

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**MODELAGEM, HIBRIDAÇÃO E AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE
ESPÉCIES SILVESTRES E HÍBRIDOS DE *Manihot***

DREID DE CERQUEIRA SILVEIRA DA SILVA

**CRUZ DAS ALMAS, BAHIA
JUNHO- 2016**

MODELAGEM, HIBRIDAÇÃO E AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE ESPÉCIES SILVESTRES E HÍBRIDOS DE *Manihot*

DREID DE CERQUEIRA SILVEIRA DA SILVA

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal da Bahia, 2006

Tese submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo

Co-Orientador: Dr. Vanderlei da Silva Santos

Co-Orientador: Dr. Márcio Lacerda Lopes Martins

Co-Orientador: Dr. Guilherme de Oliveira

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

S586

Silva, Dreid de Cerqueira Silveira da.
Modelagem, hibridação e avaliação
agronômica de espécies silvestres e híbridos de
Manihot / Dreid de Cerqueira Silveira da Silva. – Cruz
das Almas, BA, 2016.

110 f. il.; 30 cm.

Orientador: Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo.
Coorientador: Prof. Dr. Vanderlei da Silva
Santos.

Coorientador: Márcio Lacerda Lopes Martins.
Coorientador: Dr. Guilherme de Oliveira.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias
Ambientais e biológicas.

1.Mandioca. 2. Hibridação. I. Ledo, Carlos
Alberto da Silva. II. Santos, Vanderlei da Silva. III.
Martins, Márcio Lacerda Lopes. IV. Oliveira, Guilherme
de. V. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
VI. Título.

CDD: 633.682 (21. ed.)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**MODELAGEM, HIBRIDAÇÃO E AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE
ESPÉCIES SILVESTRES E HÍBRIDOS DE *Manihot***

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
Dreid de Cerqueira Silveira da Silva**

Realizada em 17 de junho de 2016

Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo
Embrapa Mandioca e Fruticultura / EMBRAPA
Examinador Interno (Orientador)

Dr. Everton Hilo de Souza
Embrapa Mandioca e Fruticultura / EMBRAPA
Examinador Externo

Prof. Dr. Livia de Jesus Vieira
Universidade do Estado da Bahia / UNEB
Examinador Externo

Dr. Rafael Parreira Diniz
Embrapa Mandioca e Fruticultura / EMBRAPA
Examinador Externo

Prof. Dr. Simone Alves da Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / UFRB
Examinador Interno

DEDICATÓRIA

Aos meus avôs Benedito (in memoriam) e Daza (in memoriam) por sempre darem valor ao estudo. Aos meus pais, Suely e Luciano, pelo constante apoio. Aos meus grandes amores Cláudio e Pietro, pela compreensão e pelo amor. Aos meus irmãos Alysson e Grazielle e meus sobrinhos Alex, Gustavo e Victor.

DEDICO E OFEREÇO

‘Com paciência ganhamos o céu’.

Benedito José da Silva Silveira (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

A Deus toda honra e toda glória. Por ser o centro da minha vida, por me direcionar e segurar na minha mão juntamente com Maria nos momentos mais importantes.

Aos meus pais, Luciano e Suely, pelo amor, pela luz e por serem peças valiosas durante toda a minha trajetória. Obrigada por acreditar na minha capacidade.

Ao meu esposo Cláudio, por me ajudar 100%. A você eu devo tudo meu amor. Obrigada pela paciência, amor, serenidade e por sempre acreditar que sou capaz.

Ao meu amado filho Pietro, que hoje é a razão para lutar. Pois, por você eu vou até o fim, meu grande amor!

Aos meus irmãos e sobrinhos pelo amor, compreensão, carinho, paciência, pelo incentivo em tudo que faço. A minha avó Amor pelo amor e oração sempre constante.

A minha cunhada Rosane e sobrinha Joice por todo o apoio durante esse período. A Mira pelas orações de sempre.

Ao meu orientador Carlos Alberto da Silva Ledo pela orientação e paciência durante os quatro anos de estudo.

Aos meus co orientadores, Márcio Lacerda Lopes Martins, Vanderlei da Silva Santos e Guilherme de Oliveira pela orientação e paciência durante o trabalho.

A Zara e a Mestre do setor de campo da Embrapa Mandioca e Fruticultura pela amizade, carinho, paciência e ensinamentos. Com vocês aprendi muito durante esses quatro anos de estudo. Sou grata por tudo!

A Ariana e Verônica pelo apoio e amizade. A Edvana por sempre me estender a mão quando precisei do seu conhecimento.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

A Capes por esses quatro anos de bolsa.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura por me acolher durante esse período.

A todos meu muito obrigada!!!

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

REFERENCIAL TEÓRICO.....1

ARTIGO 1

MODELAGEM DE PARENTES SILVESTRES DA MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz- Euphorbiaceae) E SUAS IMPLICAÇÕES PARA PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO E TAXONOMIA.....18

ARTIGO 2

HIBRIDAÇÃO ENTRE CULTIVARES DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* subsp. *esculenta*) E SUBESPÉCIES SILVESTRES (*M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*).....52

ARTIGO 3

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE *Manihot* sp.....74

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....102

MODELAGEM, HIBRIDAÇÃO E AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE ESPÉCIES SILVESTRES E HÍBRIDOS DE *Manihot*.

Autora: Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO - Os objetivos do trabalho foram obter Modelos de Distribuição Geográfica de espécies silvestres de *Manihot* de forma a contribuir com a sua conservação e taxonomia; avaliar a cruzabilidade entre cultivares de mandioca e subespécies *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Mull. Arg.) Allem.; avaliar o desempenho agronômico de genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* visando selecionar genótipos com maior potencial produtivo. Para obter Modelos de Distribuição das Espécies foram selecionados 9 espécies silvestres de *Manihot* e duas subespécies utilizando-se 14 modelos e quatro modelos de circulação geral entre oceano e atmosfera. Para o status de conservação atual das espécies foi utilizada a ferramenta GeoCAT. Para avaliar os cruzamentos foram realizadas hibridações com cultivares de *M. esculenta* subsp. *esculenta* e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*, avaliando desde a polinização até a deiscência dos frutos. Para avaliar o desempenho agronômico foram selecionados 27 genótipos (Cultivares de mandioca e híbridos de *Manihot*). O experimento foi instalado utilizando-se o delineamento de blocos aumentados de Federer. Os genótipos foram classificados de acordo com o índice de soma de classificação proposto por Mulamba e Mock. Os modelos demonstraram para as espécies uma distribuição predominantemente central na América do Sul, ocupando principalmente áreas de Cerrado e Floresta Amazônica e sugerem a possibilidade da ampliação da distribuição destas espécies em locais antes não previstos, contribuindo com sua conservação e taxonomia. Foi possível os cruzamentos de *M. esculenta* subsp. *esculenta* com as subespécies, com produção satisfatória de sementes. Os híbridos 452-08, 449-02, 485-05, 488-02, 450-09, 444-08 e 452-01 apresentaram teores de proteínas maiores que 3%. Os híbridos 464-01 e 488-05 apresentam potencial relacionados aos parâmetros de produção para serem incorporados aos programas de melhoramento genético de mandioca.

Palavras-chave: Distribuição da espécie, cruzamentos; melhoramento genético.

MODELING, HYBRIDIZATION AND AGRONOMIC PERFORMANCE OF WILD SPECIES AND HYBRIDS OF *Manihot*.

Author: Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Advisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

ABSTRACT- The objectives of this study were to derive Geographical Species Distribution Models of wild species of *Manihot* in order to contribute to its conservation and taxonomy; evaluate the crossability between cassava cultivars e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri and *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Mull. Arg.) Allem, in order to obtain hybrid seeds; and evaluate the agronomic performance of cassava genotypes and hybrids of *Manihot*, with the goal of selecting genotypes with greater yield potential. The Species Distribution Models were developed by selecting the ranges nine wild species and two subspecies of *Manihot*, and then applying fourteen algorithms to four atmosphere–ocean global circulation models. The GeoCAT tool was used for determination of the current conservation status of the species. Crosses were performed with *M. esculenta* subsp. *esculenta*, *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* and *M. esculenta* subsp. *peruviana* to evaluate the crossability. The evaluations were performed from pollination to the dehiscence of fruit. Agronomic performance was evaluate dusing 27 cassava genotypes and hybrids of *Manihot*. The experiment was carried out using the augmented block design as described by Federer. The genotypes were classified according to the summing index classification proposed by Mulamba and Mock. The models demonstrated a predominantly central distribution of wild Cassava species in South America, mainly in Cerrado and Amazon Forest and suggest the possibility of expanding the distribution of these species in places not previously predicted, thus contributing to their conservation. Greater yield was possible by breeding *M. esculenta* subsp. *esculenta* and *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* and *M. esculenta* subsp. *peruviana*, which resulted with a satisfactory production of seeds. The hybrids 452-08, 449-02, 485-05, 488-02, 450-09, 444-08 and 452-01 showed a protein content greater than 3%. The production parameters for *Manihot* hybrids 464-01 and 488-05 showed potential for use in cassava breeding programs.

Keywords: Species distribution; crossings; genetic improvement.

REFERENCIAL TEÓRICO

Origem e distribuição de *Manihot*

O gênero *Manihot* é constituído por pouco mais de 100 espécies que ocorrem exclusivamente na região Neotropical, distribuídas desde o norte da Argentina à região central do México, constituídos por 19 seções, sendo 16 delas sul americanas (ROGERS; APPAN, 1973; CORDEIRO et al., 2014). Acredita-se que suas espécies se originaram da região Mesoamericana e posteriormente tenham sido levadas pelos indígenas para América do Sul, colonizando todos os tipos de ambientes (DUPUTIÉ et al., 2011).

São reconhecidos quatro centros de diversidade de *Manihot*, três no Brasil, distribuídos no Brasil Central, considerado o maior centro de diversidade do gênero abrigando cerca de 38 dessas espécies, Nordeste do Brasil, com 15, sul do Mato Grosso e Bolívia, com seis e um no México, com 17 (NASSAR, 2000; NASSAR et al., 2008). O Brasil abriga cerca de 70% dessas espécies, principalmente na região do cerrado e na caatinga (CORDEIRO et al., 2014). Microcentros de diversidade estão distribuídos sobretudo em áreas de cerrado, e são, provavelmente, o resultado de hibridações somadas à heterogeneidade da topografia de seus habitats, ajudando a isolar genes, o que pode resultar em especiação (NASSAR, 1978a, b, 1979, 1980, 1982). Goiás Velho e Corumbá de Goiás são considerados como dois microcentros de diversidade (NASSAR, 2003).

As espécies de *Manihot* tendem a ser restritas ou endêmicas a pequenas áreas (ROGERS; APPAN, 1973), como acontece para diversas espécies da região central da Bahia, na Chapada Diamantina, e da Chapada dos Veadeiros, que abrigam juntas mais de três dezenas de espécies (ROGERS; APPAN, 1973; MARTINS et al., 2013). Além disso, menos de 20% das espécies adaptadas para o Brasil são distribuídas em mais de um bioma (ROGERS; APPAN, 1973). *Manihot caerulescens* Pohl apresenta registros para o cerrado, caatinga e floresta amazônica (ALLEM et al., 2001) que associada às pequenas alterações fenotípicas geraram muitos sinônimos. O mesmo é verificado para *M. anomala*

Pohl, *M. carthagenensis* Müll. Arg. e *M. tripartita* (Spreng) Müll. Arg. (ROGERS; APPAN 1973; ALLEM 1979a, b, 1989a).

Dentre as espécies de *Manihot*, apenas *M. esculenta* Crantz (mandioca) é cultivada atualmente. É uma planta heliófila perene, pertencente à classe das Eudicotiledôneas, à subclasse Archiclamydeae, à ordem Euphorbiales, à família Euphorbiaceae, à tribo Manihoteae, ao gênero *Manihot* e à espécie *M. esculenta* Crantz (FUKUDA; IGLESIAS, 2006). A mandioca é nativa da América do Sul, sendo o sudeste da Amazônia o provável centro de origem (OLSEN, 2004). Para Allem (1994), a cultura da mandioca se originou a partir de *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri, subespécie silvestre com distribuição no Centro-Oeste e Norte do Brasil. Estudos realizados por Olsen e Schall (2001), Olsen (2004) e Le'otard et al. (2009) concluíram de que a *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* é o genitor selvagem da mandioca, comprovando a teoria de que a mandioca não se encontra sob a forma silvestre e aparentemente evoluiu como uma espécie cultivada, por seleção natural e pela domesticação feita pelo homem (HERSHEY; AMAYA, 1982).

Manihot esculenta é constituída por dois 'pools' gênicos (ALLEM et al., 2001). O pool gênico primário (GP1) é formado pelas espécies *M. esculenta* subsp. *esculenta*, *M. esculenta* subsp. *flabellifolia*, *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Müller) Allem, e *M. pruinosa* Pohl. O pool gênico secundário (GP2) é composto de 13 espécies, *M. anomala* Pohl, *M. brachyloba* Muell. Arg., *M. dichotoma* Ule, *M. epruinosa* Pax & Hoffm., *M. glaziovii* Muell. Arg., *M. gracilis* Pohl, *M. leptophylla* Pax, *M. pilosa* Pohl, *M. pohlii* Wawra, *M. tripartita* (Sprengel) Muell. Arg., *M. triphylla* Pohl, e duas espécies mesoamericanas: *M. aesculifolia* (H.B.K.) Pohl e *M. chlorosticta* Standley & Goldman que se distribuem desde a América Central ao Sudeste do Brasil (ALLEM et al., 2001). Duputié et al. (2011), a partir de análises de filogenia molecular, evidenciaram um clado que inclui as subespécies de *M. esculenta* e outras 12 espécies, entre os seus parentes silvestres mais próximos.

Atualmente é perceptível a necessidade de pesquisas relacionadas a distribuição geográfica das espécies de *Manihot* de forma a contribuir com a taxonomia, conservação e trabalhos de campo.

Modelos de Distribuição das Espécies

Os Modelos de distribuição geográfica das espécies tem sido cada vez mais usados de forma a contribuir com a conservação das espécies, monitorar os trabalhos em campo, direcionar os trabalhos de coletas e na tomada de decisão taxonômica. Segundo Marchioretto et al. (2004) uma das prioridades para conservação é a obtenção e disponibilização de dados concretos e atualizados sobre a distribuição geográfica das espécies. Willis et al. (2007), destacaram várias iniciativas conservacionistas, entre elas as predições sobre a distribuição de espécies perante os efeitos das mudanças climáticas futuras.

Segundo Soberón e Peterson (2005), a distribuição geográfica de uma espécie é resultante da interação de fatores que atuam em diferentes intensidades e escalas, sendo as condições abióticas, as interações bióticas e as regiões que são acessíveis a dispersão de espécies advindas de outra área. Os modelos são obtidos através de técnica de modelagem que relaciona registros de ocorrência da espécie com um conjunto de fatores ambientais para encontrar ambientes adequados, onde uma população possa se manter viável (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000). Os dados de ocorrência das espécies são os pontos georreferenciados (latitude e longitude), que são compilados de fichas de coletas originais, de exsicatas, de acervos de coleções de herbários e museus e as variáveis ambientais envolvem temperatura, precipitação, altitude, tipo de vegetação, características do solo, radiação solar (MARCO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2009).

Importância sócio-econômica da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) apresenta papel importante na agricultura mundial, principalmente em relação às necessidades nutricionais e segurança alimentar. Suas raízes tuberosas, ricas em amido, constitui a terceira maior fonte de carboidrato após o arroz e o milho (FAO, 2013), sendo considerada um alimento de subsistência para mais de 800 milhões de pessoas em diversos países do mundo (HOWELER et al., 2013). A espécie é utilizada como matéria-prima nas indústrias para produção de farinha e fécula e uma pequena parte da planta na alimentação animal.

A produção mundial da mandioca apresentou um crescimento em torno de 14% nos últimos cinco anos, atingindo 270,3 milhões de toneladas segundo os dados da FAO (2014). O continente africano lidera esse crescimento com 146,8 milhões de toneladas, representando uma participação de 54,3 % da produção mundial de 2014, seguidos da Ásia com 33,4%, Américas 12,2% e Oceania 0,1% (FAO, 2014).

Em 2014 a Nigéria destacou-se como maior produtor mundial de mandioca com 54,8 milhões de toneladas, representando cerca de 37% da produção africana e aproximadamente 20% do total mundial, seguidos da Tailândia com 30,02 milhões de toneladas, Indonésia com 23,43 milhões de toneladas e o Brasil com 23,24 milhões de toneladas (FAO, 2014). No Brasil, as regiões Norte e Nordeste são responsáveis por aproximadamente 60% da produção, com destaque para a Bahia, com 2,2 milhões de toneladas, sendo a segunda maior área colhida, em torno de 221,7 milha, com uma produtividade média de aproximadamente $9,92 \text{ t ha}^{-1}$, e rentabilidade em torno de 9,5 milhões de reais gerando empregos diretos e indiretos (IBGE, 2014). Dessa forma, a cultura da mandioca desempenha um importante papel sócio-cultural e econômico para o País.

Porém, vale ressaltar que essa produtividade ainda não é suficiente para uma cultura com o potencial alimentar que a mandioca apresenta. A baixa produtividade pode estar relacionada ao sistema de cultivo utilizado por médios e pequenos produtores, principalmente para sua subsistência, utilizando mão-de-obra familiar, associados a baixo nível tecnológico, solos com baixa fertilidade e variedades com baixo potencial genético, relacionados a fatores bióticos e abióticos. Uma das maneiras de melhorar o sistema de produção da cultura é utilizando variedades melhoradas adaptadas às condições edafoclimáticas com características agronômicas desejáveis (RIMOLDI et al., 2003). Segundo Borém e Miranda (2009), produtividades recordes em diversas culturas têm sido obtidas utilizando variedades melhoradas e práticas agronômicas modernas. Clones de mandioca no estado de Roraima apresentaram produtividade média variando entre $76,66 \text{ t ha}^{-1}$ a $86,11 \text{ t ha}^{-1}$, sendo superiores aos obtidos pelos produtores nesse local que estão em torno de $13,3 \text{ t ha}^{-1}$ (BARBOSA et al., 2007).

Utilização de espécies silvestres de *Manihot* no melhoramento genético

Os trabalhos de melhoramento genético no Brasil relacionados à cultura da mandioca foram iniciados em meados do século XX direcionados à introdução e avaliação do germoplasma disponível, com a participação do agricultor no processo de seleção e conservação de variedades (FUKUDA et al., 2002). A diversidade genética de mandioca no país representa uma ampla base genética para os programas de melhoramento por concentrar genes que conferem resistência às principais pragas e doenças que afetam o cultivo como mosca branca (*Aleurotrachelus socialis* Bondar), mandarová (*Erinnyis ello* L.), bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e o vírus do mosaico africano (FUKUDA et al., 1999).

Entretanto, poucas variedades de mandioca apresentam uma combinação razoável de resistência aos fatores bióticos e abióticos que afetam a cultura, necessitando incorporar alelos favoráveis de forma a desenvolver variedades melhoradas em função do ecossistema, da finalidade de exploração do cultivo e principalmente dos critérios do produtor e consumidor utilizados na adoção de variedades de mandioca (FUKUDA; IGLESIAS, 2006).

Vários métodos de melhoramento têm sido propostos para diversas culturas, mas para a mandioca é preciso considerar características relacionadas à genética e citogenética da espécie, o nível de endogamia, o hábito de florescimento e de polinização das plantas, a baixa taxa de produção de sementes por polinização, o seu modo de propagação vegetativa, a macho esterilidade e o alto grau de heterozigose (FUKUDA; IGLESIAS, 2006). Baseado nessas considerações os principais métodos utilizados são introdução e seleção de variedades, hibridação intraespecífica, hibridação interespecífica e a indução de poliplóides (LARA et al., 2008).

O melhoramento genético da cultura tem sido aplicado em diferentes estágios como avaliação de variedades nativas, coleta e intercâmbio de germoplasma regional e global, recombinação e seleção de clones e uso de espécies de *Manihot* para ampliar a base genética (FUKUDA et al., 2002). Segundo Bellon et al. (2007), as espécies silvestres vêm sendo utilizadas pelos melhoristas em diversas culturas como fonte de caracteres úteis.

As espécies de *Manihot* têm um grande potencial no melhoramento de mandioca, por apresentarem alelos favoráveis, tendo sido utilizadas com sucesso no melhoramento, visando aumento do teor de proteína, germinação das sementes, apomixia, resistência à cochonilha e tolerância à seca (NASSAR et al., 2008). Nassar (1978c) cita as espécies *M. paviaefolia* Pohl, *M. falcata* D.J. Rogers & Appan, *M. reptans* Pax, *M. alutacea* D.J. Rogers & Appan, *M. pruinosa* Pohl e *M. pentaphylla* Pohl, como portadoras de características valiosas como alto teor de proteína. Para Akinbo et al. (2012a), *M. flabellifolia* é fonte de resistência a mosca branca (*Aleurotrachelus socialis* Bondar), mandarová (*Erinnyis ello* L.), à bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) à antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), vírus do mosaico africano e possui altos teores de proteínas e matéria seca nas raízes.

Trabalhos relacionados ao uso de espécies de *Manihot* no melhoramento genético da mandioca apresentaram resultados promissores relacionados à resistência ao mosaico africano (TERRY; LEUSCHNER, 1980), resistência ao acaró verde (ASIEDU et al., 1994), e à mosca branca, além de maior produtividade e matéria seca em plantas resultantes do cruzamento *M. esculenta* x *M. esculenta* ssp. *flabellifolia* retrocruzadas para *M. esculenta*. (AKINBO et al., 2012a).

Porém, nos programas de melhoramento genético de mandioca o uso dessas espécies ainda é limitado, devido à escassez de informações sobre sua biologia floral, citogenética, relação filogenética do gênero e dificuldade de se estabelecerem fora do ambiente natural. Além disso a dificuldade de sincronia nos períodos de florescimento, de propagação e manutenção dessas espécies no campo são obstáculos nos programas de melhoramento (CEBALLOS et al., 2002).

Hibridação

A hibridação é a fusão de gametas geneticamente diferentes, que resulta em indivíduos híbridos heterozigóticos para um ou mais *loci* (BORÉM; MIRANDA, 2009) criando variabilidade ou transferindo características de interesse econômico (FUKUDA; IGLESIAS, 2006). É considerado um importante processo evolutivo

para espécies (RIESEBERG et al., 2003). Os cruzamentos podem ser realizados dentro da mesma espécie conhecida como hibridação intraespecífica ou entre as espécies que apresentem características de interesse, hibridação interespecífica (NASSAR et al., 2008).

Para Siqueira et al. (1998) a hibridação interespecífica está ligada a uma ampla variabilidade genética geralmente liberada nas gerações subsequentes. Uma das maneiras de obter variedades melhoradas de mandioca é realizando hibridações através do uso de espécies silvestres de *Manihot*. Entretanto, ao realizar cruzamentos entre uma espécie cultivada e uma silvestre, uma série de alelos favoráveis e desfavoráveis para outras características agrônômicas são transferidos, necessitando de uma série de gerações de retrocruzamentos para readquirir as características originais elevando assim a frequência de alelos favoráveis (VALLE, 1991; FUKUDA; IGLESIAS, 2006).

As hibridações na cultura da mandioca podem ser realizadas pela técnica da polinização aberta e polinização controlada. A polinização aberta é o método mais simples e econômico para obter uma maior variabilidade genética, entretanto permite autofecundações e a perda da identidade do parental masculino (FUKUDA et al., 2002; FUKUDA; IGLESIAS, 2006). Essa técnica requer algumas informações básicas para seu uso como o tipo de agente polinizador, a dinâmica do transporte do pólen e as taxas de autofecundação (FUKUDA et al., 2002). O principal polinizador da mandioca é a abelha *Apis mellifera* Lapeletier (1836), que é atraída pelo cheiro, grãos de pólen e néctar das flores, chegando a polinizar em torno de 95% das mesmas (SILVA et al., 2001).

A polinização controlada é o método mais eficiente no controle da identidade dos parentais, evitando ocorrência de cruzamentos indesejáveis e autofecundações. Para a realização dessa técnica é preciso ter conhecimento sobre a biologia floral da espécie. Contudo, o número de sementes produzidas por cruzamento é menor e o custo é mais elevado (FUKUDA et al., 2002; FUKUDA; IGLESIAS, 2006). Segundo Vieira et al. (2013) é preciso ter certos cuidados para evitar o aparecimento de escapes que podem onerar os custos do programa de melhoramento. Um desses escapes pode ser a entrada de pequenos insetos nos sacos de tecido que protegem as flores resultando em fertilização com grãos de pólen oriundos de outras plantas (NASSAR et al., 2010a, b).

