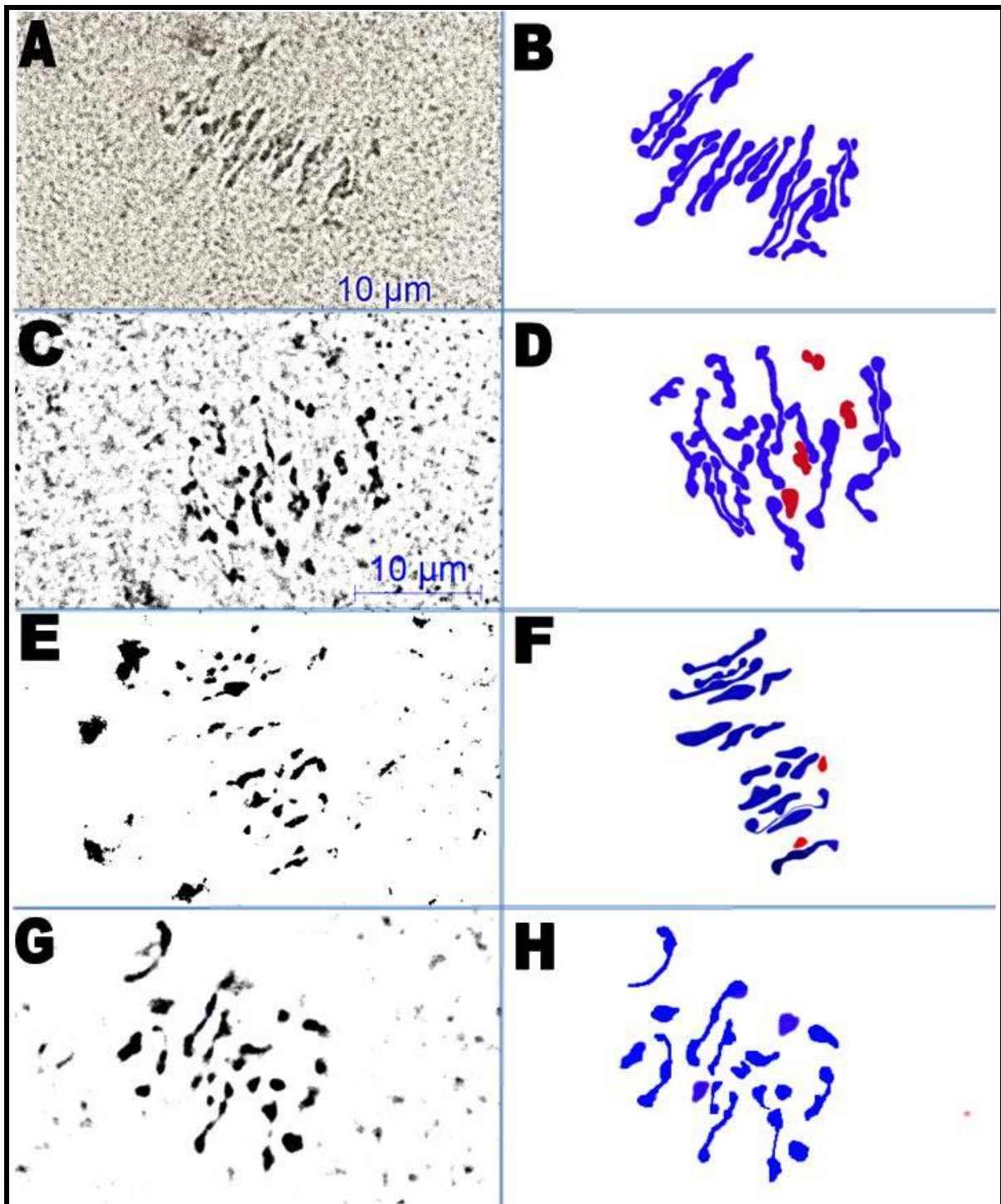


Figura 2: Variabilidade citogenética em cultivares de mandioca, células meióticas em metáfase I mostrando a disposição dos cromossomos e croquis de interpretação. A, B) *Manihot esculenta* var. UnB-110,  $2n=36$ , 18 bivalentes. C, D) var. UnB-122,  $2n=36$ , 16 bivalentes, quatro univalentes. E, F) escapee 1,  $2n=36$ , 17 bivalentes, dois univalentes. G, H) escapee 2,  $2n=36$ , 18 bivalentes. Cor azul bivalente, cor vermelho univalente.

*Cultivar UnB 530*: a análise meiótica da metáfase I mostrou 80% das células avaliadas com 18 bivalentes (sem univalentes) e 20% com 17-bivalentes e um par de univalentes (Fig. 1E, F); formação de tétrades com 96.1% de regularidade, mas uma moderada viabilidade no pólen de 82,6% (Tab. 2). Corresponde a um diploide  $2n=36$ , de pareamento regular com frequência média de 17,7 (Tab. 1). A cultivar apresentou díades.

*Cultivar UnB 567*: a avaliação meiótica da metáfase I registrou 70% de células com 18 bivalentes, e 30% com 17-bivalentes e um par de univalentes (Fig.1G, H); regularidade de 95,4% na formação de tétrades, e 79% na viabilidade de pólen (Tab. 2). Trata-se de um diploide  $2n=36$  de pareamento regular moderado, onde a média de bivalentes é de 17,7 (Tab. 1) e registrou de 1–2 micronúcleos nas tétrades.

*Cultivar UnB 110*: a análise meiótica da metáfase I mostrou 80% células com 18 bivalentes, e 20% com 17 bivalentes e um par de univalentes (Fig.2A, B); formação de tétrades com 95,1% de regularidade e 83,3% para viabilidade de pólen (Tab. 2). Corresponde um diploide  $2n=36$  de pareamento regular, e frequência média de bivalentes de 17,8 (Tab. 1). A cultivar registrou díades, tríades e tétrades com 1–2 micronúcleos e/ou deformados.

*Cultivar UnB 122*: a avaliação meiótica da metáfase I mostrou 30% das células avaliadas com 18 bivalentes, 50 % com 17 bivalentes e dois univalentes, 20% com 16-bivalentes e quatro univalentes (Fig.2C, D). A formação de micrósporos regulares foi de 31,3% e 19,8% de viabilidade de pólen (Tab. 2), correspondendo ao comportamento de um diploide  $2n=36$ , de pareamento irregular onde a frequência média de bivalentes foi de 17,1 (Tab. 1). Apresentou díades e 1–7 micronúcleos.

*Escapee 1*: a avaliação meiótica da metáfase I registrou 90% de células com 18 bivalentes, e 10% com 17 bivalentes e dois univalentes (Fig.2E, F); regularidade de 92,8% na formação de tétrades e 98,9% na viabilidade de pólen (Tab. 2). Trata-se de um diploide  $2n=36$  de pareamento regular moderado, onde a média bivalentes foi de 17.8 (Tab. 1). Registrou 1–2 micronúcleos nas tétrades.

*Escapee 2*: a análise meiótica da metáfase I mostrou 80% das células com 18 bivalentes, e 20% com 17 bivalentes e um par de univalentes (Fig.2G, H); formação de tétrades com 93,7% de regularidade e 94,5% para viabilidade de pólen (Tab. 2). Corresponde a um diploide  $2n=36$  de pareamento médio de bivalentes de 17.8 (Tab. 1). Registrou 1–2 micronúcleos e/ou deformados.

### Caracterização morfológica da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e dos cultivares

*Manihot esculenta* Crantz: arbusto ereto, semiereto a decumbente, 1,5–5 m. Raízes cilíndricas, cônicas ou cônico-cilíndricas, pedúnculos curtos 1–5 cm, medianos 6–15 cm ou largos >20 cm, até ausentes, constrictões presentes ou não (Tab. 3); epiderme marrom, marrom claro ou escuro; polpa branca ou creme. Caule central presente ou ausente; ramificação primária basal até apical; ramos secundários dicotômicos e/ou tricotômicos; caule jovem verde, avermelhado e roxo, variavelmente pubescente (Fig. 6); caule maduro cinza, cinza esverdeado, marrom, marrom claro ou escuro; nós curtos 1–1,5 cm, medianos 2–4 cm ou largos >5 cm, proeminentes ou não, cicatrizes foliares proeminentes, curtas 0,5–1 mm, medianas 1–2 mm até largas >3 cm (Fig. 3 A-H); brotos jovens cor verde, avermelhado, roxo e com variado grau de pubescência (Fig. 6). Folhas, 3–5 (-7) lobadas (Fig. 3I) e usualmente uni-lobadas na inflorescência; lóbulos oblongos, obovados, oblancelados, lanceoladas, ápice agudo ou acuminado; variavelmente cobertas por tricomas simples ou glabros; pecíolo ereto, semiereto até reflexos, verde, amarelado ou roxo, normalmente pubescentes (Tab. 3). Inflorescência em panícula central (Fig. 3J), com 2–4 racemos saindo no mesmo ponto. Flores pistiladas de tépalas livres e abertas, amareladas, cremes, esverdeadas e com pigmentos vermelhos na face interna e externa; disco nectarífero geralmente avermelhado. Flores estaminas gamotépalas, similares em cor às pistiladas; brácteas e bractéolas reduzidas e caducas. Frutos globosos alados, alas curtas 0,5–1 mm, medianas, 1,5–2 mm, largas > 2,5 mm, normalmente onduladas e com pigmento vermelho no bordo (Fig. 3K, Fig. 6).

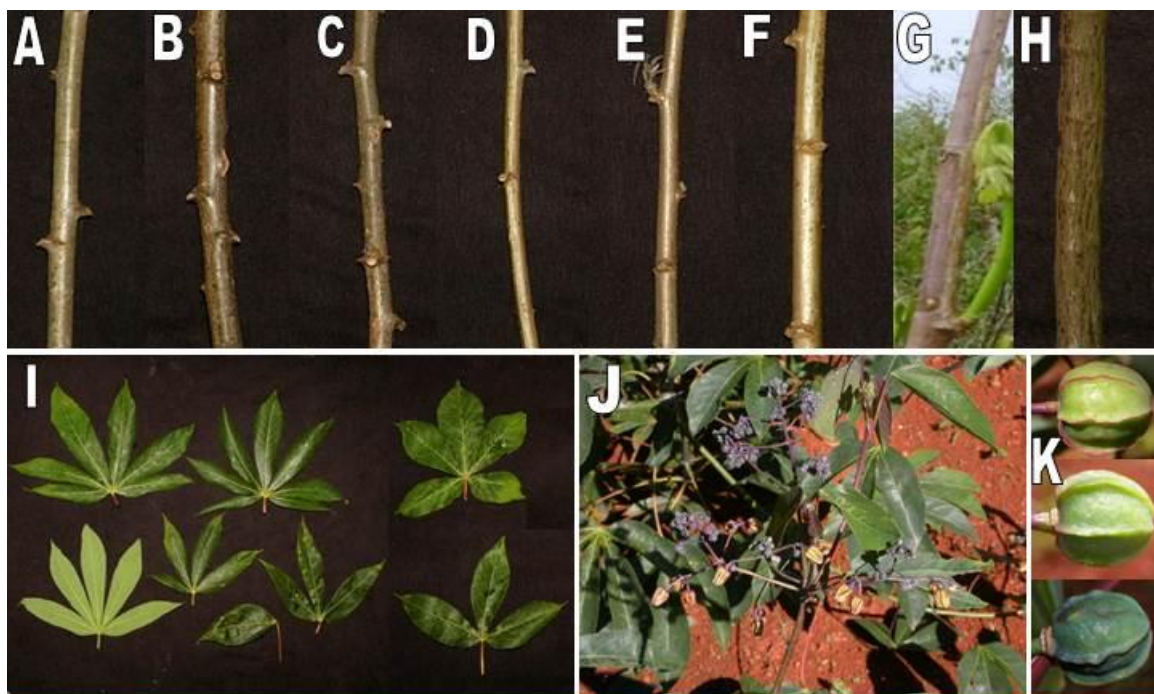


Figura 3: Variabilidade morfológica e caracteres diagnósticos da espécie cultivada *Manihot esculenta*. A–H) Caule, proeminência de nós e cicatrizes peciolares, *caractere diagnóstica*. I) Variação de formato e número de lóbulos em folhas, *caractere não diagnóstica*. J) Inflorescência típica, formato e disposição de flores femininas e masculinas, *caractere diagnóstica*. K) Frutos variavelmente globosos com alas agudas e proeminentes, *caractere diagnóstica*. Variabilidade na proeminência de nós e cicatrizes peciolares em variedades de mandioca. *Manihot esculenta* var. UnB 032 (A); var. UnB 318 (B); var. UnB 530 (C); var. UnB 567 (D); var. UnB 110 (E); var. UnB 122 (F); escapee 2 (G); escapee 1 (H).