Um fator limitante na hibridação de mandioca é a ocorrência de apomixia que é caracterizada pela formação de semente sem haver fertilização (FREITAS; NASSAR, 2013) obtendo-se sementes com origem genética duvidosa (VIEIRA et al., 2013). A apomixia em mandioca foi relatada por Nassar (1980) em um estudo sobre a hibridação interespecífica (NASSAR, 1998). Trabalhos realizados com híbridos entre mandioca e *M. glaziovii* Müll. Arg. detectaram apomixia (NASSAR et al., 2009).

Para Cruz (1968), as espécies de *Manihot* podem cruzar entre si originando híbridos naturais, conforme evidências encontradas na citogenética do grupo. Hibridações naturais e induzidas ocorrem dentro do gênero, indicando que as barreiras que isolam as espécies são fracas devido à recente evolução do grupo (DUPUTIÉ et al., 2011).

Diversos híbridos interespecíficos entre espécies silvestres de *Manihot* e acessos da espécie cultivada foram obtidos, sobretudo quando a última atua como receptora dos grãos de pólen (NASSAR, 1980) e mesmo entre espécies silvestres mostraram que o processo de hibridação parece não encontrar grandes obstáculos (BOLHUIS, 1953; JENNINGS, 1959; MAGOON et al., 1970; NASSAR, 1980). Cruzamentos realizados entre *M. esculenta* ssp. *flabellifolia* e *M. esculenta* spp. *esculenta* foram promissores quanto a fertilização (AKINBO et al., 2012b). Híbridos entre mandioca e *M. glaziovii* foram obtidos por Nassar et al. (2009).

Estudos relacionados à compatibilidade entre a mandioca e espécies silvestres de *Manihot* foram realizados por Nassar et al. (1986), que observaram incompatibilidade de várias espécies silvestres com *M. esculenta*. Porém, em outros trabalhos realizados houve compatibilidade mesmo em baixa frequência entre as espécies (NASSAR, 1980; 1989; NASSAR et al., 1986; NASSAR et al., 2010b).

Pesquisas relacionadas à obtenção de híbridos de mandioca com espécies silvestres de *Manihot* são cada vez mais necessárias para dar suporte aos programas de melhoramento de mandioca além de contribuir com a reprodução e o melhoramento.

Biologia floral

Citogeneticamente as espécies de *Manihot*, incluindo a mandioca, apresenta características de uma espécie diplóide com número invariavelmente de cromossomos $2n=36$ e emparelhamento com meiose regular de 18 bivalentes, entretanto de origem alotetraplóide segmental com número básico de cromossomos $x=9$ (JENNINGS; IGLESIAS, 2002). Para Allem (1989b) a não existência de diferenças significativas das características cromossômicas entre as espécies impossibilita que esse caráter seja usado como critério para sua distinção.

A mandioca é uma planta monóica, com inflorescências terminais, raramente axilares, podendo ser do tipo racemo ou panícula. Suas flores masculinas e femininas estão localizadas na mesma inflorescência. Enquanto as flores masculinas se localizam no topo da inflorescência, as flores femininas se localizam em menor quantidade na região proximal do pedúnculo (ORLANDINI; LIMA, 2014).

Suas flores apresentam características protogínicas, ou seja, as flores femininas entram em antese antes das flores masculinas na mesma inflorescência, estando pronta para fertilização após cerca de 20 dias de seu aparecimento, enquanto a flor masculina está apta após cerca de 30 dias (HALSEY et al., 2008). Entretanto, acontece abertura simultânea das flores femininas e masculinas em diferentes inflorescências da mesma planta, permitindo assim a ocorrência natural de autofecundação que resulta em forte depressão endogâmica (JENNINGS; IGLESIAS, 2002; KAWANO et al., 1978).

Dentre os fatores que influenciam o florescimento estão relacionados os genótipos, umidade, fertilidade dos solos, o fotoperíodo e a temperatura (SILVA et al., 2001). A antese floral das flores femininas se inicia às 12 horas, sendo o melhor período para realizar a polinização em torno das 14 horas (CREPALDI, 1987). Foi observado que no período de 9 às 11h as abelhas promovem abertura antecipada das flores (SILVA et al., 2001). Segundo Vieira et al. (2013), a antese floral da mandioca e das espécies silvestres de *Manihot* ocorre em período do dia em que a temperatura é mais elevada e a umidade do ambiente diminui, momento em que ocorre a abertura da flor feminina, e os estigmas encontram-se mais receptivos. Jos et al. (1990) constataram receptividade do estigma 6 horas antes

da abertura das flores, tornando-se inviável no período de 24 horas. Já o pólen permanece viável por um período de seis dias, quando conservado em cloreto de cálcio, perdendo sua viabilidade quando armazenados frescos em temperatura ambiente (VIEIRA et al., 2012).

Os frutos são do tipo cápsula com deiscência septicida, variam de ovóides a elipsóides e podem ou não apresentar alas longitudinais (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2009), abrindo-se de 2 a 3 meses depois da fertilização (HALSEY et al., 2008). As sementes são carunculadas, internamente compostas por endosperma abundante e embrião com cotilédones finos e planos (ORLANDINI; LIMA, 2014).

Devido ao caráter protogínico da antese floral, da ocorrência de macho-esterilidade, da forte depressão endogâmica ocasionada pelas autofecundações é considerada uma espécie alógama e altamente heterozigótica, com taxa de cruzamento facilmente manejável, desde 100% de autofecundação e 100% de fecundação cruzada (FUKUDA; IGLESIAS, 2006).

Baseado nesse contexto de utilização das espécies de *Manihot* com o objetivo de promover variabilidade genética para a melhoria da produtividade, resistência a pragas e doenças da cultura de mandioca e da conservação das espécies de *Manihot*, já que muitas se encontram em extinção devido à ação do homem pelo desmatamento ou mesmo pela sua localização em áreas de difícil acesso, o objetivo do primeiro capítulo foi obter Modelos de Distribuição Geográfica de espécies silvestres de *Manihot* de forma a contribuir com a sua conservação e taxonomia. No segundo capítulo avaliou-se a cruzabilidade entre cultivares de mandioca e as subespécies *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Mull. Arg.) Allem. com o intuito de obter sementes para serem trabalhadas nos programas de melhoramento genético de mandioca. No terceiro capítulo foi avaliado o desempenho agrônômico de genótipos de mandioca e híbridos intra e interespecíficos de *Manihot* visando selecionar genótipos superiores com maior potencial produtivo para serem utilizados nos programas de melhoramento da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKINBO, O.; LABUSCHAGNE, M.; FREGENE, M. Introgression of whitefly (*Aleurotrachelus socialis*) resistance gene from F₁ inter-specific hybrids into commercial cassava. **Euphytica**, v. 183, n. 1, p. 19-26, 2012a.

AKINBO, O.; LABUSCHAGNE, M.; FREGENE, M. Increased storage protein from interspecific F₁ hybrids between cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and its wild progenitor (*M. esculenta* ssp. *flabellifolia*). **Euphytica**, v. 185, p. 303-311, 2012b.

ALLEM, A. C. Notas taxonômicas e novos sinônimos em espécies de *Manihot* – III (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 39, n. 3, p. 545–550, 1979a.

ALLEM, A. C. Notas taxonômicas e novos sinônimos em espécies de *Manihot* – V (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 39, n. 4, p. 891–896, 1979b.

ALLEM, A. C. A revision of *Manihot* section *Quinquelobae* (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 1-26, 1989a.

ALLEM, A. C. Four new species of *Manihot* (Euphorbiaceae) from Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 649–662, 1989b.

ALLEM, A. C. The origin of *Manihot esculenta* crantz (Euphorbiaceae). **Genetic Resources and Crop evolution**, Dordrecht, v. 41, p. 133-150, 1994.

ALLEM, A. C.; MENDES, R. A.; SALOMÃO, A. N.; BURLE, M. L. The primary gene pool of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta* - Euphorbiaceae). **Euphytica**, v. 120, p. 127–132, 2001.

ASIEDU, R.; HAHN, S. K.; VIJAYA BAI, K.; DIXON, A. G. O. Interspecific hybridization in the genus *Manihot*-progress and prospects. **Acta Horticulturae**, v. 380, p. 110-113, 1994.

BARBOSA, C. Z dos R.; ALVES, J. M. A.; SCHWENGBER, D. R.; SOUSA, R de C. P de.; SILVA, S. M.; UCHÔA, S. C. P.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J DE

A. A de. Caracterização de Dez Clones de Mandioca Cultivados no Estado de Roraima. *Revista Agro@mbiente*, n. 1, p. 24-27, 2007.

BELLON, G. et al. Variabilidade genética de acessos silvestres e comerciais de *Passiflora edulis* Sims., com base em marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 124-127, 2007.

BOLHUIS, G. G. A survey of some attempts to breed cassava varieties with a high content of proteins in the roots. **Euphytica**, v. 20, p. 107-112, 1953.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5.ed. Viçosa: UFV, 2009. 529p.

CEBALLOS, H.; MORANTE, N.; JARAMILLO, G.; LENIS, J. I.; CALLE, F.; PÉREZ, J. C. Mejoramiento Genético de la Yuca. In: CEBALLOS, H. (Eds.) **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali. CIAT, 2002. p. 295-325.

CORDEIRO, I.; SECCO, R.; SILVA, M. J. DA; SODRÉ, R. C.; MARTINS, M. L. L. *Manihot* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. 2014. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available in: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB36149>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

CREPALDI, C. I. **Biologia da reprodução em *Manihot* Mill.** Campinas, 1987. 160f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Campinas, São Paulo, 1987.

CRUZ, N. D. Citologia do gênero *Manihot* Adans. Determinação do número de cromossomos em algumas espécies. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, p. 91-95, 1968.

DUPUTIÉ, A.; SALICK, J.; MCKEY, D. Evolutionary biogeography of *Manihot* (Euphorbiaceae), a rapidly radiating Neotropical genus restricted to dry environments. **Journal of Biogeography**, v. 1, p. 1–11, 2011.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. 2013. Disponível em: < http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/index_en.html>. Acesso em: 10 abri. 2016.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. Statistical databases: Faostat. 2014. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> >. Acesso em: 13 abri. 2016

FREITAS, D. Y. H.; NASSAR, N. M. A. Review Apomixis in cassava: advances and challenges. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, p. 988-994, 2013.

FUKUDA, W. M. G.; CAVALCANTI, J.; FUKUDA, C.; COSTA, I. R. S. Variabilidade genética e melhoramento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. 1 ed. Petrolina,1999.

FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S. O.; IGLESIAS, C. Cassava Breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, p. 617-638, 2002.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Melhoramento Genético. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006, v. 1, p. 325-355.

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modeling**, v. 135, p. 147-186, 2000.

HALSEY, M. E.; OLSEN, K. M.; TAYLOR, N. J.; CHAVARRIAGA-AGUIRRE, P. Reproductive Biology of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and Isolation of Experimental Field Trals. **Crop Science**, v. 48, p. 49-58, 2008.

HERSHEY, C. H.; AMAYA, A. Genética, estrutura floral e técnicas de hibridación de la yuca. In: DOMÍNGUEZ, C. E. (Ed.). **Yuca: investigación, producción y utilización**. Cali: Pnud / Cali, 1982. p. 113-126.

HOWELER, R.; LUTALADIO, N. B.; THOMAS, G. **Save and grow cassava: A guide to sustainable production intensification**. FAO, Rome (2013), 129p.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**: SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 24 de abr. 2016.

JENNINGS, D. L.; IGLESIAS, C. A. Breeding for crop improvement. In: R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti (Eds.), **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CABI Publishing, 2002. p. 149–166.

JOS, J. S.; NAIR, R. B.; SREEKUMARI, M. T. Stigma receptivity and seed set in cassava. **Tropical Agriculture**, v. 67, p. 257-261, 1990.

KAWANO, K.; AMAYA, A.; RIOS, M. Factors affecting efficiency or hibridization and selection in cassava. **Crop Science**, v. 17, p. 373–376, 1978.

LARA, A. C. da C.; BICUDO, S. J.; BRACHTVOGEL, E. L.; ABREU, M. L.; CURCELLI, F. Melhoramento Genético da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 4, p. 55–65, 2008.

LÉOTARD, G.; DUPUTIÉ, A.; KJELLBERG, F.; DOUZERY, E. J. P.; DEBAIN, C.; DE GRANVILLE J. J.; MCKEY, D. Phylogeography and the origin of cassava: new insights from the northern rim of the Amazonian basin. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 53, n. 1, p. 329-334, 2009.

MAGOON, M. L.; KRISHNAN, R.; VIJAYABAI, K. Cytogenetics of the F₁ hybrid between cassava and Ceara rubber and its back crosses. **Genética**, v. 41, p. 3-12, 1970.

MARCO JÚNIOR, P.; SIQUEIRA, M. F. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? **Megadiversidade**, v.5, n. 1-2, p. 65-76, 2009.

MARCHIORETTO, M. S.; WINDISCH, P. G.; SIQUEIRA, J. C DE. Padrões de distribuição geográfica das espécies de *Froelichia* Moench e *Froelichiella* R.E. Fries (Amaranthaceae) no Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 149-159, 2004.

MARTINS, M. L. L.; CARVALHO, P. C. L.; LEDO, C. A. S.; AMORIM, A. M. A. 2013. What's New in *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) **Systematic Botany** (in publ.).

NASSAR, N. M. A. Conservation of the Genetic Resources of Cassava (*Manihot esculenta*): Determination of Wild Species Localities with Emphasis on Probable Origin. **Economic Botany**, v. 32, n. 3, p. 311-320, 1978a.

NASSAR, N. M. A. Genetic resources of cassava - Chromosome behavior in some wild *Manihot* species. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 38, p. 135-137, 1978b.

NASSAR, N. M. A. Hydrocyanic acid content in some wild *Manihot* (cassava) species. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 58, p. 577-578, 1978c.

NASSAR, N. M. A. Three Brazilian *Manihot* species with tolerance to stress conditions. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 59, p. 553-555, 1979.

NASSAR, N. M. A. Attempts to hybridize wild *Manihot* species with cassava. **Economic Botany**, v. 34, n. 1, p. 13-15, 1980.

NASSAR, N. M. A. Collecting wild cassava in Brazil. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 42, p. 405-411, 1982.

NASSAR, N. M. A.; SILVA, J. R.; VIEIRA, C. Hibridação interespecífica entre mandioca e espécies silvestres de *Manihot*. **Ciência e Cultura**, v. 38, p. 1050-1053, 1986.

NASSAR, N. M. A. Broadening the genetic base of cassava, *Manihot esculenta* Crantz, by interspecific hybridization. **Canadian Journal Of Plant Science**, v. 69, n. 2, p. 1071-1073, 1989.

NASSAR, N. M. A.; VIEIRA, M. A. R.; VIEIRA, C.; GRATTAPAGLIA, D. Molecular and embryonic evidence of apomixis in cassava interspecific hybrids (*Manihot* spp.). **Canadian Journal Of Plant Science**, v. 78, p. 349-352, 1998.

NASSAR, N. M. A. Cassava, *Manihot esculenta* Crantz genetic resources: Their collection, evaluation, and manipulation. **Advances in Agronomy**, v. 69, p. 179-230, 2000.

NASSAR, N. M. A. Cassava, *Manihot esculenta* Crantz genetic resources: VI Anatomy of a diversity center. **Genetics Molecular Research**, v. 2, p. 214-222, 2003.

NASSAR, N. M. A.; HASHIMOTO, D. Y. C.; FERNANDES, S. D. C. Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 1, p. 16-28, 2008.

NASSAR, N. M. A.; GOMES, P. T. C.; CHAIB, A. M.; BONFIM, N. N.; BATISTA, R. C. D.; COLLEVATTI, R. G. Cytogenetic and molecular analysis of an apomictic cassava hybrid and its progeny. **Genetics and Molecular Research**, v. 8, p. 1323-1330, 2009.

NASSAR, N. M. A. Dry matter content in cassava and interspecific hybridization. **Genetics Molecular Research**, v. 9, p. 608-610, 2010a.

NASSAR, N. M. A. Compatibility of interspecific *Manihot* crosses presaged by protein electrophoresis. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, p. 107-112, 2010b.

OLIVEIRA, J. H. G.; OLIVEIRA, D. M. T. Morfoanatomia e ontogênese do pericarpo de *Manihot caerulescens* Pohl e *Manihot tripartita* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 1, p. 117-129, 2009.

OLSEN, K. M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. **Plant Molecular Biology**, Zurich, v. 53, n. 4, p. 517-526, 2004.

ORLANDINI, P.; LIMA, L. R. de. Sinopse do gênero *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 41, n. 1, p. 51-60, 2014.

RIESEBERG L. H.; RAYMOND O.; ROSENTHAL D. M.; LAI, Z.; LIVINGSTONE, K.; NAKAZATO, T.; DURPHY, J. L.; SCHWARZBACH, A. E.; DONOVAN, L. A.; LEXER, C. Major ecological transitions in wild sunflowers facilitated by hybridization. **Science**, v. 30, p. 1211–1216, 2003.

RIMOLDI, F.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G. Avaliação de cultivares de mandioca nos municípios de Maringá e Rolândia no estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 459-465, 2003.

ROGERS, D. J.; APPAN, S. G. *Manihot, Manihotoides* Euphorbiaceae. **Flora Neotropica**, Monograph 13. Haffer Press, New York, 1973.

SILVA, R. M.; BANDEL, G.; FARALDO, M. I. F.; SODERO, P. Biologia reprodutiva de etnovarietades de mandioca. **Scientia Agricola**, v. 58, n.1, p.101-107, 2001.

SIQUEIRA, W. J.; FONSECA, M. I. S.; SONDHAL, M. R. Regeneração de plantas híbridas entre *Lycopersicon esculentum* e *L. peruvianum* a partir de calor com dois anos de cultura in vitro. **Bragantia**, Campinas, v. 47, n. 1, p. 1-8, 1998.

SOBERON, J.; PETERSON, A. T. Interpretation of Models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, p. 1-10, 2005.

TERRY, E. R.; LEUSCHNER, K. Breeding cassava for resistance to cassava mosaic disease. **Euphytica**, v. 29, p. 673-68, 1980.

VALLE, L. T. Utilização de espécies selvagens no melhoramento de mandioca: passado, presente e futuro. In: HERSHEY, C. H., (Ed.) **Mejoramiento genético de la yuca en América Latina**. Cali: Colombia, CIAT: 1991. p. 163-176.

VIEIRA, L. J.; SOARES, T. L.; ROSSI, M. L.; ALVES, A. A. C.; SANTOS, F. DE .A. R. DOS; SOUZA, F. V. D. Viability, production and morphology of pollen grains for different species in the genus *Manihot* (Euphorbiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 350-356, 2012.

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

WILLIS, K. J.; ARAUJO, M. B.; BENNETT, K. D.; FIGUEROA-RANGEL, B.; FROYD, C. A.; MYERL, N. How can a knowledge of the past help to conserve the future? Biodiversity conservation and the relevance of long-term ecological studies. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, v. 362, p. 175-186, 2007

ARTIGO 1

MODELAGEM DE PARENTES SILVESTRES DA MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz- Euphorbiaceae) E SUAS IMPLICAÇÕES PARA PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO E TAXONOMIA¹

¹ Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Biodiversity and Conservation

MODELAGEM DE PARENTES SILVESTRES DA MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz - Euphorbiaceae) E SUAS IMPLICAÇÕES PARA PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO E TAXONOMIA.

Autora: Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO – A distribuição geográfica das espécies silvestres de *Manihot* é de grande importância para os programas de conservação. O objetivo desse trabalho foi obter modelos de distribuição geográfica de espécies silvestres de *Manihot* de forma a contribuir com a sua conservação e taxonomia. Para determinar a distribuição geográfica foram selecionadas 9 espécies e duas subespécies: *M. brachyloba* Müell. Arg, *M. flabellifolia* (Pohl) Ciferri, *M. flemingiana* D. J. Rogers & Appan, *M. fruticulosa* (Pax) D. J. Rogers & Appan, *M. guaranítica* Choda et Hassler, *M. peruviana* (Mull. Arg) Allem, *M. pilosa* Pohl, *M. pruinosa* Pohl, *M. pusilla* Pohl, *M. reptans* Pax, e *M. tristis* Müell. Arg. Para a avaliação dada Distribuição das Espécies foram utilizados 14 modelos e quatro modelos de circulação geral entre oceano e atmosfera. Os mapas de distribuição das espécies revelaram que as espécies silvestres de *Manihot* têm uma distribuição predominantemente central na América do Sul, ocupando principalmente áreas de Cerrado e Floresta Amazônica. Apenas *M. pilosa* apresentou probabilidades de ocorrência maiores na região sudeste do Brasil. Os mapas sugerem a possibilidade da ampliação da distribuição destas espécies, em locais antes não previstos, sendo necessário que algumas dessas espécies sejam avaliadas in loco. *Manihot flabellifolia* e *M. tristis* apresentaram probabilidades de ocorrência semelhantes e são morfologicamente parecidas o que pode conduzi-las á sinonimização. Existe a necessidade de continuar com a realização desses levantamentos de forma a contribuir com a conservação da espécie, principalmente para as que se encontram em extinção.

Palavras-chave: Modelos de nicho ecológico, coleta, extinção de espécies.

WILD SPECIES MODELING OF CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz- Euphorbiaceae) AND IMPLICATIONS TO CONSERVATION PROGRAMS AND TAXONOMY.

Author: Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Advisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

ABSTRACT - The geographical distribution of wild species of *Manihot* have a great importance to the conservation programs. The aim of this study was to obtain geographical distribution models of wild species of *Manihot* in order to contribute to its conservation and taxonomy. The followed species were selected to determine the geographic distribution: *M. brachyloba* Müell. Arg, *M. flabellifolia* (Pohl) Ciferri, *M. flemingiana* D. J. Rogers & Appan, *M. fruticulosa* (Pax) D. J. Rogers & Appan, *M. guaranítica* Choda et Hassier, *M. marajoara* Huber, *M. peruviana* (Mull. Arg) Allem, *M. pilosa* Pohl, *M. pruinosa* Pohl, *M. pusilla* Pohl, *M. reptans* Pax, *M. surinamensis* D. J. Rogers & Appan and *M. tristis* Müell. Arg. For the species distribution models it was used 14 models and 04 atmosphere–ocean global circulation models (AOGCM). The models demonstrated a predominantly central distribution of Cassava wild species in South America, mainly in Cerrado and Amazon Forest. Only *M. Pilosa* showed higher possibility of occurrence in southeastern Brazil. The models suggest the possibility of expanding the distribution of these species in places not previously provided, requiring that some of these species are evaluated in locus. *Manihot flabellifolia* e *M. tristis* have similar probabilities of occurrence and are morphologically similar which can lead them will synonymization. There is a need to continue carrying out these surveys in order to contribute to the conservation of the species.

Keywords: Ecological niche models, collect, species extinction.

INTRODUÇÃO

Manihot é um dos maiores gêneros de Euphorbiaceae, com pouco mais de 100 espécies que ocorrem naturalmente apenas na região neotropical do planeta, da Argentina ao sudoeste da América do Norte (ROGERS; APPAN, 1973; CORDEIRO et al., 2014). Suas espécies provavelmente se originaram na região Mesoamericana e posteriormente se distribuíram na América do Sul, colonizando todos os tipos de ambiente (DUPUTIÉ et al., 2011).

São reconhecidos quatro centros de diversidade de *Manihot*, três no Brasil (Brasil Central, Nordeste do Brasil e o sul de Mato Grosso) e um no México (NASSAR et al., 2008). O Brasil abriga cerca de 70% das espécies do gênero, a maior parte com ocorrência no Cerrado e na Caatinga (CORDEIRO et al., 2014), sendo que as espécies desses ambientes formam clados distintos, em que predominam os hábitos arbustivo, subarbustivo e arbóreo, respectivamente (DUPUTIÉ et al., 2011).

O nível de ameaça a que os ambientes naturais estão submetidos contribui para que boa parte das espécies de *Manihot* esteja em listas de espécies ameaçadas. A lista vermelha da *International Union for Conservation of Nature* - IUCN (WALTER; GILLET, 1998), inclui 65 táxons, entre espécies e subespécies, sob diversos graus de ameaça. Recentemente, apenas para o Nordeste do Brasil, 14 espécies foram consideradas ameaçadas (MARTINS, 2013). Ainda assim, Martinelli e Moraes (2013) reconheceu apenas *M. procumbens* Müll. Arg. como uma espécie ameaçada, dentro do gênero, como Vulnerável, o que evidencia a necessidade de estudos de conservação para este grupo. Dentre as espécies de *Manihot*, apenas *Manihot esculenta* Crantz (mandioca) é domesticada, e constitui uma das mais importantes culturas tropicais e a oitava mais colhida no mundo (FAO, 2014). A cultura da mandioca se originou a partir de *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri, subespécie silvestre com distribuição no Centro-Oeste e Norte do Brasil (ALLEM, 1994). Apesar dessa origem ser contestada por Hayson et al. (1994), diversos trabalhos confirmaram essa hipótese (OLSEN; SCHALL, 2001; OLSEN, 2004; LE'OTARD et al., 2009).