*Cultivar UnB 032*: semiereto mediano, 2–2.5 m; caule central robusto, ramificação superior; caule jovem acanalado, roxo, fina e espaçadamente pubescente, caule maduro cinza-esverdeado; brotos jovem roxa, suavemente pubescente; nós curtos e largos, proeminentes; cicatrizes foliares largo proeminentes. Folhas 3–5-lóbadas, 7-lobadas e uni-lobadas na inflorescência, espaçado pubescente, lóbulos estreitamente oblongo-lanceolados, ápice acuminado; pecíolo fortemente reflexo, roxo e esparzido pubescente. Frutos esféricos, verde claro com asas mediano de bordo roxo. Raízes longas, cilíndricas; pedúnculo ausente, raro curto (si presentes), geralmente sem constrições, epiderme castanho-claro e polpa branca (Fig. 4A).

*Cultivar UnB 318*: semiereto; mediano, 3 m; ramificação basal, 2–3 ramos. Caule jovem acanalado, verde e moderadamente pubescente, caule maduro marrom escuro; brotos jovens esverdeados, pubescente; nós curtos e medianos, proeminentes; cicatrizes foliares mediano proeminentes. Folhas 5-lobadas, e 1–3 lobadas na inflorescência, moderadamente pubescente; lóbulos lanceolados, ápice agudo; pecíolo horizontal, roxo e pubescente. Frutos esférico-cônicos, verde glauco suave, asas medianas de bordo mais claro. Raízes longas, cilíndricas; pedúnculo mediano, largo até ausente, sem constrições; epiderme marrom claro e polpa creme (Fig. 4B).

*Cultivar UnB 530*: semiereto a decumbente, baixo, 1.5–2 m; ramificação a 15–20 cm da base, 2–3 ramos. Caule jovem suave acanalado, verde-avermelhado, esparzido pubescente, caule maduro cinza esverdeado; brotos jovens roxo suave, pubescentes; nós medianos, proeminentes; cicatrizes foliares largo proeminente. Folhas 5–7-lobadas, avezes 3-lobadas, uni-lobadas na inflorescência, lóbulos oblanceolados, ápice acuminado, dispersamente pubescente; pecíolo semiereto, roxo, fina e esparzo pubescente. Frutos semiesféricos, verde glauco intenso, asas largas, bordo avermelhado. Raízes medianas, cilíndricas a suave cônicas; pedúnculos ausentes, raro curtos, sem constrições, epiderme marrom-escuro, córtex verdoso, polpa branca.

*Cultivar UnB 567*: semiereto a decumbente, mediano, 1.5–2.5 m; ramificação basal, 2–4 ramos. Caule jovem acanalado, roxo, pubescente; caule maduro cinza claro; brotos jovens verde a vermelho suave, moderadamente pubescente; nós largos, proeminentes; cicatrizes foliares largo proeminentes. Folhas 5-lobadas, raro 6–7-lobadas e 1–3-lobadas na inflorescência, lóbulos oblongo a oblongo-lanceoladas, ápice agudo, pubescente; pecíolo ereto, avermelhado, levemente pubescente. Frutos esférico-cônicos, verdes, asas medianas, bordo apenas roxo. Raízes medianas, cilíndricas a suavemente cônicas; pedúnculos medianos, constrições raramente presentes, epiderme marrom e polpa branca (Fig. 4D).

*Cultivar UnB 110*: semiereto, mediano, 3 m; ramificação basal, 2–3 ramos. Caule jovem acanalado, verde, apenas pubescente; caule maduro marrom escuro; brotos jovens verde vivo, escasso pubescentes; nós curtos e proeminentes; cicatrizes foliares curto proeminente. Folhas 5-lobadas, e 1–3 lobadas na inflorescência (Fig. 5A), lóbulos lanceolados, ápice agudo, muito disperso pubescente; pecíolo horizontal, roxo, glabro. Frutos esféricos, verde vivo, asas

medianas, bordo mais claro. Raízes longas, cilíndricas; pedúnculos ausentes ou curtos (si presentes), sem constrictões, epiderme marrom claro e polpa creme.

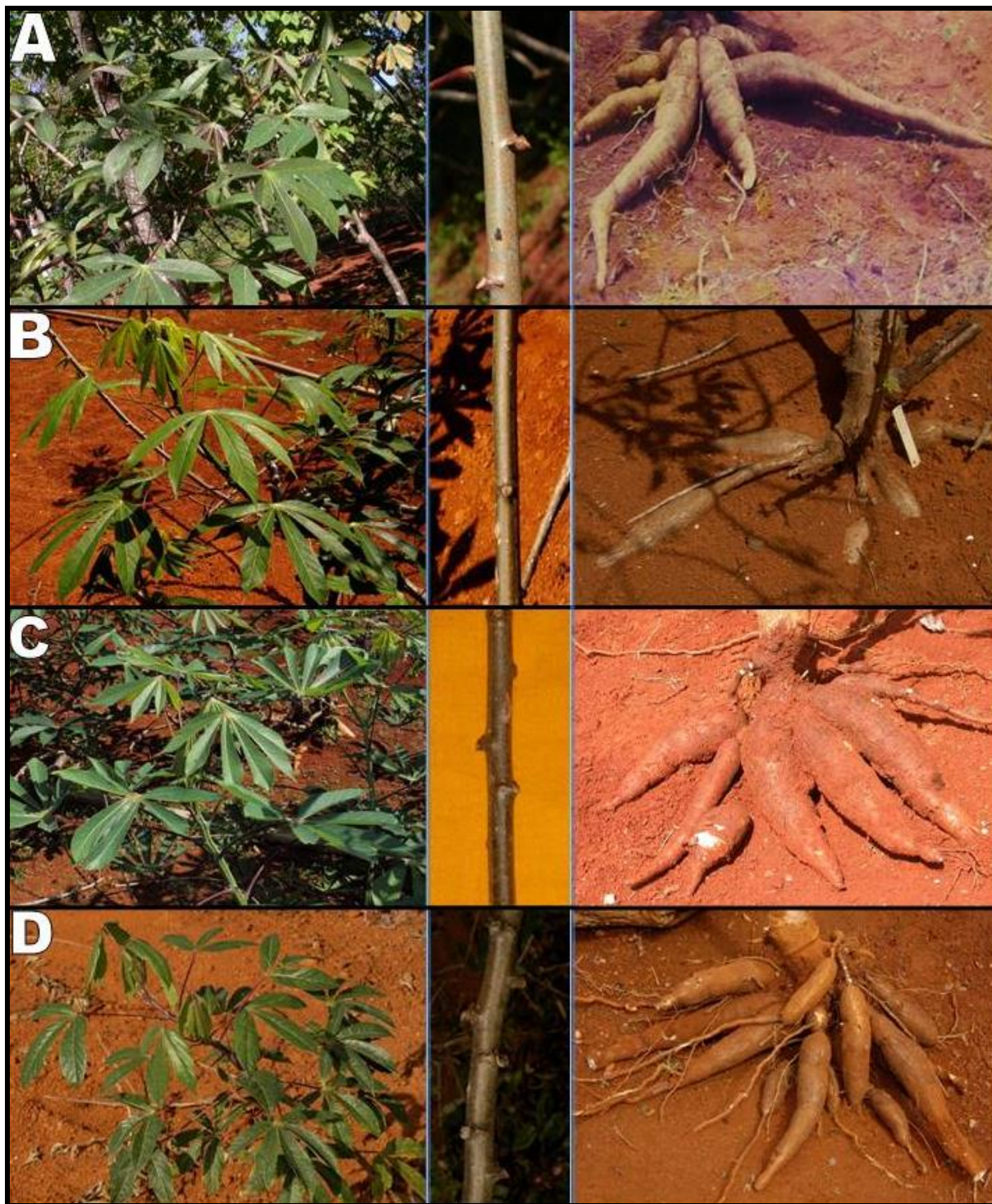


Figura 4: Variabilidade morfológica em cultivares de mandioca. Folhas: variação em formato e número de lóbulos. Caule: detalhe do comprimento e proeminência de nós, proeminência de cicatrizes peciolares. Raízes: variação de tamanho, formato e coloração. A) *Manihot esculenta* var. UnB-032. B) var. UnB-318. C) var. UnB-530. D) var. UnB-567.