Allem et al. (2001) considera a existência de dois 'pools' gênicos relacionados à *M. esculenta*. No pool gênico primário (GP1), o autor inclui *M.*

esculenta subsp. *esculenta*, *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* Ciferi, *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Müller) Allem, além de *M. pruinosa* Pohl, parente silvestre da mandioca com distribuição no cerrados do Planalto Central brasileiro. No pool gênico secundário (GP2) o autor incluiu outras 13 espécies, que se distribuem desde a América Central (e.g. *M. chlorosticta* Standl. & Goldman) ao Sudeste do Brasil (e.g. *M. pohlii* Wawra). Duputié et al. (2011), a partir de análises de filogenia molecular, evidenciaram um clado que inclui as subespécies de *M. esculenta* e outras 12 espécies, entre os seus parentes silvestres mais próximos. Algumas destas espécies, no entanto, carece de estudos mais aprofundados relacionados à sua distribuição geográfica, conservação e taxonomia.

O interesse pelo estudo das espécies silvestres de *Manihot* ocorre devido às características de interesse econômico que estas podem ter podendo ser transferidas para a espécie cultivada, podendo solucionar problemas considerados graves para esta cultura (NASSAR, 2006). Para Akinbo et al. (2012), *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* é portadora de características valiosas como resistência a mosca branca (*Aleurotrachelus socialis* Bondar), mandarová (*Erinnyis ello* L.), à bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) à antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), vírus do mosaico africano e possui altos teores de proteínas e matéria seca nas raízes.

O reservatório genético destas espécies encontra-se ameaçado, devido à fragmentação e destruição do habitat pelo processo do desmatamento, sendo substituídas por agricultura, monocultura extensivas, pastagens e urbanização, além da introdução de espécies exóticas e influência das mudanças climáticas (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Marchioretto et al. (2004) uma das prioridades para conservação é a obtenção e disponibilização de dados concretos e atualizados sobre a distribuição geográfica das espécies. Willis et al. (2007), destacaram várias iniciativas conservacionistas, entre elas as predições sobre a distribuição de espécies perante os efeitos das mudanças climáticas futuras.

A distribuição geográfica de uma espécie é resultante da interação de fatores que atuam em diferentes intensidades e escalas sumarizadas em: condições abióticas, interações bióticas, regiões que são acessíveis à dispersão de espécies e a capacidade evolutiva das populações adaptarem a novos ambientes (BROWN, 1995; SOBERÓN; PETERSON, 2005).

Esses fatos reforçam a necessidade de estudos relacionados à distribuição geográfica das espécies silvestres de *Manihot* e sua relação espécie/ambiente, de forma a contribuir com a sua conservação, decisões taxonômicas e direcionar trabalhos de campo.

Em 2010, foram iniciados estudos sobre a distribuição e conservação das espécies silvestre de *Manihot* nativas do Brasil, ampliando o conhecimento sobre suas populações naturais e permitido a descrição de novas espécies (LEDO et al., 2010; MARTINS et al., 2011; MARTINS et al., 2014). Os dados obtidos a partir destes trabalhos permitiram o mapeamento das espécies silvestres e sua posterior utilização em programas de conservação da cultura.

O uso de ferramentas para análise de padrões de distribuição geográfica em diferentes escalas tem sido cada vez mais frequentes (GUISAN; THUILLER, 2005; JIMENEZ-VALVERDE et al., 2008). Neste cenário, os modelos preditivos de distribuição de espécies se destacam. Nesses modelos o nicho ecológico potencial é modelado a partir da determinação de funções que descrevem a interação entre as características ambientais e os registros de ocorrência da espécie (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000). Segundo Lima-Ribeiro e Diniz-Filho (2013), o processo de modelagem da distribuição geográfica das espécies é tecnicamente sustentado por três pilares fundamentais: a informação sobre as espécies, as variáveis ambientais e os métodos analíticos.

Portanto, compreender a distribuição da espécie associada à interação ambiental ajudará na conservação do potencial genético das mesmas, principalmente as que se encontram em extinção, garantindo a conservação dos recursos genéticos da cultura uma maior segurança onde possa ser encontrado um alto potencial de ocorrência da espécie e até mesmo o seu ponto de origem, racionalizando o uso de tempo e de recursos financeiros. O objetivo desse trabalho foi obter Modelos de Distribuição Geográfica de espécies silvestres de *Manihot* de forma a contribuir com a sua conservação e taxonomia.

Tabela 1. Espécies silvestres de *Manihot* e subespécies de *Manihot esculenta* subsp. *esculenta* incluídas na Modelagem de Distribuição de Espécie e seu status de ameaça global segundo Walter e Gillett (1998).

Espécies	Distribuição	Status de ameaça global
<i>Manihot brachyloba</i> Müll. Arg.	Brasil (N); Caribe	S
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>flabellifolia</i> (Pohl) Ciferri	Brasil (AM, PA, TO)	S
<i>Manihot flemingiana</i> D.J. Rogers & Appan	Brasil (GO, MT, RO, TO)	CR
<i>Manihot fruticulosa</i> (Pax) D.J. Rogers & Appan	Brasil (DF, GO, MG, SP)	EN
<i>Manihot guaranitica</i> Chodat & Hassl.	Brasil (MG), Bolívia; Paraguai; Argentina	VU
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>peruviana</i> Müll. Arg.	Peru	I
<i>Manihot pilosa</i> Pohl	Brasil (ES, MG, RJ, SP)	S
<i>Manihot pruinosa</i> Pohl	Brasil (GO, MS, MT, TO)	S
<i>Manihot pusilla</i> Pohl	Brasil (DF, GO)	CR/VU
<i>Manihot reptans</i> Pax	Brasil (GO, MG)	EN
<i>Manihot tristis</i> Müll. Arg.	Brasil (AP, RR); Suriname; Venezuela	VU

Criticamente em perigo (CR- tipicamente cinco ou menos ocorrências ou 1.000 ou menos indivíduos); **Perigo** (EN- tipicamente seis a vinte ocorrências ou 1.000 - 3.000 indivíduos); **Vulnerável** (VU - tipicamente 21 a 100 ocorrências ou 3.000 a 10.000 indivíduos); **Indeterminado** (I); **Não se encontra na lista de espécies ameaçadas** (S).

As ocorrências das espécies foram compiladas a partir de três fontes, sendo feita uma pré-seleção das exsicatas e materiais examinados, excluindo os que apresentavam localização duvidosa e registros duplicados:

1. Exsicatas dos herbários ALCB, ASE, CEN, CEPEC, CPAP, EAC, ESA, F, FLOR, FURB, HAS, HB, HPBR, HPUC, HRB, HST, HUEFS, HUFU, HURB, HVASF, IAN, IBGE, ICN, IMA, IPA, JPB, MBML, MG, R, RB, SP, SPF, UEC, UFMT, UFP, UFRN, UNB, US, UFPR, VIC e VIES, disponíveis on line ou no Banco de dados do herbário HURB, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) (Tabela 2).
2. Dados de coletas realizadas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura e UFRB;

Tabela 2. Acrônimo e nomenclatura dos herbários utilizados.

Acrônimos das exsiccatas dos herbários	Nomenclatura
ALCB	Herbário Alexandre Leal Costa
ASE	Herbário da Universidade Federal de Sergipe
CEN	Herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
CEPEC	Herbário do Centro de Pesquisas do Cacau
EAC	Herbário Prisco Bezerra
CPAP	Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
ESA	Herbário da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
F	Field Museum of Natural History
FLOR	Flor Herbarium- Universidade Federal de Santa Catarina
FURB	Herbário Dr. Roberto Miguel Klein
HAS	Herbário Alarich Rudolf Holger Schultz
HB	Herbário Bradeanum
HPBR	Herbário Padre Balduino Romba
HPUC	Herbário Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
HRB	Herbário Radam Brasil
HST	Herbário Sérgio Tavares
HUEFS	Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana
HUFU	Herbário Uberlandense
HURB	Herbário do Recôncavo da Bahia
HVASF	Herbário Vale do Rio São Francisco
IAN	Herbário da Embrapa Amazônia Oriental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICN	Herbário do Instituto de Biociências, UFRS
IMA	Instituto do Meio Ambiente de Alagoas
IPA	Herbário Dardano de Andrade Lima
IPB	Instituto Politécnico de Bragança
MBML	Museu de Biologia Professor Mello Leitão
MG	Museu Paraense Emilio Goeldi
R	Museu Nacional
RB	Herbário Dimitri Sucre Benjamin
SP	Herbário Maria Eneyda P. K. Fidalgo, Instituto de Botânica de São Paulo
SPF	Herbário da Universidade de São Paulo
UEC	Herbário da Universidade Estadual de Campinas
UFMT	Herbário da Universidade Federal de Mato Grosso
UFP	Herbário da Universidade Federal de Pernambuco
UFRN	Herbário da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UNB	Herbário da Universidade de Brasília
US	Herbário da Universidade de Sevilla
UFPR	Herbário da Universidade Federal do Paraná
VIC	Herbário da Universidade Federal de Viçosa
VIES	Herbário da Universidade Federal do Espírito Santo

3. Pesquisas nas coleções de museus indexadas na SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br>) e o Centro de Referência Informação Ambiental CRIA (<http://www.cria.org.br/>).

O georreferenciamento foi atribuído através da ferramenta Google Earth 7 para as exsicatas que não possuíam coordenadas geográficas no local de coleta. A distribuição geográfica foi projetada na região Neotropical usando uma malha quadriculada de 6.818 células com resolução de 0,5° de latitude por 0,5° de longitude

Variáveis ambientais

O espaço ambiental foi caracterizado através de variáveis climáticas e de pH de solo para a realização dos Modelos de Distribuição das Espécies (MDEs), utilizando simulações climáticas para o período de tempo pré-industrial (que representa as condições climáticas atuais (2016) e futuro (2080)). As variáveis climáticas foram derivadas de quatro modelos de circulação geral entre oceano e atmosfera (MCGOA) - CCSM4, GISS-E2-R, MIROC-ESM e MRI-CGCM3.

Foram baixadas as variáveis do clima de cada MCGOA (simulação mensal de precipitação e temperaturas média, máxima e mínima), baixando essas à mesma grade usada para calcular a gama completa de variáveis bioclimáticas. Das 19 variáveis existentes que podem ser utilizadas nos MDEs (segundo o WorldClim), foram selecionadas cinco variáveis climáticas sendo temperatura média anual, amplitude da temperatura anual, precipitação do mês mais chuvoso, precipitação do mês mais seco e precipitação do trimestre mais quente por meio de uma análise fatorial com rotação Varimax com base na matriz de correlação entre as variáveis, de forma a minimizar os problemas de colinearidade ao construir as MDEs. Junto com essas variáveis também foi incluída para análise dos MDEs o pH subsolo (30 - 100 cm; do Mundial Harmonizado solo Banco de dados - versão 1.1, NACHTERGAEL et al., 2009).

Modelos de Distribuição de Espécies

Foram utilizados 14 modelos, incluindo métodos de presença e de presença e ausência, que são integrados na plataforma computacional BIOENSEMBLES. Para obtenção dos modelos são necessários no mínimo 10 pontos de registros de ocorrência. Os métodos utilizados foram BIOCLIM, Ecological Niche Factor Analysis (ENFA), Euclidian Distance (ED), Gower Distances (GD), Mahalanobis Distances (MD), Genetic Algorithm for Rule Set Production (GARP), Generalized Linear Models, Maximum Entropy (Maxent), Generalized additive models (GAM), Flexible Discriminant Analysis (FDA), Multivariate adaptive regression splines (MARS), Generalized boosted models (GBM), Neural Networks (ANN) e Random Forest (RNDFOR) (ELITH; LEATHWICK, 2009; FRANKLIN, 2009; ELITH et al., 2011; PETERSON et al., 2011).

Análise de dados

Como os dados de ausência não estão disponíveis, foram selecionados aleatoriamente pseudo-ausências em toda a região Neotropical para ajustar o modelo, mantendo prevalência igual a 0,25 (SANTIKA, 2011). Para cada modelo foram construídos subconjuntos de calibração de 75% das células de presença e pseudo-ausência, selecionadas aleatoriamente e depois avaliadas com os 25% das células restantes, repetindo-se este procedimento 50 vezes. Para avaliar o desempenho preditivo dos modelos foi utilizado um método modificado da curva ROC (Receiver Operating Characteristic), proposto por Peterson et al. (2008). Finalmente, as frequências de ocorrência de cada célula da grade sobre a região Neotropical para cada espécie foi obtida com base nos 50 mapas de ocorrência. Modelos que não apresentaram bom desempenho foram eliminados a partir desses conjuntos com a frequência baseadas na True Skill Statistics (TSS) (ou seja, modelos com TSS <0,5 foram eliminados) (DINIZ-FILHO et al., 2009). Esse procedimento de modelagem resultou em 616 mapas de frequência para o cenário climático atual (2016), tanto para o futuro (2080) (ou seja, 14 MDEs * 4 MCGOAs * nove espécies e duas subespécies).

Avaliação do status de conservação

O 'status' de conservação de cada espécie foi avaliado a partir de sua Extensão de Ocorrência e Área de Ocupação. A extensão de ocorrência é a área contida dentro do menor limite contínuo que possa ser traçado para englobar todos os pontos conhecidos, inferidos ou projetados da presença atual de um táxon, excluindo os casos de errantes e visitantes e a área de ocupação é definida como a área ou a soma das áreas ocupadas por um táxon no interior da sua extensão de ocorrência (IUCN, 2001). Para tanto os dados de distribuição foram analisados pela ferramenta GEOCAT (Geospatial Conservation Assessment Tool) que disponibiliza mapas de distribuição com a área total de Extensão de Ocorrência e Ocupação, a automaticamente sua categorização segundo os critérios da International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 15 espécies apontadas por Duputié et al. (2011) como mais próximas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), quatro espécies não foram analisadas (*M. marajoara* Chemonte de Miranda apud Juber, *M. surinamensis* D. J. Rogers & Appan e *M. zehntneri* Ule) porque apresentaram número de pontos de registros de ocorrência abaixo de 10, que é o necessário para a obtenção dos MDEs e *M. esculenta* Crantz por ser a espécie cultivada. Dessa forma, apenas 11 espécies foram avaliadas (Tabela 1). *Manihot marajoara* Chemonte de Miranda apud Juber é uma espécie nativa e endêmica do Brasil, com ocorrência na região Norte no Amapá e Pará (CORDEIRO et al., 2016), enquanto *M. surinamensis* D. J. Rogers & Appan, distribui-se no Amazonas, Bolívia, Guiana, Suriname e Guiana Francesa (FUNK et al., 2007) e quanto a *Manihot zehntneri* Ule só há um registro de ocorrência em Riacho de Santana, na Bahia. A probabilidade de MDEs para essas espécies dependerá de um maior esforço em levantamentos de locais de ocorrência para proporcionar aumento do número de registros desses táxons.

Os modelos de distribuição das espécies estudadas mostraram uma distribuição predominantemente central na América do Sul, ocupando

principalmente áreas de Cerrado e Floresta Amazônica, no Planalto Central brasileiro e Amazônia (Figuras 2 a 12). Apenas *M. pilosa* Pohl apresentou probabilidades maiores de ocorrência na região sudeste do Brasil (em áreas ocupadas em maior parte por florestas estacionais decíduas ou semidecíduas, florestas ombrófilas litorâneas) e nas grandes áreas das altitudes andinas (Figura 7). Segundo Rogers e Appan (1973), *M. pilosa* ocorre mais em florestas secundárias, com solos arenosos. Essa espécie ocorre no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, e na região Sudeste (CORDEIRO et al., 2016).

Pelo menos sete das 11 espécies selecionadas (*M. brachyloba*, *M. flabellifolia*, *M. flemingiana*, *M. guaranítica*, *M. peruviana*, *M. pilosa* e *M. tristis*), apresentaram manchas de distribuição equivalentes no Noroeste do estado do Pará e Roraima, além da região Oeste da Venezuela e Norte da Colômbia (Figuras 2 a 4, 6 a 8, 12). Essas manchas podem estar relacionadas à adequabilidade climática disponível para a espécie nessas localidades, uma vez que algumas das espécies avaliadas não possuem registros nesses trechos (e.g. *M. guaranítica*) (Figura 6). Coletas nessas áreas serão importantes para a comprovação da ocorrência destas espécies aumentando a distribuição de espécies atualmente consideradas ameaçadas, como *M. flemingiana* (Tabela 1) (WALTER; GILLET, 1998).

Os modelos de probabilidade de ocorrência evidenciam duas disjunções importantes. *Manihot brachyloba* (Figura 2) possui áreas de ocorrência predominantemente na região Amazônica, com faixas estreitas e com grande probabilidade de ocorrência no litoral do Leste do Brasil. Essa distribuição apresenta-se congruente com a distribuição de *M. inflata* Mull. Arg., não incluída nesse trabalho, que tem registros para a parte meridional deste litoral, nos estados da Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (MARTINS, 2013; CORDEIRO et al., 2016). As duas espécies se assemelham em relação ao hábito arbustivo ereto ou escandente e pela forma dos lobos foliares (elípticos e profundamente partidos) e botões estaminados (ovóides). Estas espécies são tradicionalmente distinguíveis pelo número de lobos (ROGERS; APPAN, 1973), caráter amplamente variável no gênero *Manihot* e pela distribuição geográfica (MARTINS, 2013).

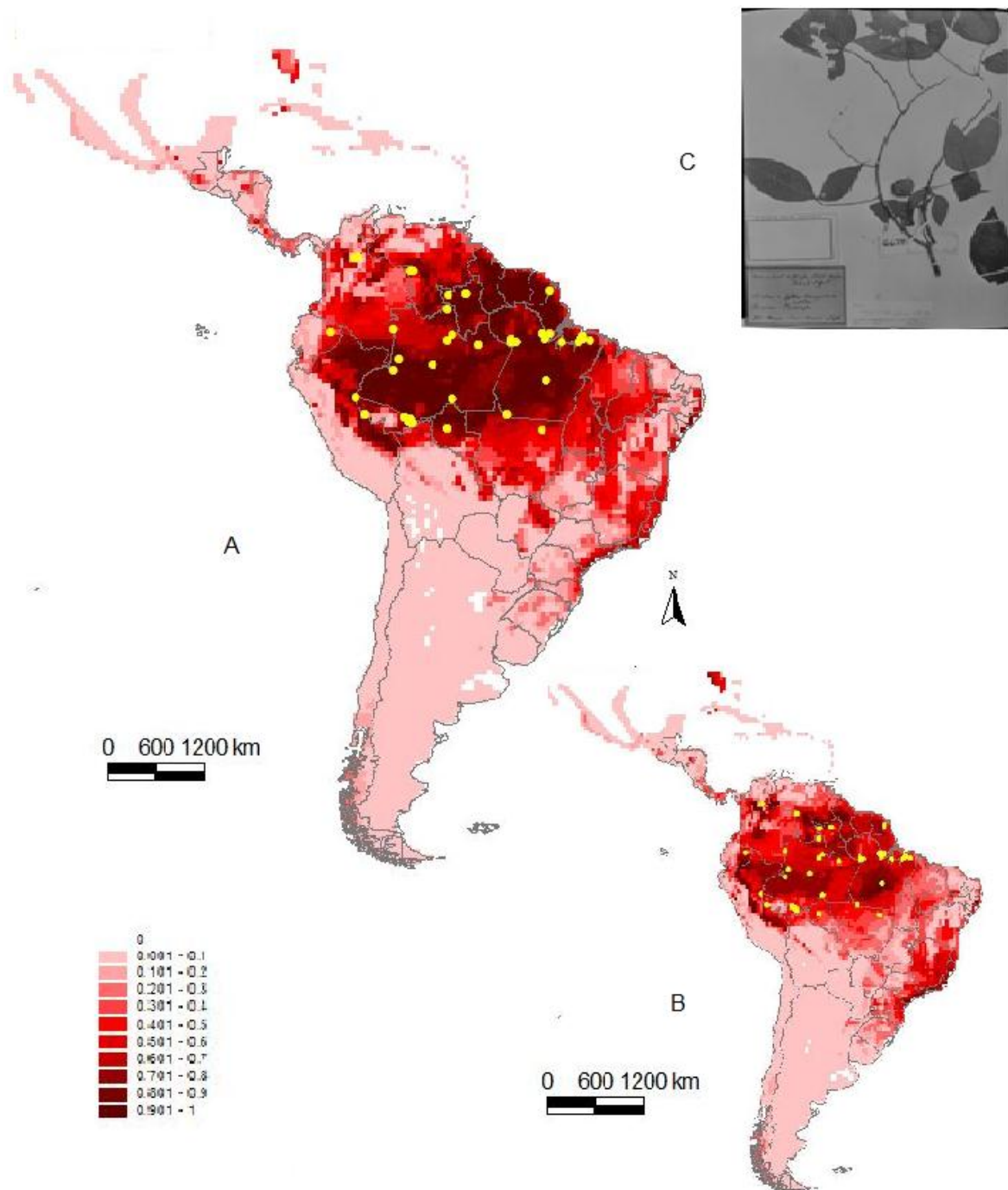


Figura 2. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot brachyloba* Müll. Arg., considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsicata ilustrativa mostrando o ramo da espécie(C).

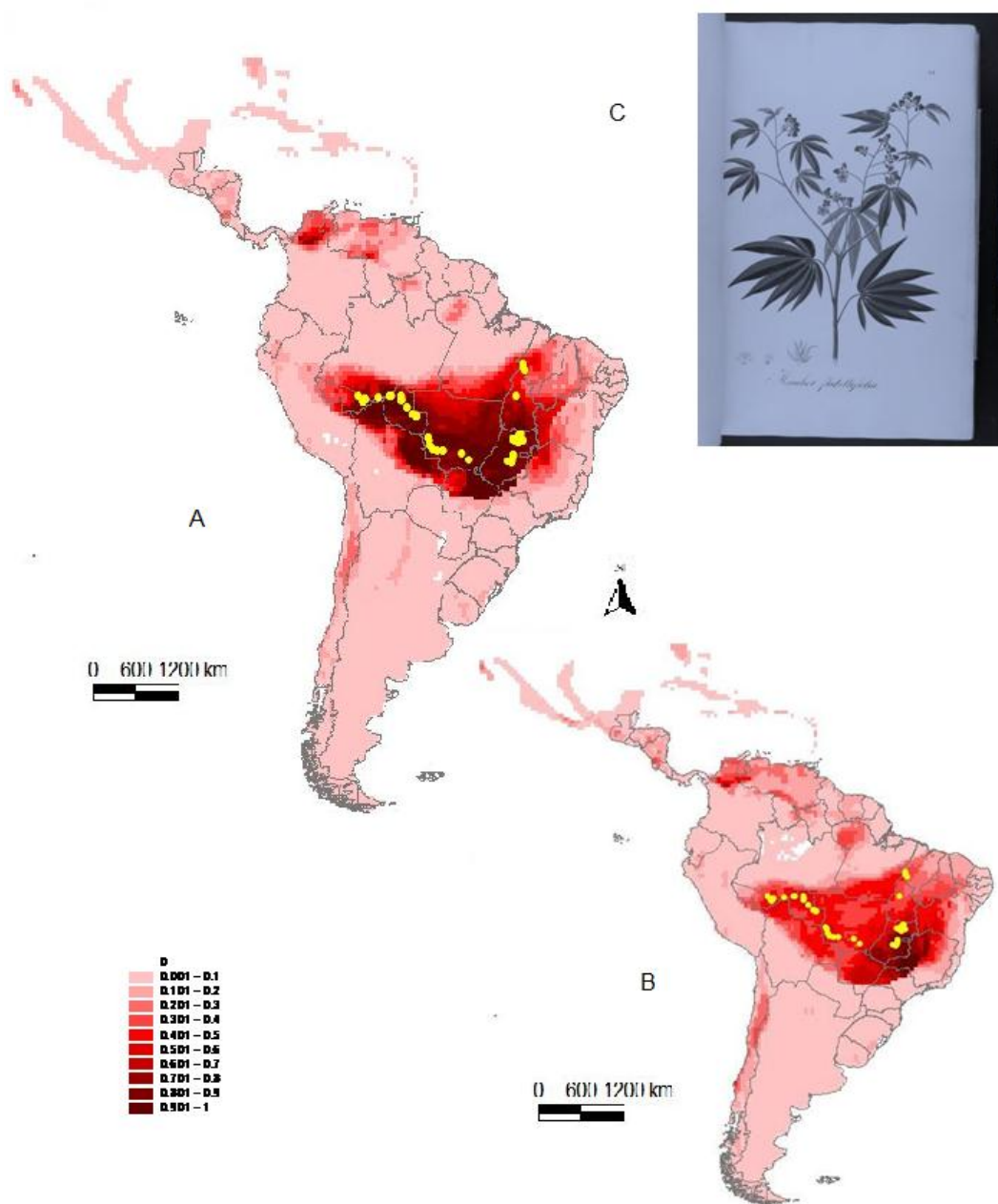


Figura 3. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot flabellifolia* (Pohl) Ciferri, considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores cor clara) e excisata ilustrativa mostrando o ramo da espécie(C).