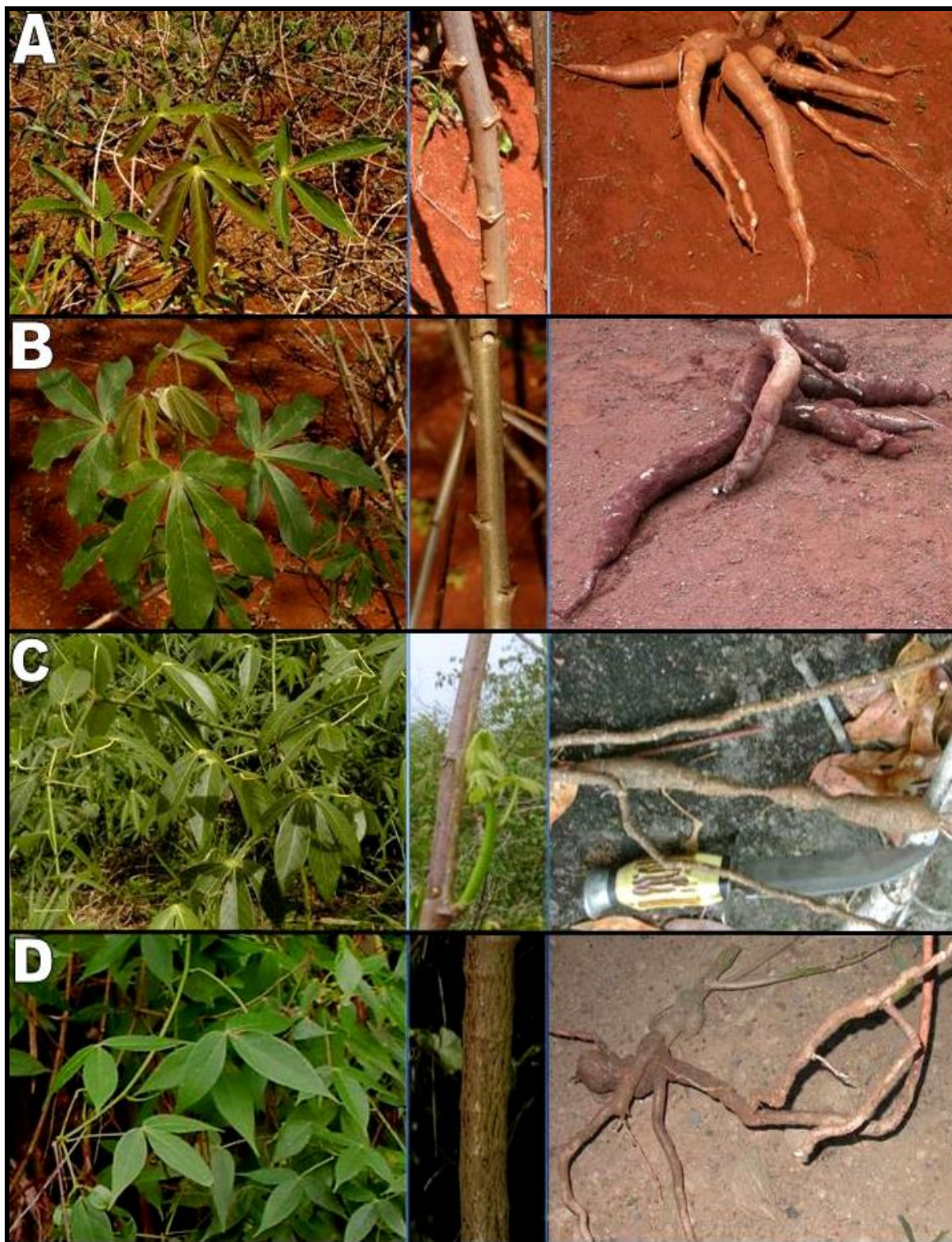


Figura 5: Variabilidade morfológica em cultivares de mandioca. Folhas: variação em formato e número de lóbulos. Caule: detalhe do comprimento e proeminência de nós, proeminência de cicatrizes peciolares. Raízes: variação de tamanho, formato e coloração. A) *Manihot esculenta* var. UnB-110. B) var. UnB-122. C) escapee 2. D) escapee 1.

Tabela 3: Morfologia comparada de 6 variedades e dois escapees de mandioca (*Manihot esculenta*)

Descritores	UnB 032	UnB 318	UnB 530	UnB 567	UnB 110	UnB 122	Escapee 1	Escapee 2
Cor e pubescência do broto apical	Roxa, suave pubescente	Esverdeados, pubescente	Roxo suave, pubescente	Verde/vermelho suave, pouco pubescente	Verde vivo, escasso pubescente	Verde e tinte vermelho, denso pubescente	Cinza-branqueado, denso viloso	Verde e folhas avermelhado, glabro
Canais no caule jovem	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Ausente
Cor e pubescência caule jovem	Roxa, suave pubescente	Verde, moderado pubescente	Verde-vermelho, esparzido pubescente	Roxo, pubescente	Verde, apenas pubescente	Verde e tinte avermelhado, pubescente	Verde claro, coberto de tricomas vilosos	Verde claro, glabro
Cor e pubescência do pecíolo	Roxo, esparzido pubescente	Roxo e pubescente	Roxo, fina e esparzo pubescente	Vermelhado, levemente pubescente	Roxo, glabro	Verde e avermelhado na base e inserção	Verde, viloso-ferrugineos na base e inserção	Verde, glabro
Numero médio de lóbulos na folha	3 – 5	5-lobadas	5–7-lobadas	5-lobadas	5-lobadas	3-lobadas	Estritamente 3-lobadas	3–5-lobadas
Pubescência da folha madura	Espaçado pubescente	Moderadamente pubescente	Dispersamente pubescente	Pubescente	Muito disperso pubescente	Pubescentes	Glabro o escassos tricomas	Glabro
Cor do córtex no caule	Cinza-esverdeado	Marrom escuro	Cinza esverdeado	Cinza claro	Marrom escuro	Esverdeado-cinza	Marrom escuro e estriado	Marrom-cinza
Cumprimento entre nós (filotaxia)	1 – 4 cm, proeminentes	1 – 4 cm, proeminentes	2–4 cm, proeminentes	>5 cm, proeminentes	1–1.5 cm, proeminentes	>5 cm, proeminentes	1 – 4 cm, não proeminentes	>5 cm., não proeminentes
Proeminência de cicatrizes foliares	>3 mm	1–2 mm	>3 mm	>3 mm	0.5–1 mm	1–2 mm	Ausente	< 0.5 m, apenas proeminentes
Forma e cor de frutos	Esféricos, verde claro	Esférico-cônicos, verde glauco suave	Semiesféricos, verde glauco intenso	Esférico-cônicos, verdes	Esféricos, verde vivo	Esféricos, verde	Breve-cilíndrico, verde glauco-branqueado	Esféricos, verde-amarelo
Asas em frutos, comprimento e cor	1.5–2 mm, roxo	1.5–2 mm, mais claro	> 2.5 mm, avermelhado	1.5–2 mm, apenas roxo	1.5–2 mm, mais claro	0.5–1 mm, roxo	0.5–1 mm e anguloso, verde-aroxado	> 2.5 mm, amarelado
Forma e tamanho da raiz	Cilíndricas, >40 cm	Cilíndricas, >40 cm	Cilíndricas, 20–40 cm	Cilíndricas a suave cônicas, 20–40 cm	Cilíndricas a suave cônicas, >40 cm	cilíndricas, >40 cm	Sem raiz engrossada	cilíndricas, <10 cm
Cor da epiderme na raiz	Castanho-claro	Marrom-claro	Marrom-escuro	Marrom	Epiderme marrom claro	Cinza-marrom	Sem dado	Epiderme marrom-branqueado
Tamanho do pedúnculo na raiz	Ausente, raro 1 – 5	6–15 cm	Ausente, raro 1 – 5	6–15 cm	Ausente, ou 1 – 5	Ausente	Sem dado	>20 cm
Presencia de constrictões	Ausente	Ausente	Ausente	Ausentes, raro presentes	Ausente	Ausente	Sem dado	Presente e largo
Habito e tamanho da planta	Semiereto, 2–2.5 m	Semiereto, 3 m	Semiereto a decumbente, 1.5–2 m	Semiereto a decumbente, 1.5–2 m	Semiereto; mediano, 3 m	Semiereto a decumbente, 1.5–2 m	Trepadeira, 5 m	Semiereto a trepadeira, 3–4 m

*Cultivar UnB 122*: semiereto a decumbente, baixo, 1.5–2 m; caule central robusto, ramificação a 30–50 cm da base, 2–3 ramos; caule jovem acanalado, verde e tinte avermelhado, pubescente; caule maduro esverdeado-cinza; brotos jovens verde e com tinte vermelho nos nós, denso pubescente; nós largos, proeminentes; cicatrizes foliares mediano proeminentes. Folhas 3-lobadas, raro 2 ou 5 lobadas, simples na inflorescência; lóbulos oblanceolados a ovados, ápice agudo-acuminado, pubescentes; pecíolos eretos, verde e avermelhado só na base e inserção, vermelho em maduro e pubescente. Frutos esféricos, verde, asas curtas, bordo roxo. Raízes longas, cilíndricas, pedúnculo ausente, sem constrictões, epiderme cinza-marrom e polpa branca.



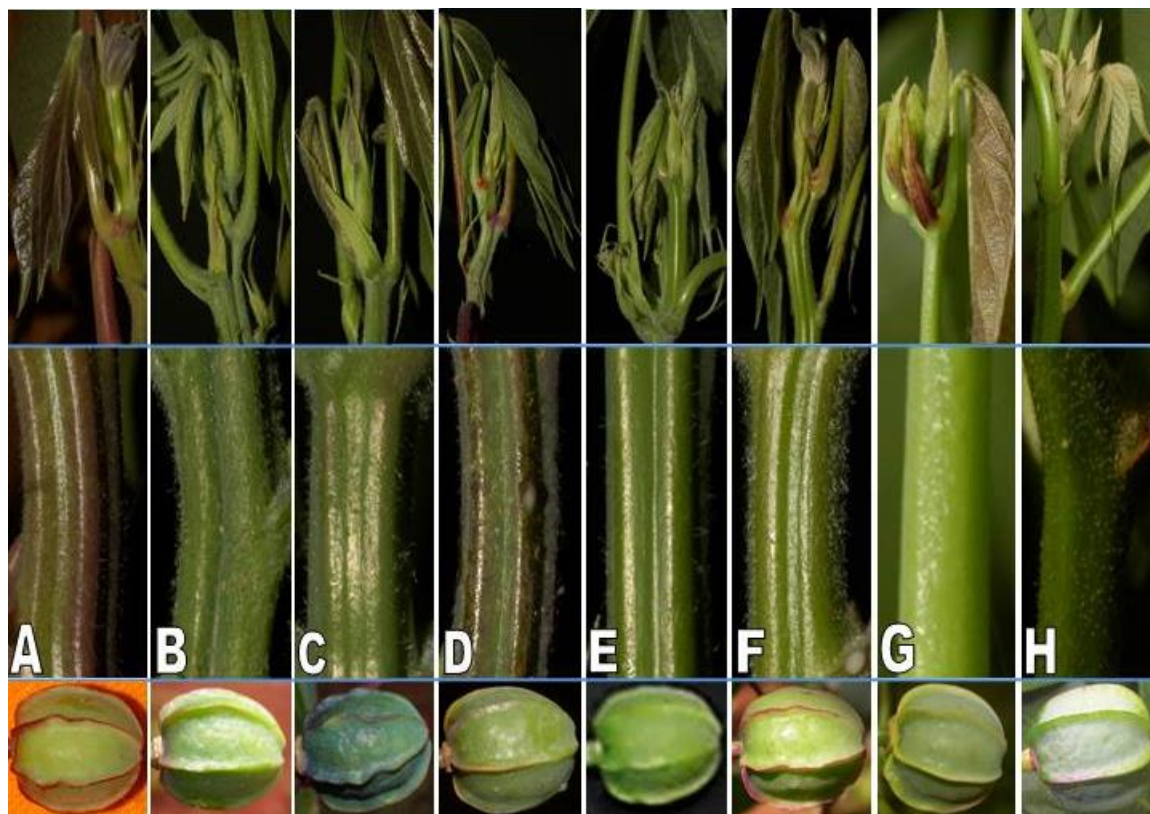
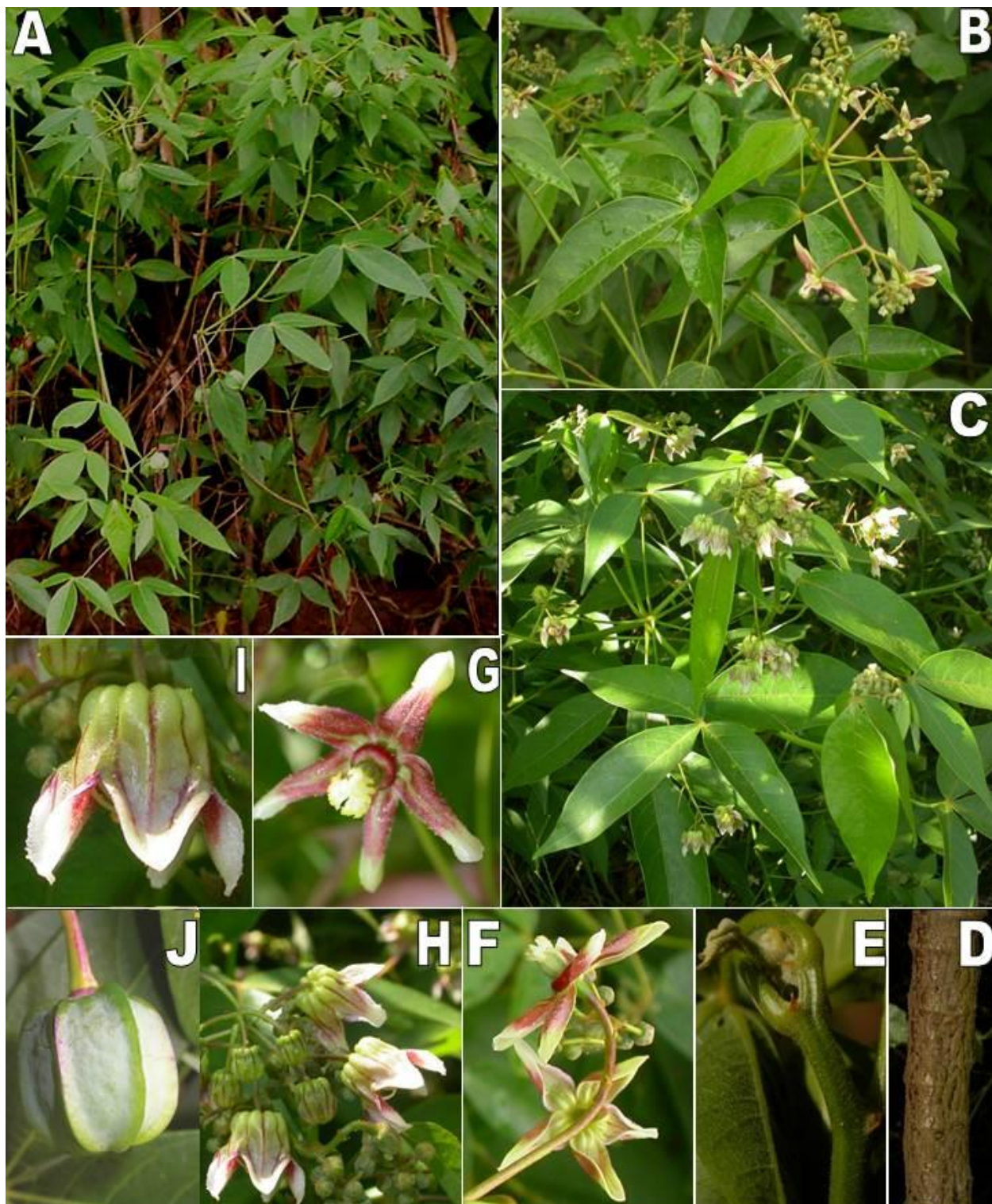
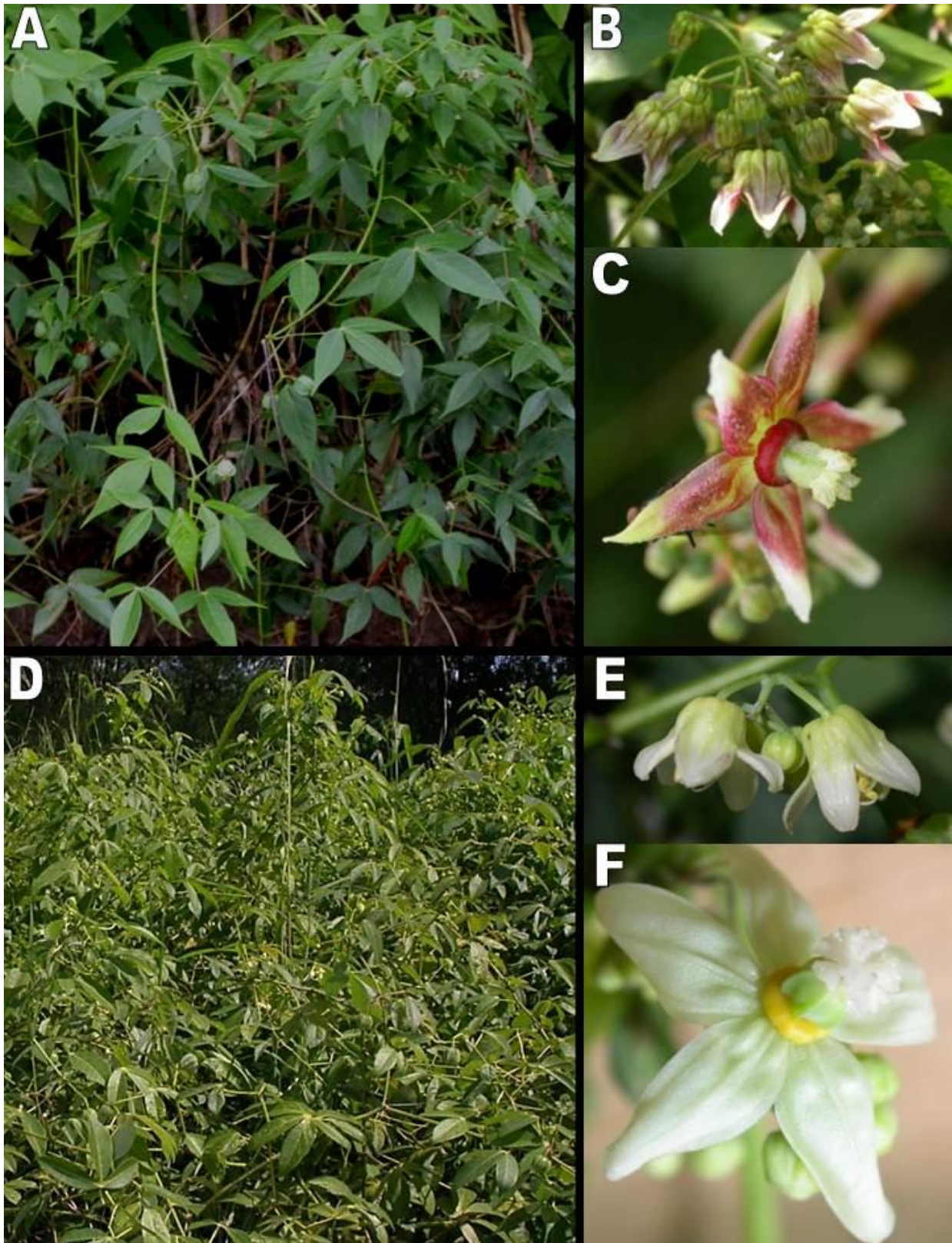


Figura 6: Variabilidade de coloração e pubescência em brotos e caules jovens presente em *mandioca* (A–H). *Manihot esculenta* var. UnB 032 (A); var. UnB 318 (B); var. UnB 530 (C); var. UnB 567 (D); var. UnB 110 (E); var. UnB 122 (F); escapee 2 (G); escapee 1 (H).

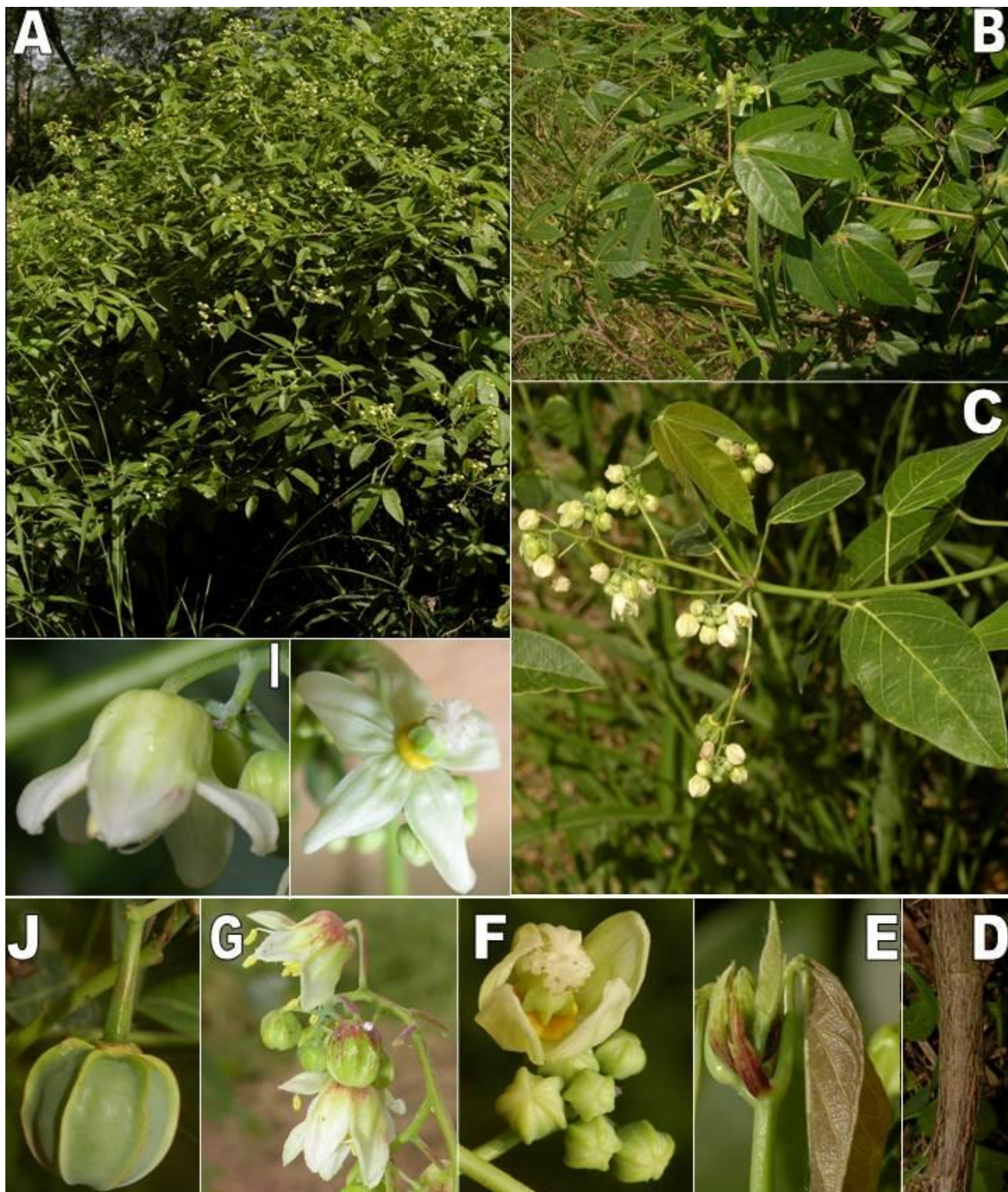
Escapee 1: arbusto ascendente e decumbente (tipo trepadeira), 2 a 5 m de alto; raízes engrossadas, não observadas. Caules 2 a 5 saindo de uma base lenhosa, nós curtos a medianos e apenas notórios (não proeminentes); cicatrizes do pecíolo ausentes; ramificação abundante, ramos fortemente decumbentes com aparência membranosa, coberto de tricomas. Folhas marginadas, face adaxial verde escuro, e abaxial verde glauco, com tricomas dispersos; estípulas caducas, semi-foliáceas, ovado-lanceoladas, <2 mm compr., bordo inteiro, coberto de tricomas; pecíolos, 3 – 10 (-15 ) cm de compr., tricomatoso e membranoso na base; lâmina suavemente membranosa e delicada, estritamente 3-lobada, raro 1–2-lobado na base da inflorescência, lóbulo central elíptico-lanceolados de ápice atenuado, margem inteiro; lóbulos laterais, evidentemente reduzidos; veias coberto de tricomas dispersos. Inflorescência mediana a grande, 15 a 30 cm compr., uma panícula central com 3 a 4 racemos saindo do mesmo ponto; brácteas e bractéolas caducas, semi-foliáceas, ovadas e cobertas de tricomas ferrugíneos, <1 mm compr., margem inteira. Flores com tricomas esparzidos, mais notório em botões, pedicelos finos com aparência delicada, 2 a 5 mm compr. em flores estaminadas e (10 -) 15 – 30 (-35) mm em flores pistiladas; flores estaminadas, breve-tubulares, 8 – 10 (-12) × 4 – 6 (-8) mm, tubo 4 a 6 mm compr.; pétalas/lóbulos retas (não reflexas), 4 a 6 mm compr., superfície externas esbranquiçada com linhas longitudinais roxas, superfície interna com tonalidade roxa no centro e esbranquiçada para o ápice; flores femininas abertas, pétalas/lóbulos livres, retas e fortemente