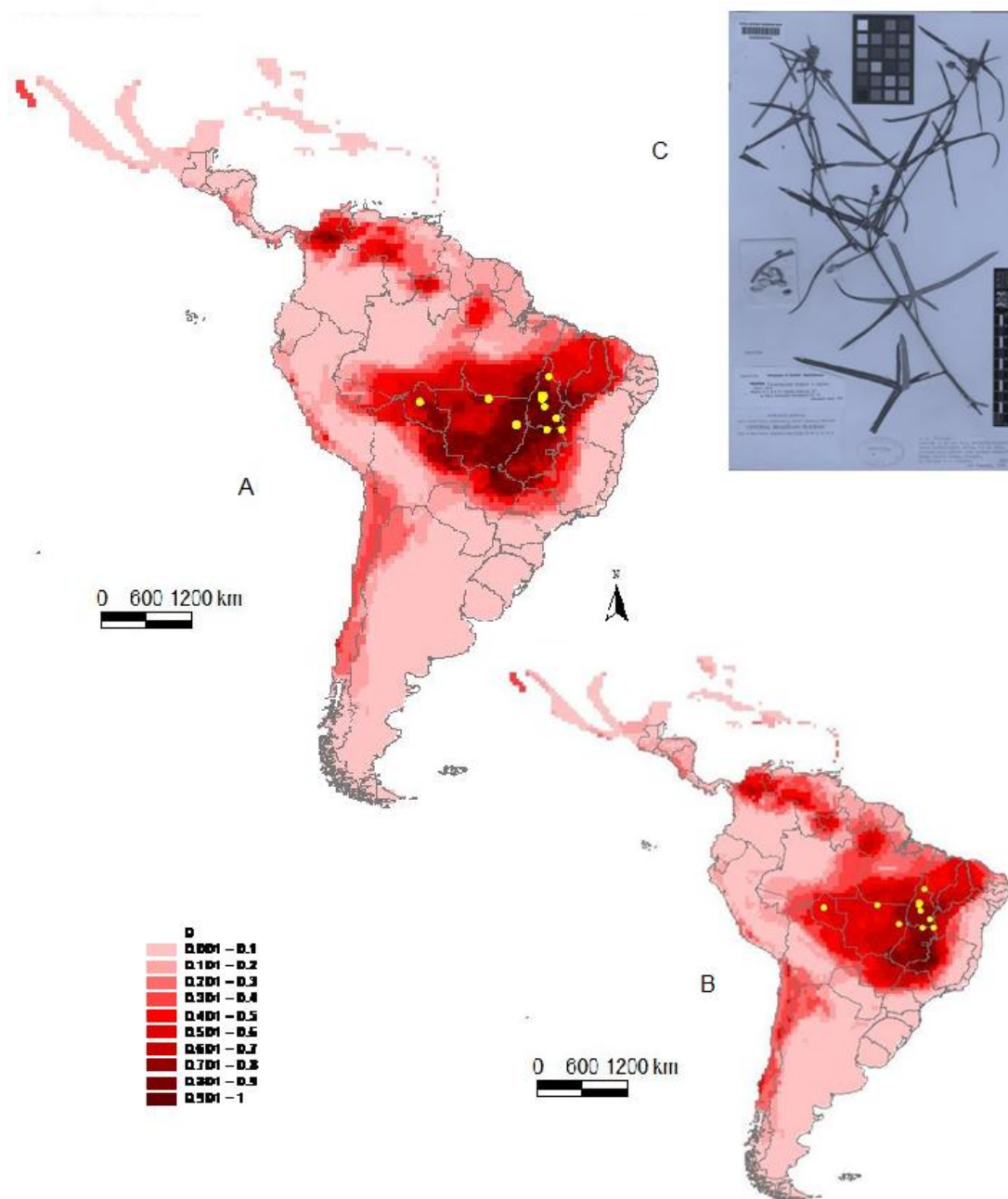


Figura 4. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot flemingiana* D.J. Rogers & Appan, considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsicata ilustrativa mostrando o ramo da espécie(C).

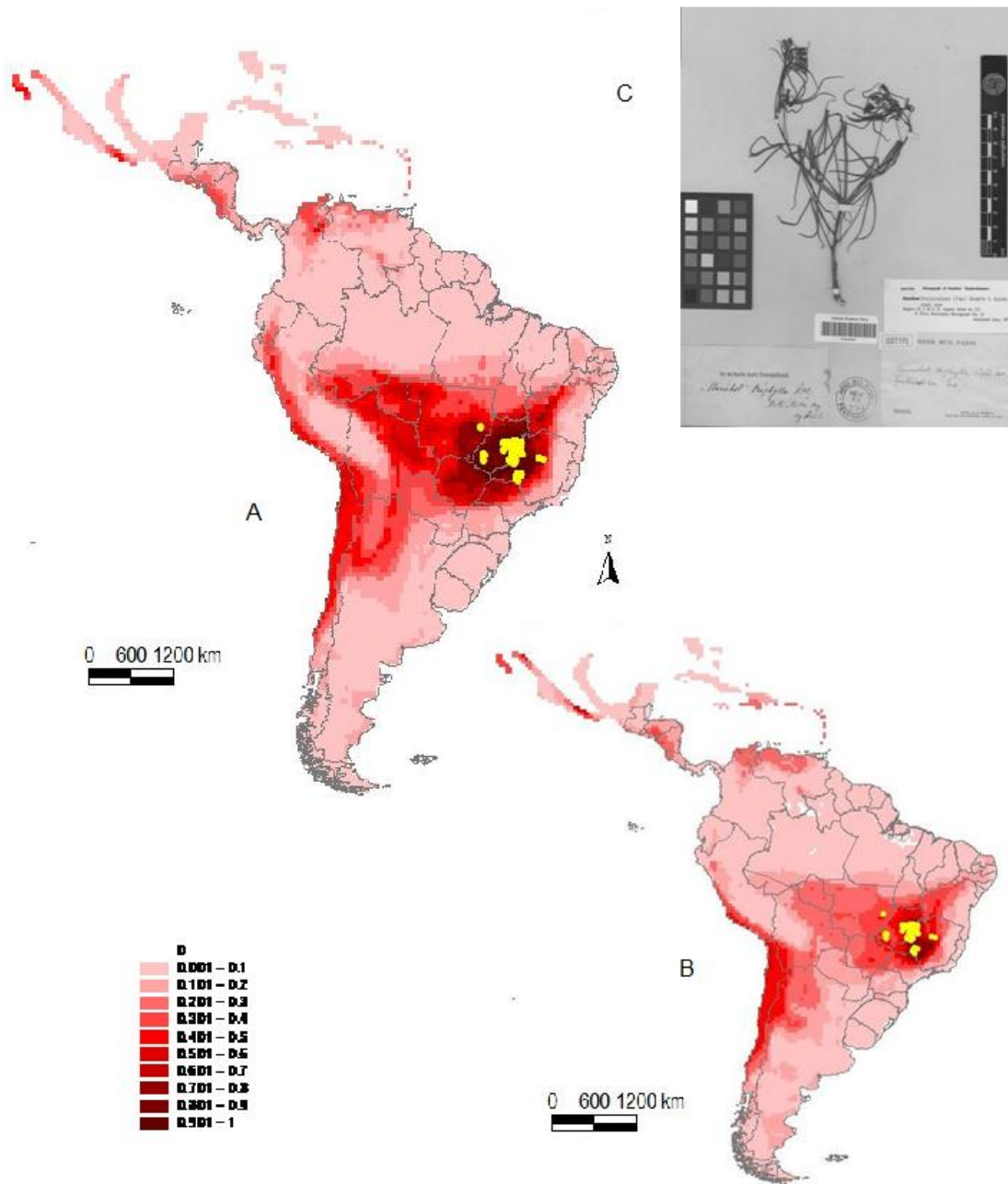


Figura 5. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot fruticulosa* (Pax) D.J. Rogers & Appan, considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsiccata ilustrativa mostrando o ramo da espécie(C).

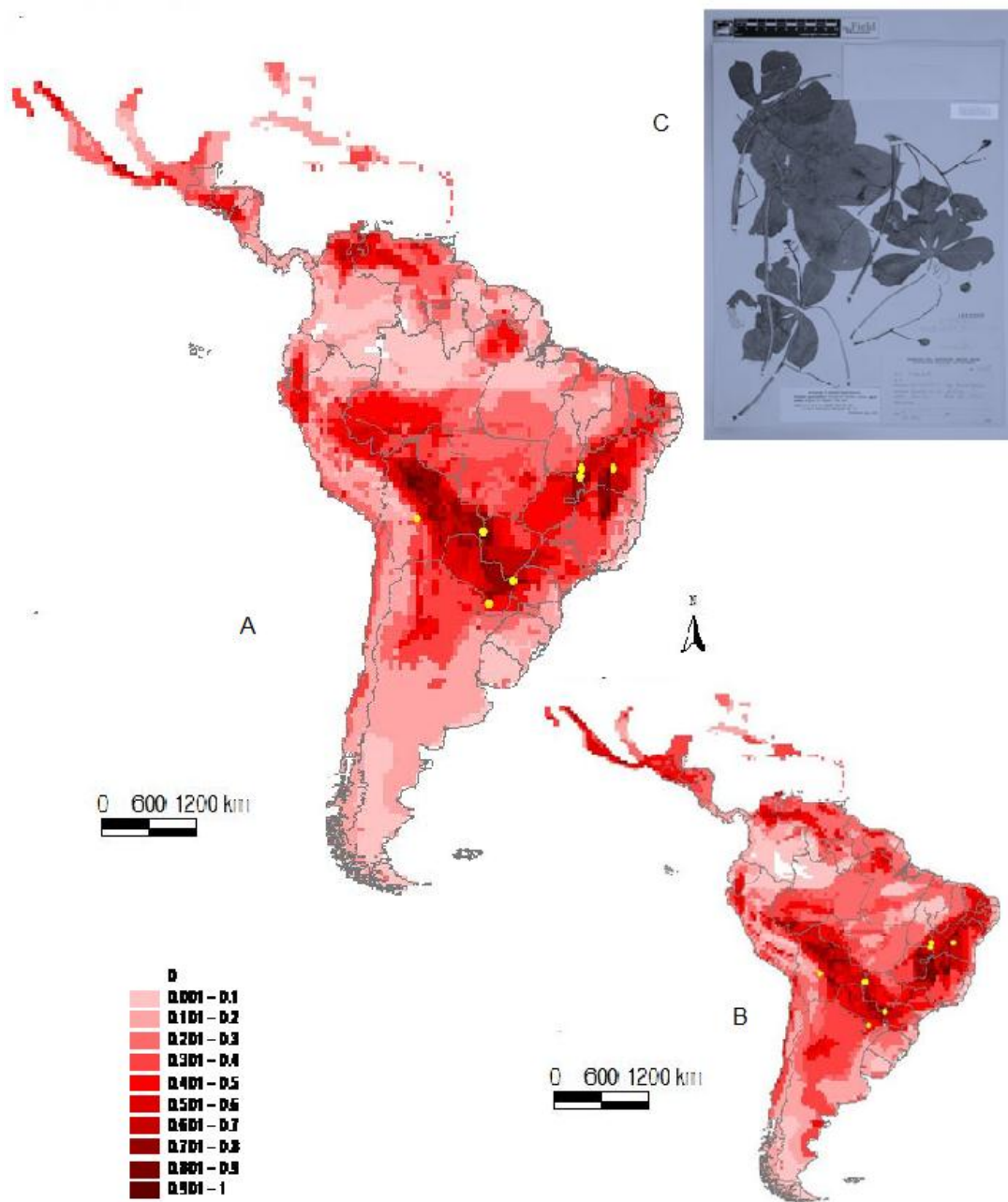


Figura 6. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot guaranitica* Chodat & Hassl, considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsicata ilustrativa mostrando o ramo da espécie(C).

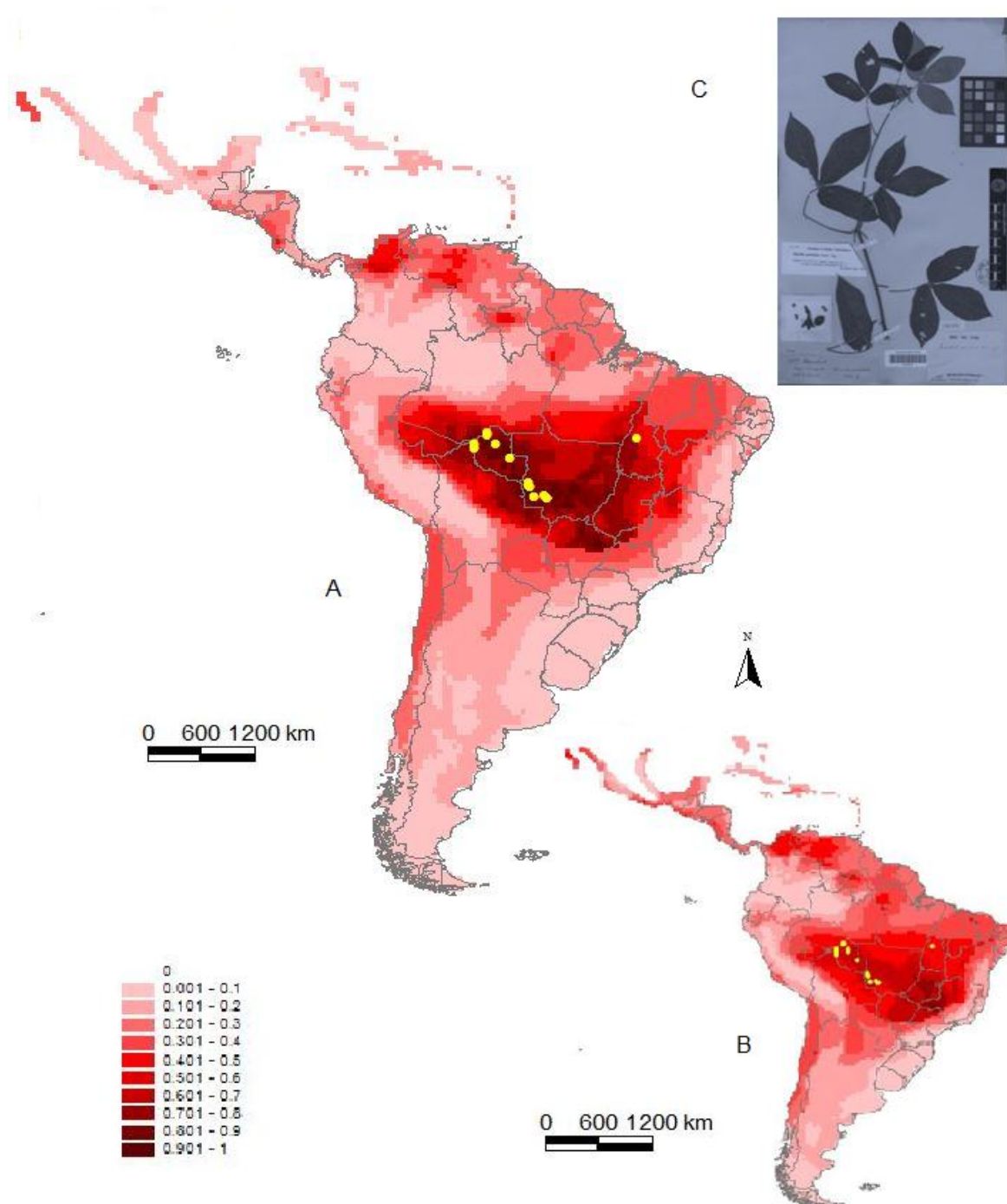


Figura 7. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot peruviana* Müll. Arg., considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsiccata ilustrativa mostrando o ramo da espécie (C).

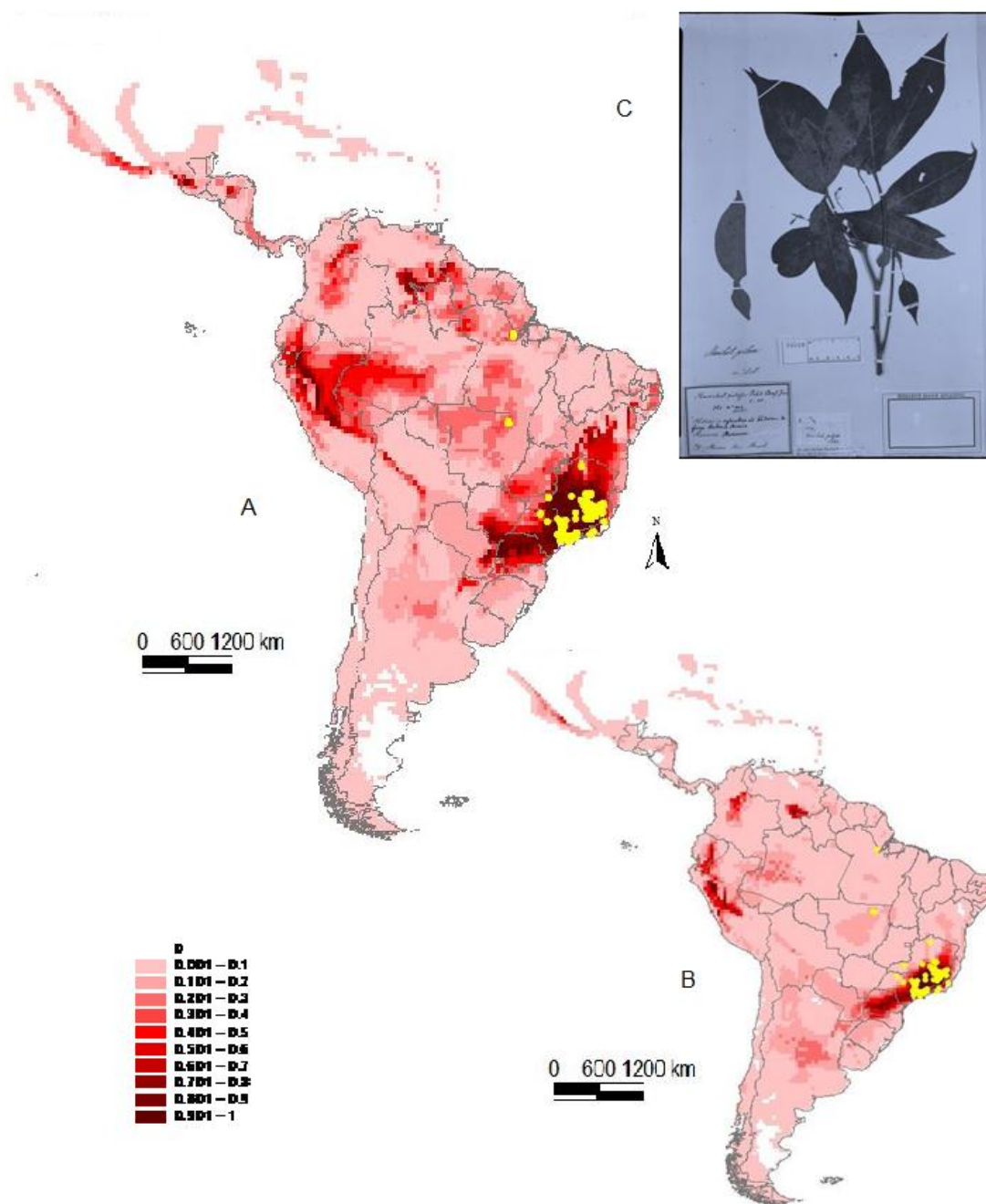


Figura 8. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot pilosa* Pohl., considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsicata ilustrativa mostrando o ramo da espécie(C).

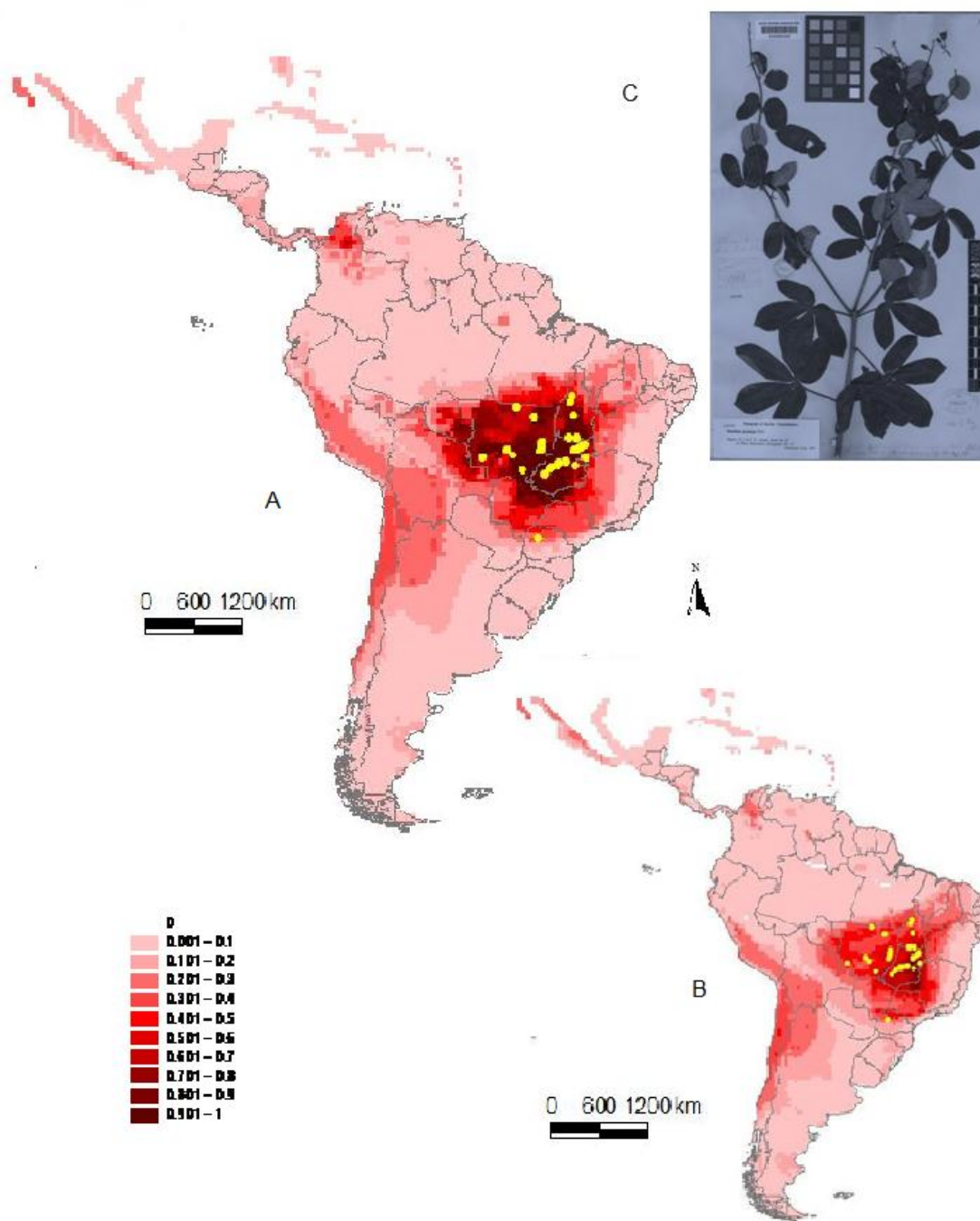


Figura 9. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot pruinosa* Pohl., considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsicata ilustrativa mostrando o ramo da espécie (C).

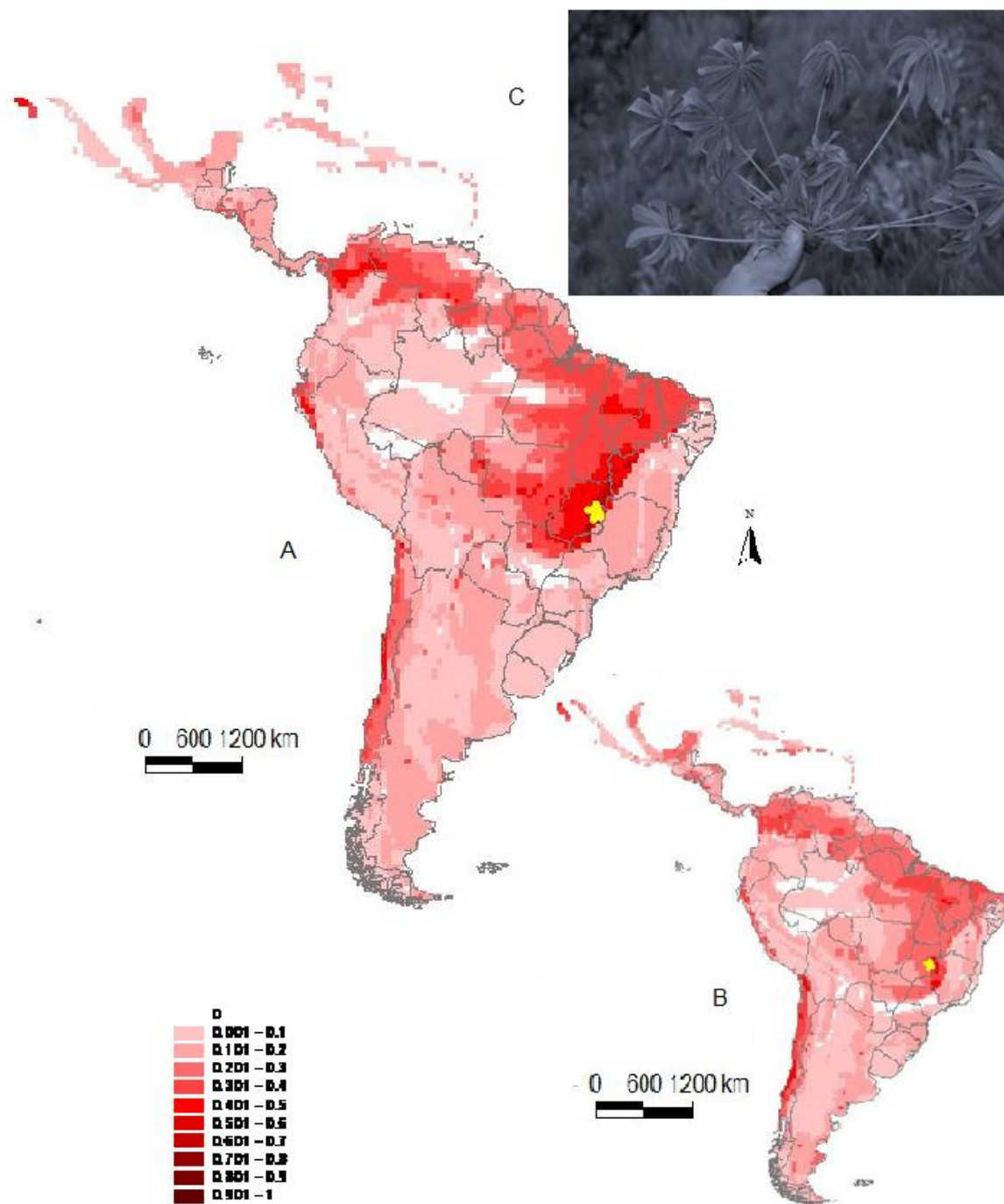


Figura 10. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot pusila* Pohl., considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsicata ilustrativa mostrando o ramo da espécie(C).

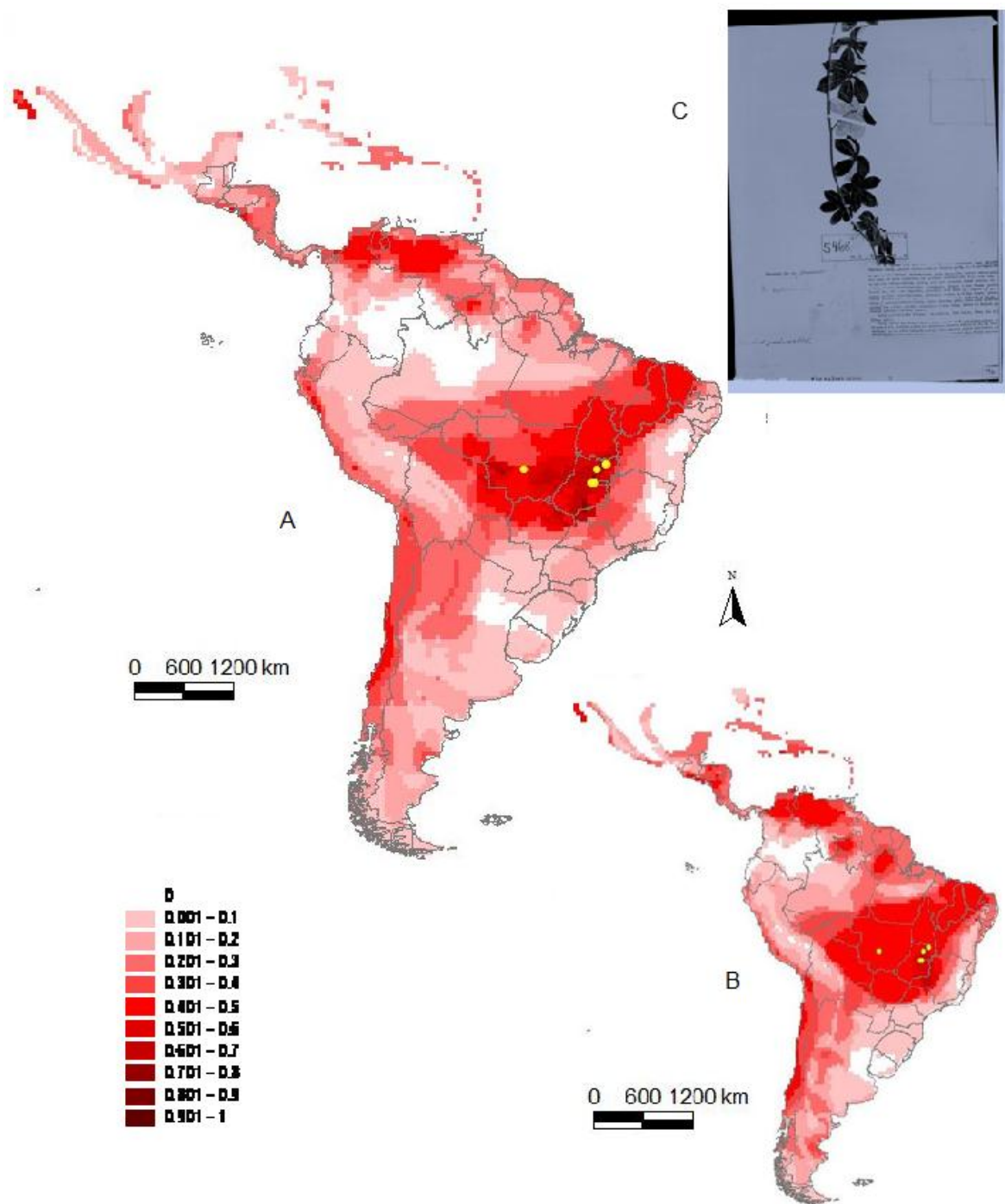


Figura 11. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot reptans* Pax., considerando cenário climático atual (A), o 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsicata ilustrativa mostrando o ramo espécie (C).

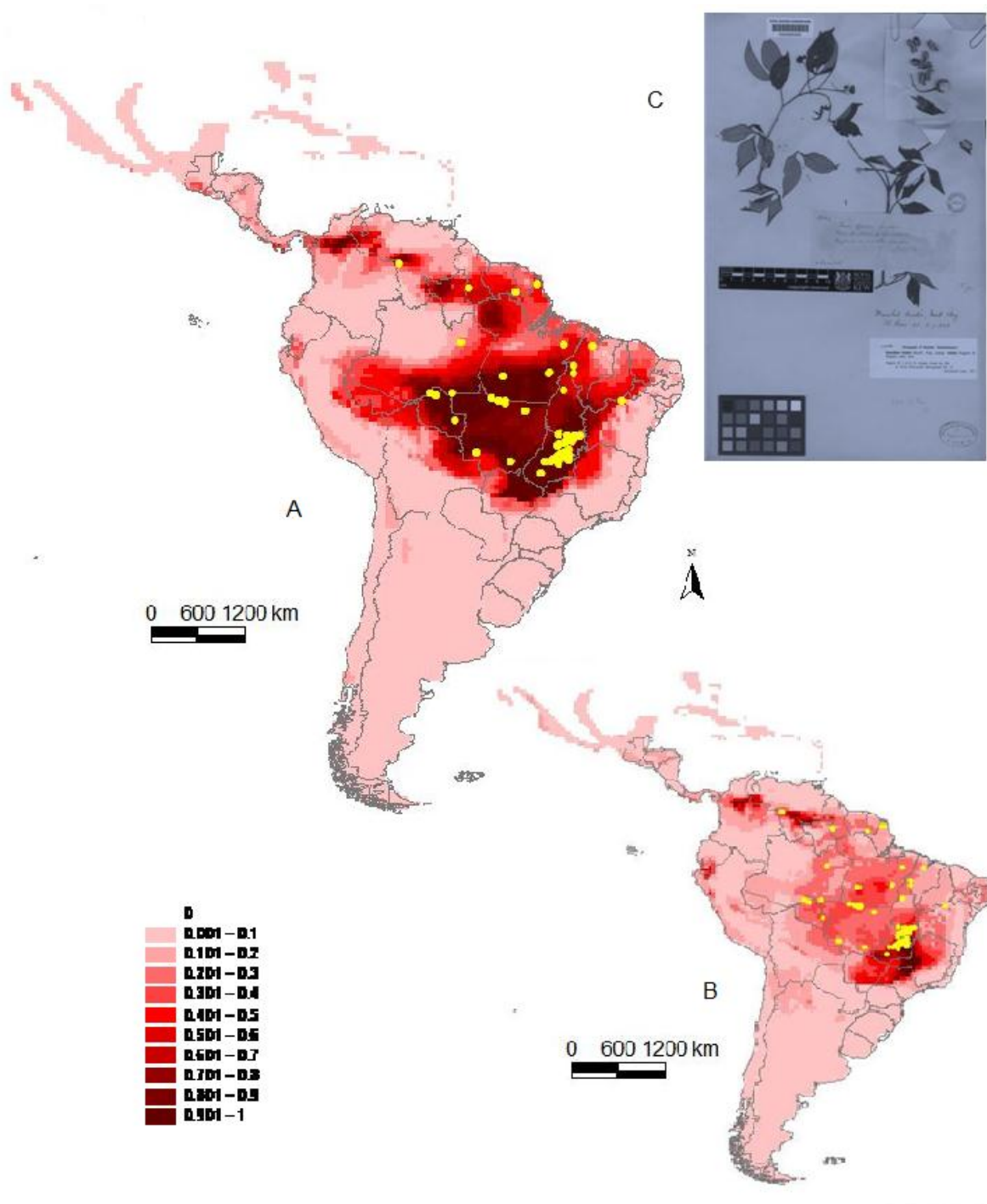


Figura 12. Mapa de distribuição geográfica potencial de *Manihot tristis* Müll. Arg., considerando cenário climático atual (A), futuro 2080 (B), evidenciando as regiões de ocorrência potencial (valores positivos cor escura e valores negativos cor clara) e exsicata ilustrativa mostrando o ramo da espécie (C).

Outra disjunção importante foi observada por *M. pilosa*, espécie comum em florestas estacionais da região Sudeste do Brasil, nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 8). A probabilidade de ocorrência dessa espécie na região Andina deve ser avaliada *in loco*, pois pode fornecer dados importantes para sua conservação e taxonomia. As espécies registradas para essa região, destacadamente *M. leptophylla* Müll. Arg. sobre a qual existem poucas informações, assemelha-se à *M. pilosa* (Figura 8) e pode se constituir uma subespécie desta. *Manihot pilosa* (Figura 8) e *M. tristis* Mull. Arg. (Figura 12) são semelhantes morfológicamente, porém nesse trabalho observa-se uma distribuição divergente entre elas. Diferenças como o formato dos botões estaminados (bifusiforme em *M. pilosa* e ovóide em *M. tristis*) contribuem para o seu reconhecimento como espécies distintas (ALLEM, 1978).

Outras espécies merecem destaque por apresentarem probabilidade de ocorrência e morfologia semelhantes que podem conduzi-las à sinonimização. Esse é o caso para *M. flabellifolia* e *M. tristis* (Figuras 3 e 12), e *M. guaranitica* (Figura 6) e *M. carthagenensis* subsp. *glaziovii* (Müll. Arg.) Allem, essa última pertencente ao pool gênico secundário da mandioca (ALLEM, 2002).

O modelo de distribuição de *M. fruticulosa* (Figura 5), confirmou os dados de ocorrência encontrados por Cordeiro et al. (2016), na região Sudeste em Minas Gerais e Centro Oeste no estado de Goiás. Baseado na “Lista de Espécies da Flora do Brasil”, essa espécie não apresenta ocorrência no Estado de São Paulo (CORDEIRO et al., 2016). Entretanto, Orlandini e Lima (2014), citam a ocorrência de *M. fruticulosa* no estado de São Paulo, no município de Pedregulho, ocorrendo em afloramentos rochosos e áreas com solo pedregoso.

Além das espécies já citadas, a validação dos dados de distribuição obtidos a partir dos dados pretéritos pode contribuir ainda para a alteração do status de conservação das espécies *M. fruticulosa* e *M. pusilla* (Figuras 5 e 10), que possuem distribuição restrita. Os mapas de distribuição sugerem a possibilidade da ampliação da distribuição destas espécies, o que, principalmente para *M. pusilla* (Figura 10) contribui substancialmente para a alteração do seu status.

O modelo de distribuição da espécie *M. pruinosa* (Figura 9) demonstra ponto de ocorrência na região Norte no estado do Tocantins e na região Centro-Oeste em Goiás e Mato Grosso e no Paraná. Na região do Mato Grosso do Sul apareceram apenas manchas de probabilidades de ocorrência. Entretanto,

Cordeiro et al. (2014), confirmou ocorrência nessas regiões citadas, com exceção da região do Paraná. Esse novo ponto de ocorrência no Paraná já pode contribuir para conservação dessa espécie.

Manihot reptans apresentou ponto de ocorrência na região de Goiás e Mato Grosso (Figura 11), ampliando assim a distribuição geográfica dessa espécie cuja distribuição era restrita ao norte de Minas Gerais, nas proximidades de Goiás (ROGERS e APPAN, 1973). Entretanto, Nassar (2002; 2003a) descobriu que *M. reptans* se encontrava na maior parte do estado de Goiás (Goiás velho e Corumbá de Goiás), com facilidade de adaptar-se a diferentes tipos de solo e que através da sua variação genética e hibridação interespecífica houve a expansão da sua distribuição, principalmente com a ocorrência da hibridação natural com *M. alutacea* D. J. Rogers & Appan, que não foi selecionada nesse trabalho. Nassar (2003b) separou essas espécies taxonomicamente com base em estudos morfológicos.

Os dados aqui apresentados somados a dados moleculares podem elucidar a taxonomia desse complexo de espécies e alterar significativamente o entendimento sobre a real situação do seu estado de conservação.

Os mapas de distribuição potencial das espécies considerando cenário climático futuro (2080) demonstraram redução nas manchas de probabilidade de ocorrência, de forma a colocar as espécies em risco de extinção (Figuras 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 9B, 10B, 11B, 12B). Observa-se que o mapa de distribuição de *M. pilosa* houve uma redução bem acentuada (Figura 8B), sendo preocupante a erosão genética dessa espécie. Uma forma de minimizar a erosão genética dessas espécies é dando continuidade aos trabalhos de levantamento em campo, realizando coletas, introduzindo-as nos Bancos de Germoplasma contribuindo assim com a sua conservação. Com isso, denota-se a importância de acumular informações a respeito da distribuição geográfica dessas espécies.

O *status* de conservação atual dessas espécies com base nos dados desse trabalho se encontra na Tabela 3. Segundo os critérios da IUCN (WALTER; GILLET, 1998), o *status* de conservação das espécies estava categorizados como Vulnerável, Criticamente em Perigo, Perigo, Indeterminado e algumas não participavam da relação de espécies ameaçadas. Porém, o *status* de conservação atual mostra uma preocupação em que as espécies que não faziam parte da lista

de ameaçadas estão categorizadas em Perigo segundo a área de ocupação (Tabela 3).

Considerando o *status* de conservação da IUCN (WALTER e GILLET, 1998), as espécies *M. flemingiana*, *M. fruticulosa*, *M. guaranitica*, *M. pusilla*, *M. reptans* e *M. tristis* se encontram na lista de espécies ameaçadas (Tabela 3). Entretanto, nenhuma dessas espécies aparece na Lista Vermelha da Flora do Brasil (MARTINELLI; MORAES, 2013). No *status* de conservação atual todas as espécies desse estudo são categorizadas em Perigo segundo sua área de ocupação. Quanto à extensão de ocorrência atual somente a *M. pusilla* se encontra em perigo. As demais foram categorizadas como Pouco Preocupante (Tabela 3).

Diante disso, existe a necessidade de continuar com a realização desses levantamentos de ocorrência das espécies silvestres de *Manihot*, contribuindo na sua conservação e favorecendo aos programas de recursos genéticos.

Tabela 3. Avaliação do 'status' de conservação atual das espécies e subespécies baseado nos dados de registro de ocorrência e comparação com outras listas de espécies ameaçadas.

Espécie	Status IUCN (Walter; Gillett, 1998)	Lista Vermelha da Flora do Brasil (Martinelli; Moraes, 2013)	Status segundo Extensão de Ocorrência	Status segundo Área de Ocupação
<i>Manihot brachyloba</i> Müll. Arg.	S	S	LC	EN
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>flabellifolia</i> (Pohl) Ciferri	S	S	LC	EN
<i>Manihot flemingiana</i> D.J. Rogers & Appan	CR	S	LC	EN
<i>Manihot fruticulosa</i> (Pax) D.J. Rogers & Appan	EN	S	LC	EN
<i>Manihot guaranitica</i> Chodat & Hassl.	VU	S	LC	EN
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>peruviana</i> Müll. Arg.	I	S	LC	EN
<i>Manihot pilosa</i> Pohl	S	S	LC	EN
<i>Manihot pruinosa</i> Pohl	S	S	LC	EN
<i>Manihot pusilla</i> Pohl	CR /VU	S	EN	EN
<i>Manihot reptans</i> Pax	EN	S	LC	EN
<i>Manihot tristis</i> Müll. Arg.	VU	S	LC	EN

Criticamente em perigo (CR- tipicamente cinco ou menos ocorrências ou 1.000 ou menos indivíduos); **Perigo** (EN- tipicamente seis a vinte ocorrências ou 1.000 - 3.000 indivíduos); **Vulnerável** (VU-rara, tipicamente 21 a 100 ocorrências ou 3.000 a 10.000 indivíduos); **Indeterminado** (I- indeterminado); **Não se encontra na lista de espécies ameaçadas** (S); **Pouco preocupante** (LC).

CONCLUSÕES

Foi possível obter modelos de distribuição geográfica das espécies silvestres de *Manihot* contribuindo com a conservação e taxonomia.

Os mapas de distribuição das espécies sugerem a possibilidade da ampliação da distribuição destas espécies, em locais antes não previstos, contribuindo substancialmente para a alteração do seu status de conservação.

Existe a necessidade de continuar com a realização desses levantamentos de ocorrência das espécies silvestres de *Manihot*, para aumentar a probabilidade de acerto dos modelos, contribuindo com a conservação da espécie, principalmente para as que se encontram em extinção, favorecendo assim aos Programas de Conservação dos Recursos Genéticos das espécies.

Houve redução nas manchas de probabilidade de ocorrência no cenário climático futuro (2080), sendo necessário realizar coletas dessas espécies e mantê-las no Banco de germoplasma, com o intuito de evitar a erosão genética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEM, A. C. Notas taxonômicas e novos sinônimos em espécies de *Manihot* – II (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 38, n. 3, p. 721-726, 1978.

ALLEM, A. C. The origin of *Manihot esculenta* crantz (Euphorbiaceae). **Genetic Resources and Crop evolution**, Dordrecht, v. 41, p. 133-150, 1994.

ALLEM, A. C.; MENDES, R. A.; SALOMÃO, A. N.; BURLE, M. L. The primary gene pool of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta*-, Euphorbiaceae). **Euphytica**, v. 120, p. 127–132, 2001.

ALLEM, A. C. Cassava: biology, product and utilization. In Hillocks, R.J.; Thresh, J.M. & Bellotti, A.C. (Eds.). **The origins and taxonomy of Cassava**. University of Greenwich, UK: Natural Resources Institute. p.1-16. 2002.

BROWN, J. H. **Macroecology**, Chicago, University of Chicago Press, 1995. 290p.
CORDEIRO, I.; SECCO, R.; SILVA, M. J. DA; SODRÉ, R. C.; MARTINS, M. L. L. 2014. *Manihot* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB36149>>. Acesso em: 18 Jan. 2016

CORDEIRO, I.; SECCO, R.; SILVA, M. J. DA.; SODRÉ, R. C.; MARTINS, M. L. L. 2016. *Manihot* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB017591>> Acesso em: 09 jan.2016).

CRIA. **Centro de Referência Informação Ambiental**. Disponível em:<[http://www.cria.org.br/.](http://www.cria.org.br/)>. Acesso em: 20 agos. 2014.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M.; RANGEL, T. F.; LOYOLA, R. D.; HOF, C.; NOGUE'S-BRAVO, D.; ARAÚJO, M. B. Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. **Ecography**, v. 32, p. 897–906, 2009.

DUPUTIÉ, A.; SALICK, J.; MCKEY, D. Evolutionary biogeography of *Manihot* (Euphorbiaceae), a rapidly radiating Neotropical genus restricted to dry environments. **Journal of Biogeography**, v. 1, p. 1–11, 2011.

ELITH, J.; LEATHWICK, J. R. Species distribution models:ecological explanation and prediction across space and time. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 40, p. 677–697, 2009.

ELITH, J.; KEARNEY, M.; PHILLIPS, S. The art of modeling range-shifting species. **Methods in Ecology and Evolution**, v.1, p. 330–34, 2011.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. 2014. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

FRANKLIN, J. **Mapping species distribution: spatial inference and prediction**. Cambridge University Press, Cambridge. 2009.

FUNK, V.; HOLLOWELL, T.; BERRY, P.; KELLOFF, C.; ALEXANDER, S. N. **Checklist of the Plants of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolivar, Delta Amacuro; Guyana, Suriname, French Guiana)**. Contributions from the United States National Herbarium, v. 55, p. 1-584, 2007.

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modeling**, v. 135, p. 147-186, 2000.

GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v. 8, n. 9, p. 993–1009, 2005.

HAYSON, H. R.; CHAN, T. L.; HUGHS, M. Phylogenetic relationships of *Manihot* species revealed by restriction fragment length polymorphism. **Euphytica**, v. 76, p. 227-234, 1994.

IUCN. 2001. **IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1**. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. Disponível em:<http://www.iucnredlist.org/documents/2001RedListCats_Crit_Portugu%C3%AAs.pdf>. Acesso em: 16 maio 2016.

IUCN 2016. **Guidelines for using the IUCN red list categories and criteria**, ver. 1.1. Disponível em:<<http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2016.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; LOBO J. M.; HORTAL, J. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modeling. **Diversity and Distributions**, v. 14, p. 885–890, 2008.

LEDO, C. A. S.; SILVEIRA, T. C.; CARVALHO, P. C. L.; MARTINS, M. L. L.; TAVARES-FILHO, L. F. Q. **Coleta e conservação de germoplasma de espécies silvestres de *Manihot* no estado da Bahia para ampliação da coleção de trabalho da Embrapa Mandioca e Fruticultura**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico 146. 5p).

LÉOTARD, G.; DUPUTIÉ A.; KJELLBERG F.; DOUZERY E. J. P.; DEBAIN C.; DE GRANVILLE J. J.; MCKEY D. Phylogeography and the origin of cassava: new insights from the northern rim of the Amazonian basin. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v. 53, n. 1, p. 329-334, 2009.

LIMA-RIBEIRO, M. S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. **Modelos Ecológicos e a Extinção da Megafauna: Clima e Homem na América do Sul**. São Carlos: Editora Cubo, 2013. 155p.

MARCHIORETTO, M. S.; WINDISCH, P. G.; SIQUEIRA, J. C DE. Padrões de distribuição geográfica das espécies de *Froelichia Moench* e *Froelichiella R.E. Fries* (Amaranthaceae) no Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 149-159, 2004.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100p.

MARTINS, M. L. L.; CARVALHO, P. C. L.; AMORIM, A. M. A . A remarkable *Manihot* (Euphorbiaceae) from the coastal sand plains of Sergipe, Brazil. **Phytotaxa**, v. 32, p. 57–60, 2011.

MARTINS, M. L. L. **Avanços taxonômicos em *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) do Brasil**. 2013. 175 f. Dissertação de Doutorado - Universidade estadual de Feira de Santana. 2013.

MARTINS, M. L. L.; CARVALHO, P. C. L.; LEDO, C. A. S.; AMORIM, A. M. A . What's new in *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae). **Systematic Botany**, v. 39, n. 2, p. 485–489, 2014.

NACHTERGAEL, F.; VELTHUIZEN, H. V.; VERELST, H. **Harmonized World Soil Database** (version1.1). Rome: FAO; Laxenburg: IIASA, 2009. 38p.