**Figura 7:** Ilustração *Manihot esculenta* escapee 1: **A)** Habito da planta, semiereto com ramos decumbentes; **B)** Ramo com flores femininas; **C)** Ramo com flores masculinas; **D)** detalhe de caule e córtex. **E)** Estipula e detalhe da pubescência em brotos jovens; **F)** Inflorescência femininas; **G)** Flor feminina; **H)** Inflorescência masculinas; **I)** Flor masculina; **J)** fruto com asas.



**Figura 8:** Ilustração das duas escapees em estudo; *Manihot esculenta*, escapee 1: A) Habito trepadeira e folhas tri-lobadas. B) Flores masculinas em inflorescência. C) Flor feminina com disco vermelho. Escapee 2: D) Habito com ramos decumbentes. E) Flores masculinas em inflorescência. F) Flor feminina com disco amarelo.



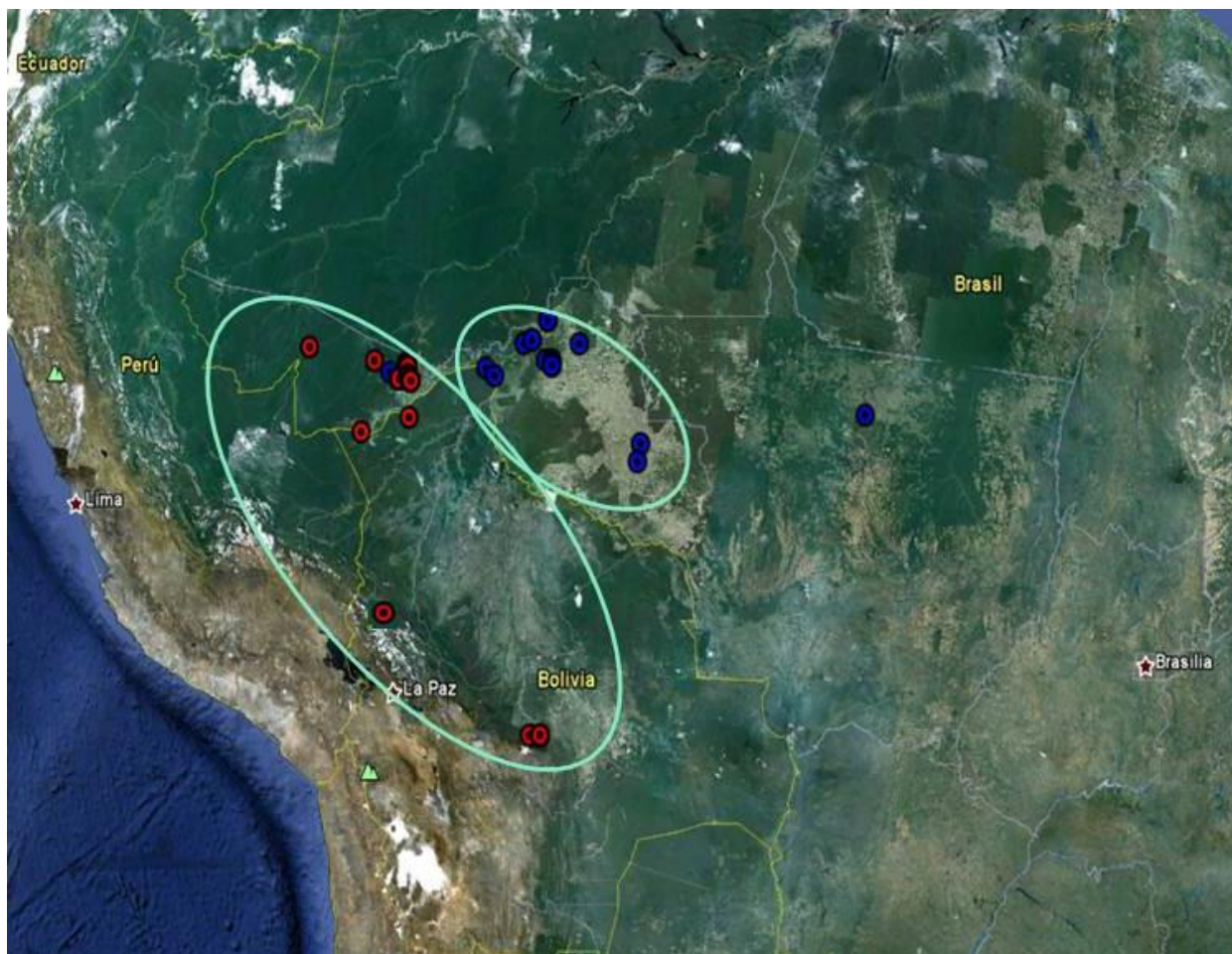
**Figura 9:** *Manihot esculenta* escape 2: **A)** Habito da planta, semiereto com ramos decumbentes; **B)** Ramo com flores femininas; **C)** Ramo com flores masculinas; **D)** detalhe de caule e córtex. **E)** Estipula e detalhe da pubescência em brotos jovens; **F)** Inflorescência femininas; **G)** Inflorescência masculinas; **H)** Flor feminina; **I)** Flor masculina; **J)** fruto com asas.

reflexas longitudinalmente, superfície externa e interna esverdeada com tonalidade roxa na parte central; estigma 3-lobado, lóbulos moderadamente lobulados, cor branco. Frutos globosos, 1,2 – 1,4 (-1,6) cm diâmetro, fortemente glaucos, costelas proeminentes, vezes com tonalidade roxa no topo. Semente elíptica, 7 – 9 (-1,1) × 4 – 6 mm, carúncula ligeiramente proeminente, achatado e levemente ângulo em direção ao borde.

Escapee 2: arbusto ou trepadeira ascendente e decumbente, 4 a 6 m de alto. Raízes muito curtas, cilíndricas, longamente pedunculadas, constrictões fortes ou até separações, epiderme marrom-branqueado e polpa branca. Caules primários 2 a 3 saindo de uma base lenhosa, cicatrizes do pecíolo apenas proeminentes, 0,5 mm compr.; ramificação abundante, ramos fortemente decumbentes com aparência foliácea, escassos tricomas nas partes jovens. Folhas não peltadas, face adaxial verde suave para amarelada e lustroso, e abaxial verde glauco mais esbranquiçada, muito esparzido e finamente pubescente nas duas faces; estípulas caducas, foliáceas, lineal-lanceoladas, <2 mm compr., bordo inteiro, escassos tricomas; pecíolos, (3-) 5 – 13 (-17) cm de compr., tricomas espalhados mas notórios na base; lâmina foliácea, variável 3–5-lobada, a vezes 7-lobado e raro unilobado na base da inflorescência, lóbulo central obovado, obovado-lanceolados de ápice acuminado-atenuado, margem inteiro; lóbulos laterais, evidentemente reduzidos; veias coberto com finos e simples tricomas dispersos. Inflorescência mediana a grande, 10 a 20 cm compr., uma panícula central com 3 a 4 racemos saindo do mesmo ponto; brácteas e bractéolas caducas, foliáceas, lanceoladas a linear-lanceoladas e cobertas de tricomas simples, <1 mm compr., margem inteira. Flores esparzida e finamente pubescente, mais notório em botões, pedicelos finos, 5 a 9 mm compr. em flores estaminadas e 10 – 20 (-30) mm em flores pistiladas; flores estaminadas, breve-campanuladas, 6 – 8 (-9) × 5 – 6 (-8) mm, tubo 3 a 4 mm compr.; pétalas/lóbulos abertas e retas (não reflexas), 3 a 4 mm compr., superfície externa, às vezes, esbranquiçada, com pigmentação púrpura na junção com o pedicelo, superfície interna todo branco; flores femininas abertas, tépalas livres, retas e fortemente reflexas longitudinalmente, superfície externa e interna branca; estigma 3-lobado, lóbulos fortemente lobulados, cor branco. Frutos globosos, 1,2 – 1,6 (-1,8) cm diâmetro, fortemente glaucos, costelas finas, agudas e proeminentes, às vezes, com tonalidade amarelada no topo. Semente elíptica, 8 – 10 (-12) × 4 – 6 mm, carúncula ligeiramente proeminente, achatado e levemente ângulo em direção ao borde.

#### **Localidades de ocorrência e distribuição estimada para os escapes**

Os dois táxons apresentam uma distribuição restrita a Amazônia (Fig. 10). Na Bolívia, está presente em quatro Departamentos (Cochabamba, La Paz, Pando e Santa Cruz); no Brasil, em três estados (Acre, Amazonas e Rondônia). Com um total de 38 espécimes, 23 para escapee 1 e 15 para escapee 2.



**Figura 10:** Mapa de pontos de coleta com estimativa da distribuição natural para *Manihot esculenta* escapee1 (marcas vermelhas). *Manihot esculenta* escapee2 (marcas azules).