NASSAR, N. M. A. Cassava, *Manihot esculenta* Crantz, genetic resources: origin of the crop, its evolution and relationships with wild relatives. **Genetics Molecular Research**, v. 1, n. 4, p. 298-305, 2002.

NASSAR, N. M. A. Cassava, *Manihot esculenta* Crantz genetic resources: VI Anatomy of a diversity center. **Genetics Molecular Research**, v. 2, p. 214-222, 2003a.

NASSAR, N. M. A. Gene flow between cassava, *Manihot esculenta* Crantz, and wild relatives. **Genetics and Molecular Research**, v. 2, p. 334-347, 2003b.

NASSAR, N. M. A. Mandioca: Uma opção contra a fome estudos e lições do Brasil e do mundo. **Ciência hoje**, v. 39, n. 231, p. 31-34, 2006.

NASSAR, N. M. A.; HASHIMOTO, D. Y. C.; FERNANDES, S. D. C. Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 1, p. 16-28, 2008.

OLIVEIRA, M. M. de. **Diversidade genética em espécies silvestres e híbridos interespecíficos de *Manihot***. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2011.

OLSEN, K. M.; SCHAAL, B. A. Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta* Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. **American Journal of Botany**, Missouri, v. 88, n. 1, p. 131-142, 2001.

OLSEN, K. M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. **Plant Molecular Biology**, Zurich, v. 53, n. 4, p. 517-526, 2004.

ORLANDINI, P.; LIMA, L. R. de. Sinopse do gênero *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 41, n. 1, p. 51-60, 2014.

PETERSON, A. T.; PAPES, M.; SOBERON, J. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. **Ecological Modeling**, v. 213, p. 63–72, 2008.

PETERSON, A. T.; SOBERON, J.; PEARSON, R. G.; ANDERSON, R. P.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, M. B. **Ecological niches and geographic distributions**. Oxford, Princeton University Press, 2011. 336p.

ROGERS, D. J.; APPAN, S. G. *Manihot*, *Manihotoides* Euphorbiaceae. **Flora Neotropica**, Monograph 13. Haffer Press, New York, 1973.

SANTIKA, T. Assessing the effect of prevalence on predictive performance of species distribution models using simulated data. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, p. 181–192, 2011.

SOBERON, J.; PETERSON, A. T. Interpretation of Models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, p. 1-10, 2005.

SPECIESLINK. **Dados e ferramentas**. Disponível em: <<http://slink.cria.org.br/>>. Acesso em: 19 mai. 2014.

WALTER, K. S.; GILLETT, H. J. **1997 IUCN Red List of Threatened Plants. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre**. IUCN - The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Ixiv, 1998. 862p.

WILLIS, K. J.; ARAÚJO, M. B.; BENNETT, K. D.; FIGUEROA-RANGEL, B.; FROYD, C. A.; MYERL, N. How can a knowledge of the past help to conserve the future? Biodiversity conservation and the relevance of long-term ecological studies. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, v. 362, p. 175-186, 2007.

ARTIGO 2

HIBRIDAÇÃO ENTRE CULTIVARES DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* subsp. *esculenta*) **E SUBESPÉCIES SILVESTRES** (*M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*)²

² Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira

HIBRIDAÇÃO ENTRE CULTIVARES DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* subsp. *esculenta*) E SUBESPÉCIES SILVESTRES (*M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*)

Autora: Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO - Dentre os principais problemas decorrentes da utilização de espécies silvestres de *Manihot* em programas de melhoramento genético, citam-se a falta de sincronia nos períodos de florescimento e a dificuldade de propagação e manutenção dessas espécies no campo. O objetivo desse trabalho foi avaliar a cruzabilidade entre cultivares de mandioca e as subespécies *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Mull. Arg.) Allem. com o intuito de obter híbridos para serem trabalhadas nos programas de melhoramento genético de mandioca. Foram realizados cruzamentos envolvendo as cultivares BRS Jari, BRS Formosa, BRS Verdinha e o acesso BGM 2050 (Equador 72), pertencentes à espécie *Manihot esculenta* Crantz, e as subespécies *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*. As flores pistiladas foram cobertas conforme o reconhecimento da sua maturação e as flores estaminadas foram coletadas e acondicionadas em frascos previamente identificados, realizando a polinização sendo as flores cobertas novamente. Foram realizadas avaliações desde a polinização até a deiscência dos frutos. Foi possível o cruzamento de *M. esculenta* Crantz com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*. A *Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*, de maneira geral, são indicadas para realizar cruzamentos com as cultivares de mandioca. Houve produção satisfatória de sementes híbridas oriundas dos cruzamentos realizados entre cultivares de mandioca com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana* sendo possível desenvolver híbridos F₁ entre cultivares e parentes silvestres da mandioca (*M. esculenta*).

Palavras-chaves: Híbridos, melhoramento de plantas, polinização controlada.

HYBRIDIZATION BETWEEN CASSAVA CULTIVARS (*Manihot esculenta* subsp. *esculenta*) AND WILD SUBSPECIES (*M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*)

Author: Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Advisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

ABSTRACT - Among the main problems in the use of wild species of *Manihot* in breeding cassava programs, we have the lack of flowering synchronism and the difficulty of propagation and maintenance of these species in the field. The aim of this study was to evaluate the crossability between cassava cultivars and as subspecies *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Mull. Arg.) Allem. It was performed the cross with BRS Jari, BRS Formosa, BRS Verdinha and BGM 2050 (Equador 72), from the specie *Manihot esculenta* Crantz, and *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* and *M. esculenta* subsp. *peruviana*(. The pistillate flowers were covered with nylon bag as the recognition of their maturation. In this period the staminate flowers were collected and placed in previously identified vases. The pollinations were carried out by contact of the anthers on the stigma of the female flower. The pollinated flowers were covered again. The evaluations were performed from pollination to the dehiscence of fruit. It was possible the crossability between *M. esculenta* Crantz com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* and *M. esculenta* subsp. *peruviana*. The *Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* and *M. esculenta* subsp. *peruviana*, are more efficient to make crosses with the cassava cultivars. There was a satisfactory production of Hybrid Seeds coming from the crosses between *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* and *M. esculenta* subsp. *Peruviana*, and it was posible to develop hybrids F₁ between cultivars and wild species of *Manihot*.

Keywords: Hybrid, plant breeding, controlled pollination.

INTRODUÇÃO

Todas as espécies catalogadas do gênero *Manihot* são nativas das regiões tropicais do Novo Mundo, principalmente do Brasil e do México (NASSAR, 2002), perfazendo um pouco mais de 100 espécies (ROGERS; APPAN, 1973; CORDEIRO et al., 2014). A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é a única espécie de valor comercial do gênero e constitui uma cultura de grande importância para o mundo, alimentando em torno de 800 milhões de pessoas, principalmente em países em que o índice de desnutrição é elevado (HOWELER et al., 2013). Desde o início do século XX algumas espécies de *Manihot* foram utilizadas como fonte de látex para a produção de borracha como a *M. glaziovii* Mull. Arg. (ULE, 1907; CARVALHO, 2006).

O interesse pela mandioca tem aumentado nos trópicos devido ao seu valor econômico e social. Entretanto, a cultura apresenta limitações relacionadas à fatores bióticos (pragas e doenças) e abióticos (seca e baixa fertilidade dos solos), além de possuir elevada deterioração fisiológica pós-colheita, levando a perdas qualitativas e quantitativas (LEDO et al., 2015). Essas limitações encontradas pela cultura da mandioca podem ser amenizadas por meio de hibridações realizadas com as suas espécies silvestres.

De acordo com Nassar (2006) e Akinbo et al. (2012), as espécies silvestres de *Manihot* são fontes de alelos úteis para a *M. esculenta* subsp. *esculenta* como teor de proteína e matéria seca, resistência a insetos como à mosca branca (*Aleurotrachelus socialis* Bondar), mandarová (*Erinnyis ello* L.), resistência a doenças como bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e ao vírus do mosaico africano, enfermidade que não ocorre no Brasil. A obtenção de híbridos oriundos de cruzamentos envolvendo essas espécies silvestres é uma alternativa para os programas de melhoramento da cultura com o objetivo de desenvolver variedades melhoradas de mandioca que sejam mais resistentes a essas limitações e que expressem maior produtividade. Entretanto, para Ceballos et al. (2002), dentre os principais problemas na utilização de espécies silvestres de *Manihot* em programas de melhoramento genético da cultura, citam-se a falta de sincronia nos períodos de

florescimento, a dificuldade de propagação e manutenção dessas espécies no campo.

Hibridações naturais e artificiais ocorrem dentro do gênero, indicando que as barreiras que isolam as espécies são fracas devido à recente evolução do gênero (DUPUTIÉ et al., 2011). A hibridação é um dos métodos utilizados no melhoramento genético para aumentar a variabilidade ou transferir alelos de interesse econômico, e pode ser considerada um dos principais processos evolutivos das espécies (RIESEBERG et al., 2003). Segundo Stummel e Bosland (2006) e Judd et al. (2009) a hibridação interespecífica é fonte de novas combinações genéticas e como mecanismo de evolução das espécies, sendo de grande importância no cultivo de plantas para transferência de alelos de interesse econômico, como os de resistência a pragas e doenças. Outros autores, no entanto, vêem a hibridação como uma poderosa força evolutiva que cria oportunidades para a diversificação adaptativa e especiação em populações naturais (RIESEBERG et al., 2003).

Nassar et al. (1986) trabalhando com hibridações interespecíficas entre *M. esculenta* subsp. *esculenta* e as espécies silvestres *M. glaziovii* Muell Arg., *M. pseudoglaziovii* Pax e Hoff, *M. caerulescens* Pohl e *M. pohlii* Warwa observaram incompatibilidade entre elas. Híbridos interespecíficos de mandioca com *M. aesculifolia* (Kunth) Pohl, *M. anomala* Pohl, *M. corimbiflora* Pax & K. Hoffm, *M. dichotoma* Ule, *M. glaziovii* Müll. Arg., *M. neusana* Nassar, *M. pilosa* Pohl, *M. pohlii* Wawra e *M. pseudoglaziovii* Pax & K. Hoffm foram obtidos por meio de cruzamentos controlados, embora com baixa frequência (NASSAR, 1980; 1989; NASSAR et al., 1986). Nassar et al. (2010), estudando a compatibilidade de quatro espécies de *Manihot* em cruzamentos com *M. esculenta* observaram compatibilidade apenas entre *M. esculenta* x *M. pilosa* e *M. glaziovii*, ainda em nível baixo, obtendo, respectivamente, 1,5% e 2% de híbridos interespecíficos.

Entender a compatibilidade entre as espécies juntamente com a biologia floral facilitará realizar ações nos programas de melhoramento como no processo de hibridações.

A mandioca é considerada uma espécie alógama, podendo, entretanto, ocorrer autofecundação (FUKUDA; IGLESIAS, 2006). Apresenta protoginia, isto é, as flores pistiladas se abrem antes das flores estaminadas, e é uma espécie monóica, com flores femininas e masculinas dispostas na mesma inflorescência

(DOMÍNGUEZ et al., 1984). Entretanto acontece abertura simultânea das flores femininas e masculinas na mesma planta permitindo assim a ocorrência natural de autofecundação e a fecundação cruzada (KAWANO et al., 1978; JENNINGS; IGLESIAS, 2002).

Allem et al. (2001) propôs que a espécie cultivada (*M. esculenta* subsp. *esculenta*), *M. flabellifolia* Pohl. e *M. peruviana* Müll. Arg. passassem a constituir uma única espécie, considerando como três subespécies de *M. esculenta*. Aspectos genéticos e filogenéticos de *M. esculenta* subsp. *esculenta* e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri foram estudados por Carvalho e Schaal (2001), confirmando sua proximidade genética. Olsen (2004) e Carvalho (2005), corroboram a hipótese, levantada por Allem (1994), da origem de mandioca a partir de *M. esculenta* subsp. *flabellifolia*. Brondani (1996), estudando a similaridade genética de *M. esculenta* subsp. *flabellifolia*, *M. esculenta* subsp. *peruviana* e *M. pilosa* com *M. esculenta* subsp. *esculenta*, por meio da análise das isoenzimas, concluiu que *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana* são similares a *M. esculenta* subsp. *esculenta*, e que as mesmas poderiam ser utilizadas em cruzamentos com a *M. esculenta* subsp. *esculenta*.

Mesmo com todas essas informações das subespécies de *M. esculenta* subsp. *esculenta*, ainda existe a necessidade de estudos mais complexos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a cruzabilidade entre cultivares de mandioca e as subespécies *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Müll. Arg.) Allem. com o intuito de obter híbridos superiores ao teor de proteína, resistência a pragas como à mosca branca, mandarová e a doenças como à antracnose e à bacteriose para serem trabalhadas nos programas de melhoramento genético de mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas, BA, situada a 12°40'19" de Latitude Sul, 39°06'22" de Longitude Oeste e 220m de altitude. O clima é tropical quente e úmido, Aw a Am, segundo

classificação de Koppen, com temperaturas médias anuais de 24,5° C e umidade relativa de 80% (AGRITEMPO, 2013).

Foram realizados cruzamentos envolvendo os seguintes genótipos de *Manihot esculenta* subsp. *esculenta*: BRS Jari, BRS Formosa, BRS Verdinha, BGM 2050 (Equador 72) e acessos das subespécies, *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Mull. Arg.) Allem (Tabela 1). Essas subespécies foram selecionadas por fazerem parte do conjunto gênico primário do gênero *Manihot* (ALLEM et al., 2001) e por já terem apresentados maiores percentagens na produção de sementes, em cruzamentos controlados no período de 2007 a 2011 pela Embrapa Mandioca e Fruticultura juntamente com outras espécies do gênero (LEDO et al., 2015). Os cruzamentos recíprocos foram realizados somente entre *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* com BRS Jari e BRS Formosa.

Os cruzamentos controlados foram realizados no período de outubro a dezembro de 2012, não sendo realizadas no período de outono e inverno por apresentarem baixa taxa de florescimento e/ou não florescimento, além da ocorrência de alguns fatores bióticos que interferem no desenvolvimento do grão de pólen, dificultando sua fertilidade e afetando os cruzamentos dos genótipos. O ataque da mosca (*Teleocoma crassipes*) aos brotos nesse período pode ser um dos fatores que impede o florescimento, dificultando os cruzamentos nessa época (GRANER, 1942).

Para a técnica de hibridação, as flores pistilidas foram cobertas com saco de pano tipo voal, mediante o reconhecimento da sua maturação, fazendo a emasculação, ou seja, eliminação das flores estaminadas da mesma inflorescência, para evitar a autofecundação. Percebeu-se que a flor atingiu a maturação quando o seu tamanho e coloração se alterou em relação às outras flores da inflorescência, além de conter também em seu interior uma gotícula de néctar. As flores estaminadas foram coletadas e acondicionadas em frascos previamente identificados e desinfetados com álcool. Para algumas polinizações houve necessidade de armazenar o grão de pólen por no máximo uma hora. Para o reconhecimento da maturação das flores estaminadas, também observou-se mudança na sua coloração, tamanho e uma gotícula de néctar em seu interior (FUKUDA; IGLESIAS, 2006).

Tabela 1. Cultivares de *Manihot esculenta* subsp. *esculenta* e suas subespécies utilizados na polinização controlada em 2012, Cruz das Almas, Bahia. Brasil.

Cultivares de mandioca (<i>M. esculenta</i> subsp. <i>esculenta</i>)
BRS Jari
BRS Formosa
BGM 2050 (Equador 72)
BRS Verdinha
Subespécies de <i>M. esculenta</i> subsp. <i>esculenta</i>
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>flabellifolia</i> (Pohl) Ciferri.
<i>Manihot esculenta</i> subsp. <i>peruviana</i> (Mull. Arg.) Allem.

As polinizações foram realizadas por meio do contato das anteras da flor estaminada sobre o estigma da flor pistilada. Os cruzamentos foram feitos no período do dia em que a incidência solar foi maior, de 10 às 14 horas. Esse horário está relacionado com a antese floral da mandioca e as espécies silvestres de *Manihot*, que ocorre em período do dia em que a temperatura é mais elevada e a umidade do ambiente diminui, momento em que ocorre a abertura da flor pistilada, e os estigmas encontram-se mais receptivos (VIEIRA et al., 2013).

As flores polinizadas foram cobertas novamente e previamente identificadas com os nomes dos seus parentais e a data de cruzamento. Para detectar a ocorrência da fertilização, observou-se mudanças na coloração do estigma e ovário desenvolvido de três a cinco dias após a realização da polinização cruzada. Foram registrados, desde a polinização até a deiscência do fruto, os acessos que estavam sendo utilizadas como parental feminino (flor pistilada) e como parental masculino (flor estaminada), número de flores cruzadas e frutos desenvolvidos. Foram calculadas as seguintes variáveis: frequências absoluta e relativa do número de flores polinizadas, flores fertilizadas, frutos desenvolvidos, sementes produzidas e deiscência dos frutos. Para a comparação das médias entre as duas subespécies foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na abertura das flores observou-se que tanto as subespécies quanto as cultivares de mandioca apresentam protoginia, ou seja, flores pistiladas se abrem antes das flores estaminadas, confirmando os dados de Nolasco (2011) e Vieira et al. (2013).

Na Tabela 2 é apresentada uma síntese dos resultados obtidos dos cruzamentos entre as subespécies *Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Müll. Arg.) Allem e cultivares de *M. esculenta* subsp. *esculenta*.

Foram realizados 2.114 cruzamentos controlados, dos quais as subespécies silvestres participaram como parental masculino em 1.936 (Tabela 2). Essa predominância foi devida à maior quantidade de grãos de pólen e a dificuldade de sincronia de florescimento, resultando em uma grande discrepância no número de flores polinizadas. Vieira et al. (2012) registraram maior produção de grãos de pólen nas espécies silvestres de *Manihot* do que nas variedades comerciais de mandioca. Dificuldade de sincronia de florescimento e discrepância no número de flores polinizadas foi descrita por Vieira et al. (2013).

Cruzamentos recíprocos foram realizados apenas com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* x BRS Formosa e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* x BRS Jari (Tabela 2). Não foram realizados cruzamentos de *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* como parental feminino com BRS Verdinha e com BGM 2050 (Equador 72) e de *M. esculenta* subsp. *peruviana* com as quatro cultivares trabalhadas devido à dificuldade de sincronia de florescimento, já que as flores femininas abrem em torno de 10 dias antes das flores masculinas na mesma inflorescência (FUKUDA; IGLESIAS, 2006; HALSEY et al., 2008) o que dificulta realizar a polinização controlada, levando à uma discrepância no número de flores polinizadas entre elas.

Tabela 2. Frequências absolutas e relativas de flores polinizadas, flores fertilizadas, frutos desenvolvidos, sementes produzidas e deiscência dos frutos em dias (DF), em cruzamentos controlados entre *Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri (FLA) e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Müll. Arg.) Allem (PER) com cultivares de *M. esculenta* subsp. *esculenta*.

Cruzamentos		Flores Polinizadas	Flores Fertilizadas	Frutos Desenvolvidos	Sementes Produzidas	DF
Parental Feminino	Parental Masculino					
FLA	BRS Formosa	35	0 ¹ (0,00 ²)	0 ¹ (0,00 ³)	0 ¹ (0,00 ⁴)(0,00 ⁵)	0 ⁶
BRS Formosa	FLA	459	187(40,74)	161(86,10)	301(93,5)(32,80)	67
FLA	BRS Jari	143	31(21,68)	9(29,03)	11(61,11)(3,84)	72
BRS Jari	FLA	200	60(30,00)	18(30,00)	25(69,44)(6,25)	73
BRS Jari	PER	67	24(35,82)	6(25,00)	9(75,00)(6,71)	56
BRS Formosa	PER	262	167(63,74)	120(71,86)	191(79,58)(36,45)	74
BGM 2050 (Equador 72)	FLA	66	17(25,76)	3(17,65)	5(83,30)(3,79)	76
BGM 2050 (Equador 72)	PER	134	65(48,51)	24(36,92)	48(100,00)(17,91)	91
BRS Verdinha	FLA	675	206(30,52)	131(63,59)	169(64,50)(12,51)	50
BRS Verdinha	PER	73	47(64,38)	32(68,09)	54(84,37)(36,99)	73
Total		2114	804(38)	504(62,69)	813(80,65)(19,23)	

¹Frequência absoluta. ²Frequência relativa calculada em função do número de flores polinizadas. ³Frequência relativa calculada em função do número de flores fertilizadas. ⁴Frequência relativa calculada considerando duas sementes produzidas por fruto desenvolvido. ⁵Frequência relativa calculada considerando duas sementes formadas por flor polinizada. ⁶Número médio de dias para deiscência do fruto.

Os cruzamentos recíprocos entre *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* x BRS Formosa e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* x BRS Jari, apresentaram comportamentos distintos. Quando *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* foi empregada como parental feminino no cruzamento com BRS Formosa, não houve fertilização. Esses resultados podem ter sido influenciados pela presença da macho esterilidade e a incompatibilidade que ocorre entre as espécies. Entretanto, quando *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* se comportou como parental masculino, obteve-se um percentual de 40,74% de flores fertilizadas, com 301 sementes, podendo está relacionado a maior quantidade de grão de pólen encontrados nas espécies silvestres de *Manihot*, além de apresentarem maior viabilidade polínica, quando comparados com as cultivadas (VIEIRA et al., 2012). Nassar (1980), trabalhando com híbridos interespecíficos entre espécies silvestres de *Manihot* e genótipos de *M. esculenta* subsp. *esculenta* observou que as espécies silvestres como parental masculino são mais promissores.

Em relação aos cruzamentos recíprocos entre a cultivar BRS Jari e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* obteve-se flores fertilizadas e um bom percentual de produção de sementes para a quantidade de frutos desenvolvidos (Tabela 2). Baseado nos cruzamentos recíprocos de *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* x BRS Formosa e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* x BRS Jari, *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* apresentou resultados superiores como parental masculino (Tabela 2), corroborando o que foi observado por Nassar (1980) e Ledo et al. (2015).

Do total das flores polinizadas, 38% foram fertilizadas (Tabela 2). A taxa de fertilização encontrada nesse estudo pode ter sido influenciada pela baixa viabilidade do grão de pólen devido ao armazenamento em condição ambiente a que foi submetido para realização de determinados cruzamentos em função da dificuldade de sincronia de florescimento. Geralmente, as taxas de fertilização dos cruzamentos são baixas, necessitando-se de uma grande quantidade de pólen viável, que permita a realização de vários cruzamentos com os mesmos parentais para uma maior produção de sementes (NASSAR et al., 1986; NASSAR, 2003). Segundo Vieira et al. (2011) estudando a longevidade dos grãos de pólen de acessos de *M. esculenta* subsp. *esculenta*, observaram que o maior percentual de grãos de pólen viável ocorreu em cruzamentos em que foram utilizados na antese, diminuindo em 20% a viabilidade após 1 h de armazenamento à temperatura ambiente e após 24 h a perda total da viabilidade do grão de pólen.

Outro fator decisivo na taxa de fertilização e no sucesso da hibridação é a receptividade do estigma. Segundo Asiedu et al. (1994) existe uma variação na antese das espécies de *Manihot*. Tiago et al. (2014) trabalhando com três variedades de *M. esculenta* subsp. *esculenta* na avaliação da receptividade do estigma utilizando o método com solução de peróxido de hidrogênio 3% obtiveram estigmas receptivos em todos os estádios florais avaliados. Entretanto, a maior receptividade foi na pré-antese sugerindo ser esse como o momento mais indicado para a realização de hibridação artificial. Porém, esse método não é tão confiável, pois qualquer dano no tecido pode levar a falsos positivos, conforme foi relatado por Dafni e Maués (1998). Dessa forma, o conhecimento da biologia floral da espécie, assim como da maturidade do gameta feminino e viabilidade do grão de pólen contribuirá para melhores taxas de fertilização.

Quando as subespécies foram utilizadas como parental feminino obtiveram taxas de 0% e 21,6% para os cruzamentos entre *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* x BRS Formosa e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* x BRS Jari, respectivamente (Tabela 2). Vieira et al. (2013) realizando hibridação de *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* com *M. esculenta* subsp. *esculenta* (Col1725, Paraná, PER334, TN260, Aipim Bravo, Abóbora, Aipim Rosa e Saracura) encontraram taxas de fertilização, entre 17% (FLA005-04 x Col 1725) e 92% (FLA029V x Abóbora) com média de 47%, sendo que a maioria dos cruzamentos a espécie *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* foi utilizada como parental feminino, e em três cruzamentos (Paraná x FLA005-03, PER334 x FLA005-02 e TN260 x FLA005-03) houve a necessidade de utilizá-la como parental masculino, devido a não sincronização de florescimento com as variedades de *M. esculenta* subsp. *esculenta*.

Segundo Bolhuis (1967) a *M. esculenta* subsp. *esculenta* pode ser cruzada com várias de suas espécies silvestres, obtendo-se melhores resultados quando a *M. esculenta* subsp. *esculenta* é empregada como parental feminino. Nassar et al. (1986) estudando hibridação entre a mandioca com *M. pseudoglaziovii*, *M. caerulescens* e *M. pohlii*, obtiveram formação de sementes somente quando se usou *M. pohlii* como parental feminino obtendo uma taxa de fertilização baixa (0,09%). No entanto, as maiores taxas de fertilização nesse estudo foram encontradas quando cruzadas *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* como parental masculino, o que pode estar relacionado com as quantidades e tamanhos de grãos de pólen encontrados nessa subespécie. Essas percentagens de

fertilização dos cruzamentos pode chegar a 100% com espécies que fazem parte do pool gênico primário de *Manihot* e ficar entre 30 e 90%, com espécies do pool gênico secundário (OJULONG et al., 2008).

Dos 2.114 cruzamentos realizados esperava-se obter 4.228 sementes, considerando duas sementes por fruto desenvolvido (Tabela 3). Entretanto, dos 504 frutos que se desenvolveram (23,84% do esperado) foram produzidas 816 sementes, correspondendo a 1,62 sementes por fruto (Tabela 3). Para alguns autores (ALLEM 1987, 1994, 1999; BRONDANI, 1996; CARVALHO et al., 2000; ALLEM et al., 2001; OLSEN; SCHALL, 2001; OLSEN, 2004; CARVALHO, 2005; DUPUTIÉ et al., 2011) a taxa de produção de frutos pode estar relacionada à proximidade filogenética entre as espécies e subespécies. Alguns autores ao realizar cruzamentos com espécies aparentadas de *M. esculenta* obtiveram sucesso na polinização (NICHOLS, 1947; BOLHUIS, 1953; JENNINGS, 1957; 1963).

Quanto à deiscência do fruto houve uma variação de 50 a 91 dias quando as subespécies silvestres da mandioca foram usadas como parental masculino e 72 dias quando o parental silvestre foi empregado como parental feminino (Tabela 2). A deiscência do fruto quando *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* foi utilizada como parental masculino ocorreu em torno de 66 dias, enquanto que *M. esculenta* subsp. *peruviana* foi em média de 73 dias. Ao utilizar *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* como parental feminino obteve-se a deiscência do fruto em torno de 72 dias. Nesse trabalho, a deiscência do fruto começou a acontecer com mais de 50 dias com BRS Jari x *M. esculenta* subsp. *peruviana*. Esses resultados estão coerentes com os de Fukuda (1999) e Ceballos et al. (2002), que obtiveram frutos maduros em torno de dois a três meses após a fecundação.

Observa-se (Tabela 3) que, de um total de 1.578 cruzamentos realizados com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia*, esperava-se obter 3.156 sementes, considerando duas sementes por fruto. No entanto, houve uma produção de 511 sementes, correspondendo a 16,19 % ao total de flores polinizadas e 79,35 % em relação ao total de frutos desenvolvidos. Dos 536 cruzamentos realizados com *M. esculenta* subsp. *peruviana*, esperava-se a formação de 1.072 sementes, porém houve uma produção de 302 sementes, correspondendo a 28,17% do total de flores polinizadas e 82,96% do total de frutos desenvolvidos. Mesmo assim, os cruzamentos realizados com *M. esculenta* subsp. *peruviana* necessitou de um

menor número de flores (em torno de 34 %) em relação a *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* para produzir em torno de 59 % da quantidade de sementes produzidas pelos cruzamentos com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Tabela 3). A percentagem de sementes produzidas relacionada com a quantidade de frutos desenvolvidos apresentou resultados acima de 50% para ambas, sendo um resultado promissor para os programas, já que as espécies silvestres em cruzamentos apresentam algumas limitações no seu uso.

Tabela 3. Flores polinizadas (FP), flores fertilizadas (FF), frutos desenvolvidos (FD), sementes esperadas (SE) e sementes produzidas (SP) para os cruzamentos controlados de maneira geral em que se utilizou como genitores *Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri (FLA) e *M. esculenta* subsp. *peruviana* (Müll. Arg.) Allem (PER).

Parental	FP	FF	FD	SE	SP
masculino e feminino					
FLA	1578 ^a	501 ¹ (27,31 ²) ^a	322 ¹ (64,27 ³) ^a	3156	511 ¹ (79,35 ⁴)(16,19 ⁵) ^a
PER	536 ^b	303(56,53) ^b	182(60,07) ^b	1072	302(82,96)(28,17) ^b
Total	2114	804(38)	504(62,69)	4228	813(80,65)(19,23)

¹Frequência absoluta; ²Frequência relativa calculada em função do número de flores polinizadas; ³Frequência relativa calculada em função do número de flores fertilizadas; ⁴Frequência relativa calculada considerando duas sementes formadas por fruto desenvolvido; ⁵Frequência relativa calculada considerando duas sementes formadas por flor polinizada; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis. Teste a 5% de significância.

Normalmente, os cruzamentos realizados entre cultivares de *M. esculenta* subsp. *esculenta* e espécies silvestres de *Manihot* promovem a transferência de características indesejáveis como a menor produtividade de raízes (OJULONG et al., 2008). Para a correção dessas características indesejáveis nos possíveis híbridos gerados, será preciso realizar retrocruzamentos, usando como parental recorrente a espécie cultivada. Entretanto, a fixação das características desejáveis provenientes do parental silvestre da mandioca é tanto mais difícil quanto maior for o número de genes responsáveis pelo controle da característica em questão, e quanto maior for o número de características que se leve em conta, no momento da seleção (LEDO et al., 2015).

De maneira geral a assincronia de florescimento não foi marcante entre as espécies utilizadas, possibilitando os cruzamentos de *M. esculenta* subsp. *esculenta* com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*, ampliando assim a variabilidade genética para os caracteres de interesse como teor de proteína, resistência a doenças como bacteriose, antracnose e resistência a insetos como a mosca branca e mandarová, que é de fundamental importância nos programas de melhoramento de forma a amenizar as limitações apresentadas pela cultura.

Houve uma produção satisfatória de sementes híbridas, sendo as mesmas já inseridas no Banco de Seedlings localizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Essas sementes têm originado plantas bastante desuniformes, utilizadas principalmente para promover a variabilidade genética. Futuramente os híbridos gerados serão testados em ensaios no Programa de Melhoramento Genético visando à obtenção de cultivares melhorada.

CONCLUSÕES

1. Foi possível a obtenção de híbridos superiores entre *Manihot esculenta* subsp. *esculenta* com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*.
2. *Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* como parental masculino é mais eficiente na produção de híbridos em cruzamentos com BRS Formosa, BRS Jari, BRS Verdinha e BGM 2050 (Equador 72), podendo ser indicada para cruzamentos controlados.
3. *Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*, de maneira geral, são indicadas para realizar cruzamentos com as cultivares de mandioca.
4. Foi possível a produção satisfatória de sementes oriundas dos cruzamentos realizados entre cultivares de mandioca com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRITEMPO**. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>>. Acesso em: 15 abri. 2014.
- AKINBO, O.; LABUSCHAGNE, M.; FREGENE, M. Introgression of whitefly (*Aleurotrachelus socialis*) resistance gene from F₁ inter-specific hybrids into commercial cassava. **Euphytica**, v. 183, n. 1, p. 19-26, 2012.
- ALLEM, A. C. *Manihot esculenta* as a native of the neotropics. **Plant Genetic Resources Newsletter**, FAO/IBPGR, Roma, v. 71, p. 22-24, 1987.
- ALLEM, A. C. The origin of *Manihot esculenta* crantz (Euphorbiaceae). **Genetic Resources and Crop evolution**, Dordrecht, v. 41, n. 3, p. 133-150, 1994.
- ALLEM, A. C. The closest wild relatives of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) **Euphytica**, v. 107, n. 2, p. 123-133, 1999.
- ALLEM, A. C.; MENDES, R.A.; SALOMÃO, A. N.; BURLE, M. L. The primary gene pool of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta*, Euphorbiaceae). **Euphytica**, v. 120, p. 127–132, 2001.
- ASIEDU, R.; HAHN, S. K.; VIJAYA BAI, K.; DIXON, A. G. O. Interspecific hybridization in the genus *Manihot*-progress and prospects. **Acta Horticulturae**, v. 380, p. 110-113, 1994.
- BELLOTTI, A. C.; SMITH, L.; LAPOINTE, L. S. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**, v. 44, n. 1, p. 343-370, 1999.
- BOLHUIS, G. G. A survey of some attempts to breed cassava varieties with a high content of protein in the roots. **Euphytica**, v. 2, n. 2, p. 107–112, 1953.
- BOLHUIS, G. G. 1967. **Intra and interspecific crosses in the genus manihot**. Proceedings of the International Symposium on Tropical Root Crops, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad, 1967. P.81-88.

BRONDANI, C. Variação isoenzimática de três espécies do gênero *Manihot* (Euphorbiaceae) relacionadas morfológicamente à mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 31, n. 4, p. 287–289, 1996.

CARABALÍ, A.; BELLOTTI, A. C.; MONTOYA-LERMA, J.; FREGENE, M. *Manihot flabellifolia* Pohl, wild source of resistance to the whitefly *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Hemiptera: Aleyrodidae). **Crop Protection**, v. 29, n. 1, p. 34-38, 2010.

CARVALHO, L. J. C. B.; SCHAAL, B. A. Assessing genetic diversity in the cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm collection in Brazil using PCR-based markers. **Euphytica**, v. 120, n. 1, p. 133-142, 2001.

CARVALHO, L. J. C. B. **Biodiversidade e biotecnologia em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005.

CARVALHO, P. C. L. Biossistemática de *Manihot*. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATOS, P. L.P. de; FUKUDA, W. M. G. (Org.). **Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca**. 1 (Ed.) Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2006, v. 1, p. 112-125.

CEBALLOS, H.; MORANTE, N.; JARAMILLO, G.; LENIS, J. I.; CALLE, F.; PÉREZ, J. C. Mejoramiento Genético de la Yuca. In: CEBALLOS, H. (Eds.) **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali; CIAT. p. 295-325 , 2002.

CORDEIRO, I.; SECCO, R.; SILVA, M. J. DA.; SODRÉ, R. C.; MARTINS, M. L. L. 2014. ***Manihot* Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em:<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB017591>>. Acesso em: 27 nov. 2014).

DAFNI, A.; MAUÉS, M. M. A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. **Sexual Plant Reproduction**, v. 11, n. 3, p. 177-180, 1998.

DOMÍNGUEZ, C. E.(Org.) **Yuca: investigation, production y utilization**. Cali: CIAT, p.29 – 49, 1984.

DUPUTIÉ, A.; SALICK, J.; MCKEY, D. Evolutionary biogeography of *Manihot* (Euphorbiaceae), a rapidly radiating Neotropical genus restricted to dry environments. **Journal of Biogeography**, v. 1, p. 1–11, 2011.

FUKUDA, W. M. G. Hibridação em Mandioca. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de Plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v. 1, p. 343-356, 1999.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Melhoramento Genético. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006, v. 1, p. 325-355.

GRANER, E. A. Notas sobre florescimento e frutificação da mandioca. **Bragantia**, v. 2, p. 1-14, 1942.

HALSEY, M. E.; OLSEN, K. M.; TAYLOR, N. J.; CHAVARRIAGA-AGUIRRE, P. Reproductive Biology of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and Isolation of Experimental Field Trials. **Crop Science**, v. 48, p. 49-58, 2008.

HAYSON, H. R.; CHAN, T. L.; HUGHS, M. Phylogenetic relationships of *Manihot* species revealed by restriction fragment length polymorphism. **Euphytica**, v. 76, p. 227-234, 1994.

HOWELER, R.; LUTALADIO, N. B.; THOMAS, G. **Save and grow cassava: A guide to sustainable production intensification**. FAO, Rome (2013), 129p.

JENNINGS, D. L. Further studies in breeding cassava for virus resistance. **Eastern African Agricultural Journal**, v. 22, n. 4, p. 213–219, 1957.

JENNINGS, D. L. Variation in pollen and ovule fertility in varieties of cassava, and the effect of interspecific crossing on fertility. **Euphytica**, v. 12, n. 1, p. 69–76, 1963.

JENNINGS, D. L.; IGLESIAS, C. A. 2002. Breeding for crop improvement. In: R.J. Hillocks, J. M. Thresh and A. C. Bellotti (Eds.), **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CABI Publishing, 149–166p.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal. Um enfoque filogenético**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 632p

KAWANO, K.; AMAYA, A.; RIOS, M. Factors affecting efficiency or hibridization and selection in cassava. **Crop Science**, v. 17, p. 373–376, 1978.

LEDO, C. A. da S.; SANTOS, V. da S.; MARTIN, M. L. L.; ALVES, A. A. C.; SILVA, D. de C. S. da; SANTOS, A. S.; TAVARES FILHO, L. F. de Q. **Hibridação interespecífica entre espécies silvestres de Manihot (Euphorbiaceae - Magnoliophyta) e cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz)**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 65).

NASSAR, N. M. A. Attempts to hybridize wild *Manihot* species with cassava. **Economic Botany**, v. 34, n. 1, p. 13-15, 1980.

NASSAR, N. M. A.; SILVA, J. R.; VIEIRA, C. Hibridação interespecífica entre mandioca e espécies silvestres de *Manihot*. **Ciência e Cultura**, v. 38, p. 1050-1053, 1986.

NASSAR, N. M. A. Broadening the genetic base of cassava, *Manihot esculenta* Crantz, by interspecific hybridization. **Canadian Journal Of Plant Science**, v. 69, n. 2, p.1071-1073, 1989.

NASSAR, N. M. A. Cassava, *Manihot esculenta* Crantz, genetic resources: origin of the crop, its evolution and relationships with wild relatives. **Genetics Molecular Research**, v. 4, n. 1, p. 298-305, 2002.

NASSAR, N. M. A. Gene flow between cassava, *Manihot esculenta* Crantz, and wild relatives. **Genetics Molecular Research**, v. 4, n. 2, p. 334-347, 2003.

NASSAR, N. M. A. Mandioca: Uma opção contra a fome estudos e lições do Brasil e do mundo. **Ciência hoje**, v. 39, n. 231, p. 31-34, 2006.

NASSAR, N. M. A.; BOMFIM, N.; CHAIB, A.; ABREU, L. F. A.; GOMES, P. T. C. Compatibility of interspecific *Manihot* crosses presaged by protein electrophoresis. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, n. 1, p. 107-112,

2010.

NICHOLS, R. F. W. Breeding cassava for virus resistance. **Eastern African Agricultural Journal**, v. 13, p. 184–194, 1947.

NOLASCO, C. A. **Caracterização citogenética e morfológica de híbridos de mandioca (*Manihot esculenta*)**. 2011. 46f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011.

OJULONG, H.; LABUSCHANGNE, M.; HERSELMAN, L.; FREGENE, M. Introgression of genes for dry matter content from wild cassava species. **Euphytica**, v. 164, n. 1, p. 163–172, 2008.

OLIVEIRA, M. M. de. **Diversidade genética em espécies silvestres e híbridos interespecíficos de *Manihot***. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2011.

OLSEN, K. M.; SCHAAL, B. A. Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta* Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 1, p. 131-142, 2001.

OLSEN, K. M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. **Plant Molecular Biology**, Zurich, v. 53, n. 4, p. 517-526, 2004.

ORLANDINI, P.; LIMA, L. R. de. Sinopse do gênero *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 51-60, 2014.

RIESEBERG L. H.; RAYMOND O.; ROSENTHAL D. M.; LAI, Z.; LIVINGSTONE, K.; NAKAZATO, T.; DURPHY, J. L.; SCHWARZBACH, A. E.; DONOVAN, L. A.; LEXER, C. Major ecological transitions in wild sunflowers facilitated by hybridization. **Science**, v. 30, p. 1211–1216, 2003.

ROGERS, D. J.; APPAN, S. G. *Manihot* and *Manihotoides* (Euphorbiaceae): A Computer Assisted Study. **Flora Neotropica** (Monograph No. 13). Hafner Press, New York, 1973.

STUMMEL, JR.; BOSLAND, P. Ornamental pepper. *Capsicum annum*. In: ANDERSON, N.O. Flower breeding and genetics: **issues, challenges, and opportunities for the 21st Century**, ed. Dordrecht, Holanda: Springer, 2006. p.561-599,

TIAGO, A. V.; ROCHA, V. D. DA; LIMA, J. DOS. S.; ROSSI, A. A. B. VIABILIDADE POLÍNICA E RECEPTIVIDADE ESTIGMÁTICA EM VARIEDADES DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz). **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhece, v. 10, n. 19, p. 2014.

ULE, E. Vorläufige Mitteilung über drei noch unbeschriebene Kautschuk liefernde *Manihot*-Arten in Bahia. **Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums zu Berlin**, v. 5, n. 41, p. 1–4, 1907.

VIEIRA, L. DE E. J.; SANTANA, J. R. F. DE; SILVEIRA, T. C. DA; ALVES, A. A. C.; SOUZA, F. V. D. Conservação e longevidade de pólen de acessos de *Manihot esculenta*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 14.; FEIRA BRASILEIRA DA MANDIOCA, 1., 2011, Maceió. **Mandioca: fonte de alimento e energia: anais**. Maceió: ABAM: SBM, 2011. 1 CD ROM.

VIEIRA, L. J.; SOARES, T. L.; ROSSI, M. L.; ALVES, A. A. C.; SANTOS, F. DE . A. R. DOS; SOUZA, F. V. D. Viability, production and morphology of pollen grains for different species in the genus *Manihot* (Euphorbiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 350-356, 2012.

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

ARTIGO 3

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE *Manihot* sp.³

³ Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico *Bragantia*.

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE *Manihot* sp.

Autora: Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO - Os estudos relacionados com avaliações agronômicas é de grande importância para os programas de melhoramento por permitir selecionar genótipos mais produtivos e adaptados as condições edafo-climáticas da região. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico de genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e híbridos de *Manihot*. O experimento foi instalado utilizando-se o delineamento de blocos aumentados de Federer. Foi avaliado o total de 27 genótipos, sendo 20 tratamentos regulares compostos de 18 híbridos de *Manihot*, dois genótipos de mandioca ('BRS Kiriris' e 'Mani Branca') e sete tratamentos comuns utilizando genótipos de mandioca (9624-09, 9783-13, 98150-06, 'Cidade Rica', 'Cigana Preta', 'BRS Mulatinha' e 1BRS Poti Branca'). Avaliou-se aos oito e 12 meses após plantio a altura de plantas, altura da primeira ramificação, comprimento de estaca comercial, rendimento da parte aérea, rendimento do terço superior da planta, número médio de raízes por planta, número médio de raízes danificadas, comprimento e o diâmetro médio das raízes, massa média da raiz por planta, produtividade de raiz por genótipo, índice de colheita, teor de matéria seca e teor de proteína da raiz. Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância e procedeu-se à classificação dos genótipos com base nas médias ajustadas pelo índice de soma de classificação proposto por Mulamba e Mock. Ficou evidente que os genótipos de mandioca obtiveram os melhores desempenhos agronômicos em relação aos híbridos de *Manihot*. Houve um incremento das variáveis avaliadas para a maioria dos genótipos dos oito para 12 meses após o plantio, com exceção da variável peso da parte aérea e rendimento do terço superior da planta. Os híbridos 452-08, 449-02, 485-05, 488-02, 450-09, 444-08 e 452-01 apresentaram teores de proteínas maiores que 3%. Os híbridos de *Manihot* 464-01 e 488-05 apresentam potencial relacionados aos parâmetros de produção para serem utilizados em programas de melhoramento.

Palavras-chave: Desempenho agronômico, Mandioca, melhoramento genético.

AGRONOMIC EVALUATION OF *Manihot* sp. GENOTYPES.

Author: Dreid de Cerqueira Silveira da Silva

Advisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

ABSTRACT –Studies related to agronomic assessments is of great importance for breeding programs by allowing select more productive genotypes and adapted to the soil and climatic conditions of the region. The aim of this study was to evaluate the agronomic performance of cassava genotypes (*Manihot esculenta* Crantz) and hybrids of *Manihot*. The experiment was carried out using the augmented block design of Federer. It was evaluated 27 genotypes, 20 regular treatments composed of 18 *Manihot* hybrids, two cassava genotypes ('BRS Kiriris' e 'Mani Branca') and seven common treatments using genotypes *Manihot esculenta* Crantz (9624-09, 9783-13, 98150-06, 'Cidade Rica', 'Cigana Preta', 'BRS Mulatinha' e 'BRS Poti Branca'). We evaluated at eight and 12 months after planting the plant height, the first branch height, commercial cutting length, aerial part yield, superior third yield, average number of roots per plant, average number of damaged roots, length and the average diameter of roots , average root mass per plant, root productivity per genotype, harvest index, dry matter content and root protein content. The data were subjected to F test of variance analysis. Then, It was proceeded the classification of genotypes based on average adjusted by classification sum index proposed by Mulamba and Mock. It was evident that cassava genotypes have the best agronomic performance compared to *Manihot* hybrids. There was an increase of the variables evaluated for most of the eight genotypes to 12 months after planting, except to aerial part weight and superior third yield. The hybrid 452-08, 449-02, 485-05, 488-02, 450-09, 444-08 and 452-01 showed a higher protein content than 3%. *Manihot* hybrids 464-01 and 488-05, have potential related to the production parameters for use in breeding cassava programs.

Keywords: Agronomic performance, cassava, breeding.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é a única espécie de valor comercial do gênero *Manihot*. É uma das mais importantes fontes de carboidratos para mais de 800 milhões de pessoas em vários países do mundo (HOWELER et al., 2013), devido a sua capacidade de produzir altas quantidades de amido em diferentes ecossistemas.

Em relação à produção mundial, o Brasil vem tentando mudar a sua história participativa, mesmo com alguns impasses que a cultura apresenta. Segundo dados da FAO (2014), a produção foi em torno de 23,24 milhões de toneladas de raízes, tornando o Brasil o quarto maior produtor da cultura. Dentre os estados brasileiros mais participativos, encontra-se o Pará com 4,6 milhões de toneladas, o Paraná com 3,8 milhões de toneladas e a Bahia com 2,2 milhões de toneladas (IBGE, 2014).

As pesquisas realizadas até hoje com o intuito de aumentar a produtividade da mandioca com uso de fertilizantes e uso de cultivares melhoradas, associados a técnicas adequadas de cultivo, não houve aumentos significativos na produtividade, o que demonstra a necessidade da continuidade de pesquisas nessa área.

Diversos fatores influenciam na redução da produtividade de raiz da mandioca, dentre eles o uso de cultivares com baixo potencial produtivo (FUKUDA et al., 1996), um sistema de manejo rudimentar utilizado pelos pequenos agricultores e a sensibilidade da cultura a fatores bióticos e abióticos (LEDO et al., 2015), o que leva a necessidade de selecionar genótipos cada vez mais resistentes, produtivos, com bons atributos agrônômicos e adaptáveis a mudanças ambientais (RIMOLDI et al., 2003).

Alguns desses fatores relacionados à baixa produtividade da cultura da mandioca podem ser amenizados por meio de híbridos obtidos de cruzamentos com espécies silvestres do gênero *Manihot* (LEDO et al., 2015). De acordo com Nassar (2006), espécies silvestres de *Manihot* são fonte de genes úteis para a espécie cultivada, tendo como objetivo o desenvolvimento de variedades melhoradas de mandioca que sejam mais resistentes a fatores bióticos e abióticos.

Segundo Carabali et al. (2010a) e Akinbo et al. (2012a), *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri é resistente a mosca branca (*Aleurotrachelus socialis* Bondar), à mandarová (*Erinnyis ello* L.), à bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) à antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e ao vírus do mosaico africano, e apresenta alto teor de matéria seca e proteína. Na espécie *M. tristis* Müll. Arg., Asiedu et al. (1994), Carabali et al. (2010b) e Ojulong et al. (2008) identificaram resistência a mosca branca e ao ácaro verde (*Mononychellus tanajoa*) e alto teor de matéria seca. Entre as medidas a serem tomadas visando solucionar as limitações que a cultura da mandioca vem encontrando para o aumento significativo da sua produtividade, existe a necessidade de obter novos genótipos produtivos e resistentes.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de mandioca e híbridos intra e interespecíficos de *Manihot*, visando selecionar genótipos superiores com maior potencial produtivo e conseqüentemente lançar no futuro uma nova cultivar que possa ser utilizada nos programas de melhoramento da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em setembro de 2013 e foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado em Cruz das Almas, situada a 12°40'19" de Latitude Sul, 39°06'22" de Longitude Oeste e a 220 m de altitude. O clima é tropical quente e úmido, Aw a Am, segundo classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais de 24,5°C e umidade relativa de 80% (AGRITEMPO, 2013).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso típico, de textura média e bem drenado (RODRIGUES et al., 2009). Os atributos químicos do solo na camada 0-20 cm encontram-se na Tabela 1, com fertilidade mediana e algumas limitações de oferta de nutrientes, matéria orgânica, CTC (Capacidade de Troca Catiônica) e saturação por bases.