Escapee 1: espécimes deste táxon foram encontrados em 07 herbários (CEN, K, LPB, MO, NY, UB e USZ), totalizando 23 exsicatas (5 da Bolívia e 18 no Brasil). **BOLÍVIA.** **Cochabamba:** Prov. Carrasco, Parque Nacional Carrasco, sector campamento Clomelin, sobre rio Ichoa, 17°24'05"S 64°31'18"W, 360 m, 14 Aug. 2005, *O Colque & I. Tapia* 298 (USZ). **La Paz:** Prov. Franz Tamayo, Parque Nacional Madidi, Rio Hondo, Arroyo Negro, Piedemonte de la serrania de Toregua, 14°39'52"S 67°49'23"W, 400 m, 29 March 2002, *A. Fuentes & V. Cardona* 4161 (LPB, MO, NY). **Pando:** Prov. Nicolas Suarez, Comunidad Bajo Virtude, Centro Experimental de la Universidad Amazonica de Pando, 11°00'02,3"S 68°48'09,5"W, 190 m, 30 Aug. 2007, *M. Mendoza & C. Rivadeneira* 2590 (USZ). **Santa Cruz:** Prov. Ichilo, ca. 17 km SE de Buena Vista, Parque Nacional Amboró, campamento guarda parques Ichilo y 1,5 km a la naciente del Rio (zona la boca), 17°24'15"S 64°14'42"W, 860 m, 31 May 2008, *M. Mendoza et al.* 3168 (K, LPB, NY, USZ); *Ibid.* 17°24'09"S 64°14'34"W, 850 m, 31 May 2008, *M. Mendoza et al.* 3219 (K, LPB, NY, USZ); Parque Nacional Amboró, alrededores del campamento en el Río Ichilo (1 km al E de la desembocadura del Río a la llanura), 17°24'S 64°1'W, 375 m, 21 May 1997, *I. Vargas* 2509 (USZ). **BRAZIL.** **Acre:** 5 km a NE de Rio Branco, ao longo da rodovia AC - 010 rumo a Porto Acre, 09°56'S 67°48'W, 190 m, 02 June 1992, *A. Allem* 4023 (CEN); 52 km a NE de Rio Branco, ao longo da rodovia AC - 010 rumo a Porto Acre. A 6 km de Porto Acre. Dista 10 km

do estado do Amazonas, 09°38'S 67°36'W, 180 m 02 June 1992, *A. Allem* 4024 (CEN); 55 km a NE de Rio Branco, ao longo da rodovia AC - 010 rumo a Porto Acre e ca. 3 km de distância, 09°36'S 67°34'W, 180 m 02 June 1992, *A. Allem* 4025 (CEN); Senador Guiomard, 10 km a SE de Senador Guiomard, ao longo da rodovia AC - 040, rumo a Plácido de Castro, 10°45'S 67°32'W, 250 m, 02 June 1992, *A. Allem* 4027 (CEN); 10 km após o trevo ao longo da rodovia BR - 317, rumo a Boca do Acre, 09°55'S 67°33'W, 230 m 4 June 1992, *A. Allem* 4028 (CEN); Sena Madureira, 84 km a NW de Rio Branco, ao longo da rodovia BR-364 rumo a Sena Madureira. 09°31'S 68°26'W, 190 m, 14 June 1993, *A. Allem* 4150 (CEN); 5,8 km a NE da capital, ao longo da rodovia AC-010 rumo a Porto Acre, 09°56'S 67°47'W, 190 m, 15 June 1993, *A. Allem* 4152 (CEN); 6 km a NE da capital, ao longo da rodovia AC-010 rumo a Porto Acre. 09°56'S 67°48'W, 190 m, 15 June 1993, *A. Allem* 4153 (CEN); 54 km a NE de Rio Branco, ao longo da rodovia AC-010 rumo a Porto Acre, dista 3 km daqui, 09°36'S 67°34'W, 180 m 15 June 1993, *A. Allem* 4154 (CEN); Porto Acre, 51 km a NE de Rio Branco, ao longo da rodovia AC-010 rumo a Porto Acre, 09°38'S 67°36'W, 180 m, 15 June 1993, *A. Allem* 4155 (CEN); 19 km adiante do trevo das rodovias BR-364 e BR-317 no rumo de Boca do Acre, 09°50'S 67°34'W, 200 m, 17 June 1993, *A. Allem* 4156 (CEN); 34 km adiante do trevo das rodovias BR-364 e BR-317 no rumo de Boca do Acre, 09°42'S 67°33'W, 180 m 17 June 1993, *A. Allem* 4157 (CEN); 37 km adiante do trevo das rodovias BR-364 e BR-317 no rumo de Boca do Acre, 09°40'S 67°34'W, 180 m 17 June 1993, *A. Allem* 4158 (CEN); Exatos 74,4 km a NW de Rio Branco, ao longo da rodovia BR - 364 rumo a Sena Madureira e exatos 60 km antes de Sena Madureira (ponte de entrada da cidade como marco), 09°29'50"S 68°20'52"W, 25 Nov. 1996, *A. Allem* 4701 (CEN); ca. 16 km adiante do trevo das rodovias BR - 364 e Br - 317 no rumo de Boca do Acre, 09°59'04"S 67°29'33"W, 165 m, 26 Nov. 1996, *A. Allem* 4702 (CEN); Exatos 30,5 km adiante do trevo das rodovias BR - 364 e BR - 317 no rumo de Boca do Acre, 09°59'04"S 67°28'33"W, 165 m, 26 Nov. 1996, *A. Allem* 4704 (CEN); *Ibid.* 09°59'04"S 67°29'33"W, *A. Allem* 4705 (CEN); *Ibid.* *A. Allem* 4706 (CEN); *Ibid.* *A. Allem* 4707 (CEN); *Ibid.* *A. Allem* 4708 (CEN); 5,8 km a NE da capital, ao longo da rodovia AC-010 rumo a Porto Acre; exatos 1.7 km adiante do posto pol. Rodov. Estadual, 130 m, 21 Nov. 1996, *A. Allem* 4710 (CEN); 6 km a NE da capital, ao longo da rodovia AC-010 rumo a Porto Acre, 09°53'30"S 67°47'57"W, 130 m, 27 Nov. 1996, *A. Allem* 4711 (CEN); 8.3 km a NE da capital, ao longo da rodovia AC - 100 rumo a Porto Acre, 09°53'43"S 67°47'10"W, 150 m, 27 Nov. 1996, *A. Allem* 4713 (CEN); Porto Acre, 51 km a NE de Rio Branco, ao longo da rodovia AC-010 rumo a Porto Acre, 165 m, 27 Nov. 1996, *A. Allem* 4714 (CEN); Santa Rosa de Purus, Rio Purus, left bank, Seringal Santa Helena, 09°07'49"S 70°10'37"W, 23 Jan. 1999, *D.C. Daly* 10027 (CEN). **Amazonas:** Boca do Acre, Rios Puru & Acre, 19 Sep. 1966, G.T. Prance 2389 (CEN). **PERU.** **Cuzco:** Pucartambo, Pilcopata, at righ side, 580 m, 30 May. 1957, *C. Vargas* 11608 (NY).

Escapee 2: o táxon registrou espécimes em cinco herbários (CEN, LPB, MO, NY, USZ), totalizando 15 exsicatas (2 da Bolívia e 13 no Brasil): **BOLIVIA.** **Pando:** Prov. Federico Roman, Fortaleza del Abuna, 09°47'00"S 65°31'39"W, 90 m, 19 Nov. 2006, *S. Altamirano & H. Ramos* 4333 (BOLV, MO); Fuerte Fortaleza-Abuna, ca, 200 m S del puesto militar, bosque adentro,

09°47'20,8"S 65°31'39,9"W, 105 m, 27 Aug. 2007, *M. Mendoza & C. Rivadeneira* 2571 (USZ). **BRAZIL. Acre:** Rio Branco, ca. 26 km a NW de Rio Branco, ao longo da rodovia BR - 364 rumo a Sena Madureira, 09°46'50"S 68°01'56"W, 130 m, 24 May 1986, *A. Allem* 4689 (CEN). **Mato Grosso:** Terra nova do Norte, ca. 43 km a NE de Itaúba ao longo da rodovia BR-163 rumo a Guarantã do Norte, 10°46'S 55°50'W, 260 m, 08 Nov. 1998, *A. Allem* 4774 (CEN). **Rondônia:** Pimenta Bueno, 174 km a NW de Vilhena, ao longo da rodovia BR-364 rumo a Pimenta Bueno, km 188 da rodovia, 11°48'S 61°40'W, 210 m, 13 May 1986, *A. allem* 3542 (CEN); Cacoal, 26 km a NW de Cacoal, ao longo da rodovia BR-364 rumo a Presidente Médici, altura do km 265 da rodovia, 11°26'S, 61°35'W, 150 m, 15 May 1986, *A. Allem* 3553 (CEN); Ariquemes, 17 km a NW de Ariquemes, ao longo da rodovia BR-364 rumo a Porto Velho no Km 532 da rodovia, 09°47'S, 63°50'W, 100 m, 16 May 1986, *A. Allem* 3560 (CEN); 18 km a NW de Ariquemes, ao longo da rodovia BR-364 rumo a Porto Velho, 09°47'S, 63°50'W, 100 m, 16 May 1986, *A. Allem* 3561 (CEN); 30 km a NW de Ariquemes, ao longo da rodovia BR-364 rumo a Porto Velho, altura do km 546 da rodovia, 09°40'S, 63°50'W, 120 m, 16 May 1986, *A. Allem* 3563 (CEN); 66 km a NW de Ariquemes, ao longo da rodovia BR-364 rumo a Porto Velho, 09°20'S, 63°08'W, 100 m, 16 May 1986, *A. Allem* 3564 (CEN); ca. 9 km a SW de Porto Velho, ao longo da rodovia BR - 364 rumo a Guajará Mirim, pouco antes de Teotônio, 08°50'S 63°56'W, 110 m, 17 May 1986, *A. Allem* 4670 (CEN); ca. 5 km a SW de Porto Velho, ao longo da rodovia BR - 364 rumo a Abunã, 08°49'20"S 63°55'46"W, 80 m, 22 May 1986, *A. Allem* 4684 (CEN); ca. 89 km a SW de Porto Velho, ao longo da rodovia BR - 364 rumo a Jaciparaná. Placa km 802, 09°14'S 64°20'W, 60 m, 23 May 1986, *A. Allem* 4685 (CEN); ca. 108 km a SW de Porto Velho, ao longo da rodovia BR - 364 rumo a Abunã, 09°18'S 64°33'W, 80 m, 23 May 1986, *A. Allem* 4686 (CEN); Distrito de Teotônio, Exatamente em frente à cachoeira do Teotônio, da BR - 364 até a cachoeira no rio Madeira, são 13,5 km, 09°40'S, 64°00'W, 70 m, 24 May 1986, *A. Allem* 4693 (CEN); Guajaramirim, ca. 29 km adiante do trevo Guajará Mirim/Abunã, rumo a Guajará Mirim, 09°57'40"S 65°18'12"W, 125 m, 24 May 1986, *A. Allem* 4695 (CEN).

## DISCUSSÃO

### Meioses e morfologia das variedades

O número cromossômico  $2n=36$  foi observado para as seis variedades e dois escapees de *M. esculenta* (Fig. 1, 2). O pareamento cromossômico foi regular nas variedades **UnB 032** e **UnB 318**, **UnB 530**, **UnB 567**, **UnB 110**, exceto na variedade UnB 122. Tal fato se dá porque esta variedade representa uma seleção da primeira geração de cruzamento de híbrido interespecífico *Manihot anomala* Pohl x mandioca com a própria mandioca, isto é, o primeiro retro cruzamento. Neste sentido, os resultados obtidos concordam com os trabalhos anteriormente realizados sobre *Manihot esculenta* (Graner, 1935; Da Cruz, 1968; Magoon *et al.*, 1969; Nassar, 1977, 1978; Nassar *et al.*, 1995; Bai *et al.*, 1992; De Carvalho & Guerra, 2002).



As variedades **UnB 032** e **UnB 318** mostraram 18 bivalentes nas 100% das células avaliadas (Tab. 1), tétrades com 94,2 a 95,3 % de regularidade, 94,5 a 82% de viabilidade de pólen respectivamente, ausência de díades, tríades e micronúcleos. São claramente regulares, uma vez que praticaram propagação assexual em várias gerações, e são antigas na propagação sexual por semente na coleção viva da UnB.

As variedades **UnB 530** e **UnB 567** possuem um comportamento meiótico similar, mostrando tétrades, com 96,1 e 95,4 % de regularidade, o que refletiu na viabilidade de pólen 82,6 e 79 % respectivamente (Tab. 2). O comportamento em tais variedades pode ser atribuído ao pareamento, onde 70 % de células avaliadas com 18 bivalentes e 30 % com 17 bivalentes e um par de univalentes. A variedade **UnB 530** registrou tríades em uma frequência de 1,7 e a variedade **UnB 567**, apresentando frequência de micronúcleos nos tétrades de 1,8 %.

A presença de díades e micronúcleos pode ser atribuída à restituição meiótica em tais variedades por causa da origem híbrida. Vários autores relataram origem híbrida de variedades indígenas brasileiras devido à frequente presença de espécies silvestres crescendo perto de plantios da mandioca. (Nassar, 1977; 1978; 2000; Pujol et al., 2004).

A variedade **UnB 110** que mostrou 95,4 % de tétrades regulares, refletiu na viabilidade de pólen com 83,3%, (Tab. 2) – frequência de 4,91 % de díades, tríades e tétrades com 1–2 micronúcleos e ou de deformados. Pode-se justificar a baixa taxa de viabilidade sem desconsiderar que a variedade é nova no processo de propagação assexual.

A variedade **UnB 122** apresentou média de pareamento na metáfase de 17,1 (Tab. 1), com 16–18 bivalentes e 0–4 univalentes, média de tétrades de 31.3% de regularidade, 19,8% na viabilidade de pólen (Tab. 2). Tal resultado coincide com sua origem genética no programa da mandioca de UnB, que foi desenvolvido a partir de hibridização da mandioca com *Manihot anomala* Pohl, seguida pela seleção ocorrida dentro da primeira geração de retro cruzamento; ou seja, sofreu somente uma geração de retrocruzamento que não permitiu a homogenia completa e pareamento completo entre seus cromossomos.

A mesma variedade, **UnB 122**, apresentou uma frequência de 68% entre díades tríades e tétrades com 1–7 micronúcleos, que é o esperado pela origem híbrida dele, promovendo uma restituição meiótica – que não é normal em cultivares antigos. Tal fato se dá devido aos resultados anteriormente obtidos por (Nassar, 1980; Nassar & Faria, 1997; Nolasco, 2011) e, segundo Harlan & Wet (1971), aquela variedade pode situar-se no terceiro gene pool (GP3). Os cruzamentos podem ser feitos com a cultivar, mas os híbridos tendem a serem anômalos letais ou completamente estéreis (Harlan 1975), devido à sua natureza de híbrida.

## O caso dos escapees

O presente estudo destaca como conceito de escapee: Um escapee é o resultado de hibridações recorrentes entre mandioca e espécies silvestres de *Manihot*, com capacidade de se reproduzir na natureza e que, portanto, são capazes de adquirir alguns genes das espécies silvestres.

O exame morfológico e as observações no habitat natural do escapee 1 (Fig. 7, 8 A-C) e escapee 2 (fig. 8 D-F, 9) mostraram claramente que os dois tipos possuem caracteres eminentes da *M. esculenta*, que são: frutos com asas, forma típica e tamanho característico da mandioca (Fig. 3, 6 A-H). Além disso, os dois tipos apresentam inflorescência em panícula com brácteas e bractéolas reduzidas (Fig. 3J) e folhas da forma e tipo da mandioca (Fig. 3I) – ambos são arbustos de 4–5 m de altura; o tamanho é adquirido pelas plantas de mandioca quando crescem como as silvestres (Allem, 1994). E, finalmente, o estudo das raízes no escapee 2 evidenciou a formação de raízes engrossadas rudimentares (Fig. 5C), mas com o formato típico da mandioca.

O que chama mais a atenção destes dois tipos (escapee) é a proeminência das asas nos frutos – típico da mandioca (Fig. 6G, H; Fig. 9J) – e a inflorescência tipo panícula em ambos (Fig. 7B, C; Fig. 9B,C). Das 98 espécies relatadas por Rogers e Appan (1973) e aquelas posteriormente descritas, todas possuem frutos esféricos sem asas e/ou inflorescência em racemos, não panículas, com exceção de *Manihot flabellifolia* Pohl, *Manihot tristis* Müll. Arg. e *Manihot zehntneri* Ule. Mas, estudos posteriores revelaram que as três supostas espécies possuíam estreita relação citogenética e geneticamente (DNA) com a espécie cultivada. Neste sentido, trata-se de caso de escape na mandioca e não de espécie independente.

Em cruzamentos de mandioca com espécies silvestres, Nassar (1978a) apresentou o fluxo gênico fácil entre *M. zehntneri* e mandioca, comparado pela dificuldade do cruzamento da mandioca com outras espécies silvestres de *Manihot* utilizados no experimento. Além disso, o híbrido obtido entre *M. zehntneri* e a mandioca foi altamente fértil com pareamento extremamente regular de 18 bivalentes – o que mostra que o que foi chamado por Ule (1914) como *M. zehntneri* não é mais de que um escapee, conforme os casos aqui destacados.

A chamada *M. flabellifolia* é outro caso de escapee. É um produto de hibridização da mandioca com uma espécie silvestre seguida por retrocruzamento do híbrido com a própria mandioca. Evidências moleculares demonstraram que *M. flabellifolia* é o mesmo que *M. esculenta* (Haysom *et al.*, 1994), confirmando a afirmação de Nassar (2001), que concluiu que mandioca e *M. flabellifolia* são a mesma espécie, e a última é possivelmente um complexo de espécie na mandioca (uma planta daninha), seguindo a modalidade proposta por Harlan & de Wet (1965).

*Manihot tristis* é outro caso de um escapee que foi enquadrado como uma espécie. Além da semelhança morfológica integral, os frutos e as inflorescências citadas por Lanjow (1939) em cruzamento com mandioca, foram obtidos híbridos altamente férteis – que foram utilizados em gerações posteriores de seu programa de melhoramento para aumento da quantidade de proteína. A alta fertilidade do híbrido e a semelhança morfológica excluem qualquer possibilidade de ser uma espécie.

Aparentemente, tem-se uma forte ligação (linkage) cromossômica entre genes que determinam a formação de raízes armazenadoras de amido e aqueles que controlam a propagação vegetativa. Todos parecem estar fortemente relacionados com genes que determinam frutos com asas e inflorescência em panícula. Assim, a seleção durante centenas de gerações na domesticação de *M. esculenta* levou automaticamente à forma da planta domesticada, sempre com frutos de asas e inflorescência em panícula. A ligação entre genes que controlam caracteres morfológicos e caracteres de domesticação foi relatada por vários autores (Grant, 1967; Fregene *et al.*, 1997; Salick *et al.*, 1997)

Acredita-se que o formato do fruto e a inflorescência em panícula são características controladas por múltiplos genes, com acumulação ocorrida por meio de processo seletivo natural durante milhares de anos, tornando-se características morfológicas sólidas de *M. esculenta*. Não foi registrada nenhuma variedade ou clone da *M. esculenta*, com carência de asas nos frutos ou com inflorescência que não seja panícula.

A maior semelhança com a cultura da mandioca exibida pelo escapee 2 pode ser atribuída a ele, e parte do chamado complexo erva-cultura (Harlan, 1975). Em tal complexo, não existe diferença genotípica, e os indivíduos sempre hibridizam com a espécie cultivada. Eles crescem junto à cultura, e a cada ano restauram todas as características perdidas como da fertilidade, enquanto que o tipo 1 é mais novo que o anterior, e ainda não teve oportunidade de retrocruzamento que possibilitasse restaurar as características da cultura (Harlan, 1975).

A análise dos espécimes de herbário demonstra que as duas taxas ocorrem na Floresta Amazônica (Fig. 10), confirmando relatos de ocorrência de escapees de diferentes culturas em habitats naturais, inclusive nesta região. Tal fato foi relatado em sorgo – *Sorghum bicolor* (L.) Moench. L. por De Wet & Harlan (1971), Barnaud *et al.* (2009) e Mutegi *et al.* (1975); em milho, por Zohary (1971); em batata – *Solanum tuberosum* L. (Astley & Hawkes, 1979), na batatinha ou batata doce – *Ipomea batatas* L. (Jones, 1967) e outras culturas, a saber: algodão – *Gossypium hisrutum* L. (Pickersgill *et al.*, 1975) e girassol – *Helianthus annuum* L. (Rieseberg *et al.*, 1999). Na mandioca, a ocorrência de tipos de mandioca que crescem em habitats naturais amazônicos foi relatada por Allem (1994), sem, entretanto, se referir ao caso de escapees. As taxas estudadas no presente estudo apresentam uma considerável distribuição na Amazônia, como documentada nos herbários acima referidos.

Finalmente a análise citogenética dos dois escapees, mostrou pareamento similar às cultivares da mandioca. Junto a tal critério, tem-se o comportamento meiótico de híbrido, conforme a variedade **UnB 122**, que foi sintetizada entre uma espécie silvestre e mandioca, apresentando pareamento irregular.

Concluimos que os dois tipos aqui tratados são escapees da própria mandioca pelo fato de manterem similaridades morfológicas e comportamento citogenético regular em geral. Os escapees são diferentes da espécie cultivada *M. esculenta*; apenas em um pequeno caractere que não se apresenta suficientemente robusto para levar ao nível de espécies. Considerando o Conceito Biológico de Espécie (CBE) de Harley (1975) e Dobzhansky (1937), espécie é um conjunto de genes que é isolado de outros conjuntos e que mantém uma barreira que isola uma espécie de outra, mantendo sua identidade. O núcleo CBE baseia-se em graus de relações existentes entre as taxas de fertilidade, ou seja, a espécie é reprodutivamente isolada de outros conjuntos de genes (Mayr, 1982; apud Allem *et al*, 2001).

Os escapees merecem especial atenção e devem ser sujeitos de futuras pesquisas, pelo fato de apresentarem características morfológicas ainda não muito robustas, como, por exemplo, as espécies independentes, mas que permitem ser reconhecidas nos espécimes dos herbários e plantas no habitat natural. Junto ao pareamento meiótico regular, faz-se importante considerar que pode se tratar de dois eventos separados de avançada evolução/especiação; ou seja, toda vez que cada um destes evidencia preferência de nicho ecológico e distribuição natural já isolada, como é o conhecido do processo de especiação no gênero *Manihot*.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Departamento de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília – UnB; à Estação Biológica, Programa de Melhoramento da Mandioca – UnB, Brasília DF, Brasil, e à Parcela de Conservación de Parientes Silvestres EL VALLECITO/MHNNKM – Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Santa Cruz, Bolívia, por fornecerem o material para as análises citogenéticas. Ao Programa de Bolsas REUNI, UnB/CAPES pela bolsa outorgada durante o Mestrado. Ao Projeto Biodiversidade, Ecofisiologia, Biotecnologia e Uso Sustentável dos Biomas Cerrado e Amazônia. CAPES/AUX-PE-PNADB 451/2010, que possibilitou a visita ao herbário do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), Manaus – Brasil. À National Science Foundation (NSF) – New York Botanical Garden, através de Michael Nee, pelo suporte financeiro para a visita do primeiro autor aos herbários: A, F, GH, MO, NY, UC e WIS. E aos curadores dos herbários na BOLV, CEN, F, GH, LPB, MO, NY, UB, USZ e WIS, por permitir o acesso e estudo de seus espécimes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEM, C. A. 1994.** The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). Genetic Resources and Crop Evolution 41: 133-150.
- ASTLEY, D. & J. G. HAWKES. 1979.** The nature of the Bolivian weed potato species *Solanum sucrensis* Hawkes. Euphytica 28: 685-696
- BAI, K.V; R ASIEDU & A. DIXON. 1992.** Cytogenetics of *Manihot* species and interspecific hybrids. In: Roca, W. and A.M. Thro (eds) *Proceedings of the 1st International Scientific Meeting of the Cassava Biotechnology Network*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Columbia, pp. 51-55.
- BARNAUD, A.; M. DEU; E. GARINE; J. CHANTEREAU; J. BOLTEU; E. OUIN KOÏDA; D. MCKEY & H. JOLY. 2009.** A weed–crop complex in sorghum: The dynamics of genetic diversity in a traditional farming system. American Journal of Botany 96(10): 1869-1879.
- CIAT. 2005 – 2006.** Informe anual. Investigando juntos sembramos futuro. Cali, Colômbia. pp3
- CIAT. 2009.** Informe anual. Un imperativo de Eco-Eficiencia para la Agricultura Tropical. Alargando el período máximo de almacenamiento de la yuca. Cali, Colombia. pp10
- DA CRUZ, N. D. 1968.** Citologia no gênero *Manihot* Adans: determinação do número de cromossomos em algumas espécies. Ann. Acad. Brasil. Cien. 40: 91-95.
- DE CARVALHO, R. & M. GUERRA. 2002.** Cytogenetics of *Manihot esculenta* Crantz (cassava) and eight related species. Hereditas 136: 159-168.
- DOBZHANSKY, T. 1937.** Genetics and the Origin of Species. Columbia University Press, New York.
- FAO. 2009.** Production Yearbook. Rome.
- FENNY DANE; TSUCHIYA, T. 1979.** Meiotic chromosome and pollen morphological studies of polyploidy *Cucumis* species. **Euphytica** 28: 563-567.
- FREGENE, M.; F. ANGEL; R. GOMEZ; F. RODRIGUEZ; P. CHAVARRIAGA; W. ROCA; J. TOHME & M. BONIERBALE. 1997.** A molecular genetic map of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Theor Appl Genet (1997) 95: 431-441.
- GRANER, E. A. 1935.** Contribuição para o Estudo Citológico da Mandioca. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.

- GRANT, V. 1967.** Linkage between morphology and viability in plant species. *Amer. Natur.* 101:125-139.
- HAHN, S.; K. V. BAI & R. A. ASIEDU. 1990.** Tetraploids, triploids and 2n pollen from diploid interspecies crosses with *Cassava*. *Theoretical and Applied Genetics* 79, 433-439.
- HARLAN, J. R. & J. M. J. DE WET. 1965.** Some thoughts about weeds. *Econ. Bot.* 19: 16-24.
- HARLAN, J. R. & J. M. J. DE WET. 1971.** Toward a rational classification of cultivated plants *TAXON* 20(4): 509-517.
- HARLAN, J. R. 1975.** *Crops and Man*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.
- HAYSOM, H. R.; T. L. CHRIS CHAN & M. A. HUGHES. 1994.** Phylogenetic relationships of *Manihot* species revealed by restriction fragment length polymorphism. *Euphytica* 76: 227-234.
- JONES, A. 1967.** Should Nishiyama's K123 (*Ipomoea trifida*) be designated *I. batatas*? 1. University of Georgia, College of Agriculture, Coastal Plain Experiment Station Journal Series Paper No. 262.
- LANJOW, J. 1939.** Two interesting species of *Manihot* L. from Surinam. *Recl. Trav. Bot. Neerl.* 36: 542-549.
- MAGOON, M. L.; R. KRISHNAN & K. VIJAYABAI. 1969.** Morphology of pachytene chromosomes and meiosis in *Manihot esculenta* Crantz. *Cytologia* 34: 612-618.
- MAYR, E. 1982.** The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance. Citado en **A.C. ALLEM; R.A. MENDES; A.N. SALOMÃO & M.L. BURLE. 2001.** The primary gene pool of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta*, Euphorbiaceae). *Euphytica* 120: 127-132.
- MUTEGI, E.; F. SAGNARD; M. LABUSCHAGNE; L. HERSELMAN; K. SEMAGN; M. DEU; S. DE VILLIERS; B. M. KANYENJI; C. N. MWONGERA; P. C. S. TRAORE & D. KIAMBI. 2012.** Local scale patterns of gene flow and genetic diversity in a crop-wild-weedy complex of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under traditional agricultural field conditions in Kenya *Conserv Genet* 13: 1059-1071.
- NASSAR, N. M. A.; C. VIEIRA & L. S. SARAIVA. 1995.** Cytogenetic behavior of the interspecific hybrid of *Manihot neusana* Nassar and cassava *Manihot esculenta* Crantz, and its backcross progeny. *Canadian Journal of Plant Science* 75, 675-678.

- NASSAR, N. M. A.; D.Y.C. HASHIMOTO & S.D.C. FERNANDES. 2008.** Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. *Genet. Mol. Res.* 7 (1): 16-28.
- NASSAR, N. M. A. 2001.** Cassava, *Manihot esculenta* Crantz and wild relatives. *Genet. Res. Crop. Evol.* 48: 429–436.
- NASSAR, N. M. A. 2000.** Cytogenetics and evolution of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) *Genetics and Molecular Biology*, 23 (4): 1003-1014.
- NASSAR, N. M. A. 2008.** Wild cassava confers useful characters upon the cultivated, transgenics cannot. *International Journal of Food, Agriculture and Environment* 6: 554-555
- NASSAR, N. M. A. 1989.** Broadening the genetic base of cassava, *Manihot esculenta* Crantz by Interspecific hybridization. *Canadian Journal of Plant Science.* 69 (2): 1071-1073.
- NASSAR N. M. A. 1978.** Genetic resources of cassava: chromosome behavior in some *Manihot* species. *Indian J. Genet. Plant Breed.* 38: 135-137.
- NASSAR N. M. A. 1978a.** Conservation of genetic resources of cassava (*Manihot esculenta*): Determination of wild species localities with emphasis on probable origin. *Econ. Bot.* 32: 311–320.
- NASSAR, N. M. A. 1980.** Attempts to hybridize wild *Manihot* species with cassava. *Economic Botany.* 34(1): 13-15.
- NASSAR, N. M. A. 1977.** Chromosome number and meiotic behaviour of some wild *Manihot* species native to Central Brazil. *Brazilian Journal of Genetics (Impresso) (Cessou em 1997. Cont. ISSN 1415-4757 Genetics and Molecular Biology (Impresso) 01: 51-57.*
- NOLASCO A., C. 2011.** Caracterização citogenética e morfológica de híbridos de mandioca (*manihot esculenta*). Dissertação de Mestrado em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitoria da Conquista, Bahia - Brasil.
- OGBURIA, N.; T. YABUYA & T. ADACHI. 2002.** A cytogenetic study of bilateral sexual polyploidization in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) *Plant Breeding* 121: 278-280
- PICKERSGILL, B.; S. C. H. BARRETT & D. DE ANDRADE-LIMA. 1975.** Wild Cotton in Northeast Brazil. *Biotropica.* 7(1): 42-54.
- PUJOL, B.; G. MÜHLEN; N. GARWOOD; Y. HOROSZOWSKI; E. J. P. DOUZERY & D. MCKEY. 2005.** Evolution under domestication: contrasting functional morphology of seedlings in domesticated cassava and its closest wild relatives. *New Phytologist* 166: 305-318.

- RIESEBERG, L. H.; MIN JU KIM & S. J. GERALD.** 1999. Introgression between the cultivated sunflower and a sympatric wild relative, *helianthus petiolaris* (asteraceae) Int. J. Plant Sci. 60(1):102-108.
- ROGERS, D. J. & S. G. APPAN.** 1973. *Manihot*, Manihotoides (Euphorbiaceae). Flora Neotropica Monograph 13: 1-272 p.
- SALICK, J.; N. CELLINESE & S. KNAPP .**1997. Indigenous diversity of cassava: generation, maintenance, use and loss among the Amuesha, Peruvian upper amazon. Economic Botany 51(1): 6-19.
- ULE, E. H. G.** 1914. Euphorbiaceae. in Engler. Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie 114: 10. 1914.
- VELÁSQUEZ, J. E.** 2006. Efecto de la Variabilidad en genotipos de yuca sobre factores vinculados a la brotación y crecimiento de esquejes. Bioagro 18(1): 41-48.
- ZOHARY, D.** 1971. Origin of South-West Asiatic cereals: Wheats, barley, oats and rye. P 235-263. In P. H. Davis et al. (ed.) Plant life of southwest Asia. Bot. Soc. of Edinburgh.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo expressaram o comportamento citogenético e morfológico do cultivo da mandioca e das escapees.

Existe semelhança entre a meiose do cultivo e das escapees, A morfologia mostra-se similar entre todos os tipos avaliados, apresentando pouca diferenciação, revelando um comportamento irregular apenas no cultivar UnB 122, devido a sua origem híbrida. O cultivar UnB 530 mostrou-se viável em relação ao pólen e à formação de tétrades – fato atribuído à sua origem indígena e antiguidade, o que permitiu o acúmulo de mutações.

A documentação de ocorrência de escapees se deu pela primeira vez nesta cultura, sendo interpretada por vários espécimes em diferentes herbários, que ficaram sem identificação ou mal determinados por falta de uma visão ampla daqueles que investigaram estes táxons. Como os escapees são resultados de hibridações recorrentes entre a mandioca e as espécies silvestres de *Manihot*, acabam adquirindo alguns genes das espécies silvestres, fazendo com que seus genes possam ser 'dados' para a mandioca, além de servir como recursos genéticos valiosos e fonte de genes úteis das espécies silvestres. Sua importância se dá na facilidade de cruzamento com a mandioca, beneficiando, assim, aos melhoristas e programa de melhoramento, devendo ser conservados com o máximo de cuidado, além de receber atenção das organizações nacionais e internacionais.