Tabela 1. Atributos químicos do solo do experimento na camada de 0 – 20 cm em Cruz das Almas, Bahia

PH	%	Sistema normal										Sistema internacional						
		P(ppm)		mEq /100ml TFSA										g/dm ³		Mmolc /dm ³		
Cacl ₂	Água	MO	Me	Re	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V%	MO	K	Ca	Mg	Al	H	CTC
5,1	5,6	1,1	Nd	13,4	0,23	1,5	0,7	0,1	1	3,53	68,84	11	2,3	15	7	1	10	35,3

Foram avaliados com oito e 12 meses após o plantio 27 genótipos, envolvendo nove cultivares de mandioca e 18 híbridos intra e interespecíficos (resultantes de cruzamentos entre cultivares de mandioca e espécies silvestres de *Manihot*), os quais são apresentados nas Tabelas 2 e 3. Os genótipos de mandioca são cultivares obtidas no Programa de Melhoramento da Embrapa Mandioca Fruticultura, em Cruz das Almas, BA.

Os híbridos de *Manihot* utilizados nesse trabalho são provenientes dos cruzamentos com *M. esculenta* subsp. *esculenta* (parental masculino) e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri e *M. tristis* Müll. Arg. que foram usadas como parentais femininos e apresentam resistência a pragas e doenças. Esses híbridos são oriundos do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Nesse trabalho os híbridos obtidos dos cruzamentos com *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* são considerados híbridos intraespecíficos e com *M. tristis* como híbridos interespecíficos.

Aos oito meses após o plantio foram avaliados genótipos, envolvendo nove cultivares de *Manihot esculenta* Crantz e 12 híbridos de *Manihot* sp. Aos 12 meses após o plantio, foram avaliados 27 genótipos, envolvendo nove cultivares de *Manihot esculenta* subsp. *esculenta* e 18 híbridos de *Manihot* (Tabelas 2 e 3). Essa diferença na quantidade de genótipos utilizadas nas duas épocas de avaliação deveu-se ao fato dos híbridos não apresentaram uniformidade no seu crescimento, apresentando características ainda não adequadas para a avaliação aos oito meses.

No preparo do solo, foram feitas as operações de aração, gradagem e abertura de sulcos. A adubação foi realizada com base na análise do solo e seguindo as recomendações de Gomes e Silva (2006). A adubação fosfatada foi realizada no sulco do plantio. Foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ sob a forma de

superfosfato simples. Após os 40 dias da aplicação da adubação fosfatada fez-se a adubação na área experimental com aplicação com 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 50 kg ha⁻¹ de uréia. O plantio foi conduzido sem irrigação. Foram utilizadas 1728 manivas-sementes com aproximadamente 15 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro, tendo em média cinco gemas por maniva.

Tabela 2. Genealogia dos genótipos de mandioca avaliados em Cruz das Almas, Bahia.

Genótipos de mandioca	Genealogia
'BRS Poti Branca'	CIAT ¹ – Híbrido 8735/01 – Parental Feminino SM 807, polinização aberta.
'Cigana Preta'	BGM 116 – Variedade Crioula
'BRS Kiriris'	BGM CNPMF – Híbrido 9505/261 – Parental Feminino BGM 921, polinização aberta.
'Cidade Rica'	BGM 1116 – Variedade Crioula
'Mani Branca'	BGM 1810 – Parental Feminino BGM 459, polinização aberta.
'BRS Mulatinha'	BGM CNPMF – Híbrido 9121/05 – Parental Feminino BGM 491, polinização aberta.
9624-09	BGM CNPMF – Parental Feminino BGM 146, polinização aberta.
98150-06	BGM CNPMF – Parental Masculino BGM 116 (Cigana Preta), Parental Feminino clone 86/128/08 (Bibiana).
9783-13	BGM CNPMF – Parental Feminino BGM 184, polinização aberta.

O experimento foi instalado utilizando-se o delineamento de blocos aumentados (FEDERER, 1956). Esse delineamento foi utilizado devido à limitação na quantidade de material propagativo relacionado principalmente aos híbridos de *Manihot*. Foram 20 genótipos para os tratamentos regulares, sendo dois genótipos de mandioca 'Mani Branca' e 'Kiriris' (Tabela 2) e 18 híbridos intra e interespecíficos de *Manihot* (Tabela 3), que se repetiram apenas uma vez no bloco e sete tratamentos comuns utilizando genótipos de mandioca (Tabela 2), se repetindo nos quatro blocos. Cada bloco era formado por 12 parcelas, sendo cada parcela constituída por quatro linhas com nove plantas cada, totalizando 36 plantas por parcela num total de 1.728 plantas, espaçadas de 1,0 m x 0,7 m, ocupando uma área de 1.210 m².

Tabela 3. Híbridos de *Manihot* intraespecíficos (*Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri) e interespecíficos (*Manihot tristis* Müll. Arg.)

Híbridos de <i>Manihot</i>	Parental feminino com <i>M. esculenta</i> Crantz
Híbridos intraespecíficos	
452-09	FLA 423
450-15	FLA 423
453-19	FLA 423
458-05	N. I
450-16	FLA 423
464-01	FLA 444
450-09	FLA 423
450-18	FLA 423
449-02	FLA 423
452-01	FLA 423
466-02	FLA 444
466-01	FLA 444
452-08	FLA 423
Híbridos interespecíficos	
488-05	TST XXX
485-02	TST XXX
444-08	TST XXX
482-02	TST XXX
488-02	TST XXX

FLA (*Manihot* subsp. *flabellifolia*); TST (*Manihot tristis*); N. I (Não informado).

Para a realização das avaliações foram utilizadas 12 plantas por parcela, em cada época de avaliação. As variáveis avaliadas foram as seguintes: altura da planta (ALT; m), medindo desde o nível do solo até o ápice da planta; altura da primeira ramificação (ALR; m), posicionada verticalmente do colo da planta à primeira ramificação da planta; comprimento de estacas comerciais (CEC; m), medindo do colo da planta até o final do ramo das estacas maduras para plantio; rendimento da parte aérea (MPA; kg), cortada rente ao solo e pesada com auxílio de balança digital tipo gancho; rendimento do terço superior da planta (MTS; kg) , cortadas a partir da primeira bifurcação; número médio de raízes por planta (NMR) e número médio de raízes danificadas (NRD), contadas manualmente em 12 plantas da parcela; comprimento médio de raízes (CMR; cm), medindo-se o comprimento de cinco raízes tomadas de forma aleatória; diâmetro médio das

raízes (DMR; cm) utilizando um paquímetro analógico, medindo-se o diâmetro de cinco raízes tomadas de forma aleatória; peso médio da raiz (PMR; kg) pesagem do total de raízes das plantas colhidas dentro da parcela, dividido pelo número de plantas colhidas; produtividade de raiz em (PRO; t ha⁻¹), produto entre o peso de raiz por planta e o estande de plantas; índice de colheita (IC; %) obtido a partir da

formula $IC = \frac{MR}{MT} \times 100$, onde *MR* é a massa média de raiz por planta e *MT* é a massa total da planta; teor de matéria seca (MS; %), obtido a partir da fórmula

proposta por Kawano et al. (1987), $MS = 158.3 \times \left(\frac{\text{Peso Ar}}{\text{Peso Ar} - \text{Peso Água}} \right) - 142$, onde *Peso Ar* é a massa das raízes ao ar livre (5 Kg como amostra de cada genótipo) e *Peso Água* é a massa das raízes dentro d'água (utilizando o método da balança hidrostática); teor de proteína da raiz (PRT; %), medido em laboratório, conforme a metodologia descrita por Rodriguez-Amaya & Kimura (2004).

As raízes de mandioca foram colhidas nos campos experimentais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e transportadas para a Embrapa sendo preparadas para análise no mesmo dia. As raízes foram lavadas, secas, descascadas e trituradas em multiprocessador. Para a análise de umidade obteve-se, das raízes colhidas em cada parcela, uma amostra de 60 g, a qual foi colocada em estufa com circulação de ar forçada a 70°C, até peso constante (OLIVEIRA, 2010). A matéria seca foi calculada subtraindo-se a porcentagem de umidade de 100.

O teor de nitrogênio total foi determinado por meio do método de micro-Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2006) sendo o fator de 6,25 empregado para a conversão do teor de nitrogênio detectado em proteína bruta. As avaliações foram realizadas aos oito e 12 meses após o plantio.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento para análise de modelos lineares PROC GLM (*Procedure for General Linear Models*) no programa estatístico SAS (SAS Institute, 2010). As médias dos tratamentos foram ajustadas por quadrados mínimos, utilizando-se o módulo "lsmeans" do SAS. As rotinas computacionais foram realizadas de acordo com a proposta de Duarte (2000). Em seguida, procedeu-se à classificação dos genótipos com base nas médias ajustadas. Para cada genótipo (cultivares de

mandioca e híbridos de *Manihot*) foi calculada a soma dos números relativos à sua classificação, de acordo com o índice de soma de classificação proposto por Mulamba & Mock (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância e as estatísticas descritivas valor mínimo, valor máximo e média para cada tipo de tratamento aos oito meses após plantio para as 12 características agrônômicas avaliadas em 21 genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* estão apresentados na Tabela 4. Os coeficientes de variação variaram entre 3,35% (teor de matéria seca) a 50,06% (peso da parte aérea). Os elevados valores de coeficientes de variação observados para peso da parte aérea (50,06%) e rendimento do terço superior da planta (44,43%), podem ser explicados por as plantas aos oito meses após plantio já começaram a perder folhas por senescência natural. Outro motivo pode ser o ataque de ácaros que não é uniforme no campo, resultando em diferenças nesses valores e em consequência promovendo o aumento do coeficiente de variação.

Oliveira (2011) trabalhando com a caracterização morfológica e agrônômica de híbridos interespecíficos de *Manihot*, obteve coeficientes de variação maiores que os observados nesse trabalho para as variáveis altura de planta, altura da primeira ramificação, número de raiz, peso de raiz, comprimento médio de raiz, diâmetro médio de raiz e teor de matéria seca.

Observa-se, na Tabela 4, que todas as fontes de variação foram significativas, em todas as variáveis avaliadas, exceto peso da parte aérea e rendimento do terço superior, evidenciando não haver variabilidade genética significativa entre os genótipos avaliados. Essas variáveis são de grande importância para a alimentação animal (FERREIRA et al., 2011).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para características agronômicas, em genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* com oito meses após plantio. Cruz das Almas, 2016.

FV	GL	QM											
		ALT	DHA	ALR	PPA	MTS	NMR	PMR	CMR	DMR	IC	TMS	PRO
Blocos	3	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,87 ^{ns}	0,09 ^{ns}	4,30 ^{ns}	0,21 ^{ns}	12,54 ^{ns}	6,52*	19,35 ^{ns}
(Regulares vs. Comuns)	1	0,10**	0,09*	0,80**	0,31 ^{ns}	0,01 ^{ns}	43,01**	4,07**	44,21*	8,84**	2044,56**	101,09**	831,72**
Gen (Tipo)	19	0,16**	0,06**	0,06**	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	9,30**	0,66**	25,21*	0,63**	495,00**	9,60**	134,87**
Tratamentos Regulares	13	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,06**	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,91**	0,35**	34,00**	0,81**	341,02**	10,41**	73,13**
Tratamentos Comuns	6	0,46**	0,15**	0,08**	0,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}	23,14**	1,32**	6,16 ^{ns}	0,24*	828,62**	7,86**	268,65**
Erro	18	0,01	0,01	0,01	0,39	0,04	0,85	0,04	8,15	0,09	21,19	1,54	9,92
CV(%)		6,49	5,71	17,03	50,06	44,43	19,30	19,74	10,13	6,35	10,52	3,35	19,68
MédiaGeral		1,67	2,04	0,67	1,24	0,48	4,79	1,12	28,15	4,74	43,74	37,04	16,01
Regulares													
Média		1,74	1,96	0,46	1,06	0,48	3,22	0,66	29,62	4,05	33,75	34,94	9,49
Máximo		2,01	2,31	1,04	1,52	0,73	7,25	2,08	42,64	5,38	67,75	37,63	29,76
Mínimo		1,40	1,68	0,22	0,60	0,27	0,58	0,07	20,36	2,62	5,76	25,93	0,94
Comuns													
Média		1,63	2,08	0,78	1,34	0,48	5,58	1,35	27,43	5,09	48,74	38,09	19,27
Máximo		2,19	2,38	1,10	4,10	1,35	9,75	2,22	34,94	5,76	62,59	41,94	31,66
Mínimo		0,90	1,52	0,39	0,74	0,21	0,33	0,08	22,30	4,23	8,69	33,80	1,13

^{ns} não significativo, ** e * significativo a 1 e 5%, respectivamente pelo teste de F. Altura da planta em m (ALT), diâmetro da haste em mm (DHA), altura da primeira ramificação em m (ALR), peso da parte aérea em kg (PPA), rendimento do terço superior da planta em kg (MTS), número de raiz por planta (NMR), peso de raiz por planta em kg (PMR), comprimento médio da raiz em cm (CMR), diâmetro médio da raiz em cm (DMR), índice de colheita em % (IC), teor de matéria seca da raiz em % (TMS), e produtividade de raiz em t ha⁻¹ (PRO).

O resumo das análises de variância e as estatísticas descritivas valor mínimo, valor máximo e média para cada tipo de tratamento aos 12 MAP em 27 genótipos e híbridos de *Manihot* estão apresentado na Tabela 5.

Os coeficientes de variação apresentaram entre 6,71% para a variável índice de colheita a 73,92% para rendimento do terço superior da planta (Tabela 5). Nos dois períodos de avaliação (Tabelas 4 e 5), a variável rendimento do terço superior da planta foi a que apresentou coeficiente de variação mais alto, sendo ainda maior aos 12 MAP.

O tratamento regulares versus comuns foi altamente significativo ($P < 0,01$) em todas as características, exceto Comprimento médio de raiz. Quanto à fonte de tratamento regulares, observou-se significância a 5% ($P < 0,05$) nas características altura de planta, comprimento de estaca comercial, número de raiz, peso de raiz, diâmetro médio de raiz, teor de proteína da raiz e produtividade de raiz, a 1% em índice de colheita e ausência de significância em altura da primeira ramificação, peso da parte aérea, rendimento do terço superior, comprimento médio de raiz e teor de matéria seca.

Analisando os dois períodos de avaliação (oito e 12 MAP), observou-se significância das fontes de variação tratamentos regulares vs tratamentos comuns, para a maioria das variáveis avaliadas (Tabelas 4 e 5), podendo-se deduzir que existem diferenças no desempenho agrônomo, tanto entre os genótipos de mandioca quanto entre os híbridos de *Manihot*, indicando a existência de variabilidade genética entre os genótipos de cada tratamento. Isso permite a possibilidade de selecionar híbridos superiores entre os tratamentos regulares, os quais poderão ser utilizados nos programas de melhoramento da cultura, caso apresentem um bom desempenho.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para características agrônômicas, em genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* com 12 meses após plantio. Cruz das Almas, 2016.

FV	GL	QM														
		ALT	DHA	ALR	CEC	PPA	MTS	NMR	PMR	CMR	DMR	IC	TMS	PRT	PRO	
Blocos	3	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	11,39 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,62*	6,17 ^{ns}	0,54 ^{ns}	8,24 ^{ns}	37,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	126,52*	
Regulares vs. Comuns	1	1,27**	0,57**	1,92**	382,38**	3,78**	0,04*	38,79**	17,93**	9,67 ^{ns}	14,64**	1529,16**	298,02**	31,34**	3665,00**	
Gen (Tipo)	25	0,15**	0,09**	0,04 ^{ns}	20,61*	0,22*	0,00 ^{ns}	7,56**	1,01**	12,36 ^{ns}	0,60*	290,29**	31,80 ^{ns}	0,93**	206,92**	
Tratamentos Regulares	19	0,09*	0,07*	0,03 ^{ns}	19,95*	0,17 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,92*	0,43*	14,56 ^{ns}	0,71*	186,40**	29,86 ^{ns}	1,11*	88,07*	
Tratamentos Comuns	6	0,35**	0,11**	0,04 ^{ns}	22,67 ^{ns}	0,35**	0,01 ^{ns}	22,27**	2,86**	5,40 ^{ns}	0,25 ^{ns}	619,26**	37,95 ^{ns}	0,33*	583,30**	
Erro	18	0,03	0,03	0,02	8,53	0,08	0,01	1,13	0,14	14,41	0,25	11,43	22,53	0,06	29,30	
CV (%)		10,33	7,54	22,62	21,62	22,51	73,92	20,95	23,67	16,18	10,43	6,71	12,10	14,25	23,71	
Média Geral		1,80	2,16	0,63	13,51	1,29	0,10	5,07	1,60	23,46	4,77	50,35	39,24	1,67	22,82	
Regulares																
Média		1,61	2,03	0,40	10,18	0,96	0,07	4,00	0,87	22,93	4,12	43,67	36,30	2,63	12,48	
Máximo		2,24	2,62	0,99	19,20	1,88	0,18	7,25	3,33	28,56	6,48	63,94	42,68	4,55	47,50	
Mínimo		1,16	1,59	0,20	2,40	0,41	0,03	1,00	0,20	13,44	2,76	12,76	23,95	0,62	2,86	
Comuns																
Média		1,94	2,25	0,80	15,90	1,53	0,13	5,83	2,11	23,84	5,24	55,12	41,35	0,99	30,21	
Máximo		2,43	2,56	1,10	22,60	2,36	0,42	9,42	3,71	32,70	6,25	64,48	45,66	1,94	52,97	
Mínimo		1,14	1,60	0,38	8,20	0,81	0,03	0,50	0,28	15,72	4,27	20,10	16,32	0,53	3,93	

^{ns} não significativo, ** e * significativo a 1 e 5%, respectivamente pelo teste de F. Altura da planta em m (ALT), diâmetro da haste em mm (DHA), altura da primeira ramificação em m (ALR), comprimento de estacas comerciais em m (CEC), peso da parte aérea em kg (PPA), rendimento do terço superior da planta em kg (MTS), número de raiz por planta (NMR), peso de raiz por planta em kg (PMR), comprimento médio da raiz em cm (CMR), diâmetro médio da raiz em cm (DMR), índice de colheita em % (IC), teor de matéria seca da raiz em % (TMS), teor de proteína da raiz em % (PRT) e produtividade de raiz em t ha⁻¹ (PRO).

As médias ajustadas e o Índice de Mulamba & Mock (1978), para os caracteres avaliados com oito e 12 meses após o plantio (MAP), encontram-se nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. Os genótipos foram classificados, recebendo um escore, no qual menores valores estão associados aos melhores genótipos.

Tabela 6. Valores de médias ajustadas para as variáveis altura da planta em m (ALT), diâmetro da haste em mm (DHA), altura da primeira ramificação em m (ALR), peso da parte aérea em Kg (PPA), peso do terço superior em Kg (PTS), número de raiz por planta (NMR), peso de raiz por planta em Kg (PMR), para o cálculo do Índice de Mulamba & Mock (I_{MM}) (1978) em genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* com oito meses após plantio. Cruz das Almas, 2016.

Regulares	ATL	DHA	ALR	PPA	MTS	NMR	PMR
444-08	1,4289(20)	1,8800(17)	0,2832(19)	1,1304(15)	0,5832(07)	2,9429(15)	0,9279(10)
450-09	1,7489(13)	1,9700(12)	0,3532(15)	1,4304(05)	0,6132(06)	2,5229(16)	0,2879(15)
450-15	1,7518(12)	2,2443(02)	0,2461(21)	1,0975(16)	0,4318(15)	4,3243(09)	0,4564(14)
450-16	1,4589(18)	1,7800(19)	0,2532(20)	1,0004(18)	0,4532(14)	3,8529(10)	0,5979(11)
452-08	1,6232(15)	1,7900(18)	0,4604(13,5)	0,7904(19)	0,4004(16)	3,5257(13)	0,2864(16)
453-19	1,9418(02)	1,9543(13)	0,5261(10)	1,4375(04)	0,7318(01)	1,4043(19)	0,0964(20)
458-05	1,8818(05)	1,9143(15)	0,3161(17)	1,5275(02)	0,6418(03)	0,9843(21)	0,0564(21)
464-01	1,8289(07)	2,1500(06)	0,3232(16)	1,4404(03)	0,6332(04)	5,1929(07)	1,2879(08)
466-02	1,8532(06)	1,7700(20)	0,4804(12)	0,6804(20)	0,2704(20)	3,7757(11)	0,4664(13)
485-02	1,7389(14)	2,1200(09)	0,3032(18)	1,3504(08)	0,7232(02)	1,1029(20)	0,2079(19)
488-02	1,9361(03)	1,9357(14)	0,4604(13,5)	0,6618(21)	0,2446(21)	1,7971(17)	0,2493(17)
488-05	1,7618(11)	2,2543(01)	0,5361(09)	1,2775(10)	0,5118(11)	3,2343(14)	0,5364(12)
Kiriris	1,5832(16)	1,9100(16)	1,0804(1,5)	1,0704(17)	0,3304(19)	7,6057(02)	2,0564(01)
Mani Branca	1,8832(04)	2,0400(10)	1,0804(1,5)	1,2504(11)	0,5504(09)	4,9357(08)	1,8464(03)
Comuns	ATL	DHA	ALTR	PPA	MTS	NR	PR
9624-09	1,5225(17)	2,1650(05)	0,7575(07)	1,2050(13)	0,3950(17)	6,3750(04)	1,4575(06)
9783-13	2,0400(01)	2,2100(04)	0,8500(05)	1,4250(06)	0,5575(08)	9,0425(01)	1,9950(02)
98150-06	1,8025(09)	2,2275(03)	0,9275(03)	1,3225(09)	0,4675(12)	5,6875(05)	1,6575(05)
Cidade Rica	1,0075(21)	1,6750(21)	0,5200(11)	1,6775(01)	0,6150(05)	1,5800(18)	0,2200(18)
Cigana	1,4550(19)	2,0225(11)	0,8000(06)	1,1325(14)	0,4550(13)	3,7300(12)	1,0575(09)
Mulatinha	1,8250(08)	2,1475(07)	0,9050(04)	1,2125(12)	0,3475(18)	5,4575(06)	1,3975(07)
Poti Branca	1,7800(10)	2,1425(08)	0,7025(08)	1,4075(07)	0,5350(10)	7,2075(03)	1,6600(04)

Número entre parêntese significa a soma de postos para cada variável.

Tabela 6. Valores de médias ajustadas para as variáveis comprimento médio da raiz em cm (CMR), diâmetro médio da raiz em cm (DMR), índice de colheita em % (IC), teor matéria seca em % (TMS), produtividade de raiz em t ha⁻¹ (PRO) para o cálculo do Índice de Mulamba & Mock (I_{MM}) (1978) em genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* com oito meses após plantio. Cruz das Almas, 2016.

Regulares	CMR	DMR	IC	TMS	PRO	I_{MM}
444-08	36,1786(02)	5,2539(05)	47,7993(10)	36,3182(10)	13,2075 (10)	140,00(11)
450-09	27,2786(12)	2,8239(21)	11,6593(19)	31,1682(20)	4,1475(15)	169,00(17)
450-15	41,6186(01)	3,9282(13)	33,6393(13)	35,1168(17)	6,5246(14)	147,00(12)
450-16	31,2186(06)	3,8339(14)	38,4093(12)	35,1582(16)	8,5075(11)	169,00(17)
452-08	33,6271(04)	3,6125(16)	31,3621(15)	25,0325(21)	4,1318(16)	169,00(17)
453-19	33,0586(05)	3,4982(18)	12,4993(18)	32,5768(19)	1,3846(20)	149,00(13)
458-05	19,3386(21)	3,3382(19)	9,7893(20)	36,5368(09)	0,8146(21)	174,00(19)
464-01	24,5186(19)	5,4839(01)	49,5893(08)	36,8582(07)	18,3875(08)	94,00(4,5)
466-02	34,6271(03)	3,5425(17)	45,7921(11)	34,6025(18)	6,6818(13)	164,00(15)
485-02	24,7986(18)	3,6839(15)	5,7093(21)	36,1882(12)	2,8975(19)	175,00(20)
488-02	24,2757(20)	3,0254(20)	19,0093(16)	35,8825(14)	3,5761(17)	180,00(21)
488-05	28,2786(10)	4,6982(11)	32,8993(14)	38,2568(05)	7,5946(12)	120,00(09)
Kiriris	31,0271(07)	5,0925(08)	68,5021(01)	35,8925(13)	29,4318(01)	101,00(08)
Mani Branca	25,5271(17)	5,4625(02)	62,2921(02)	36,2625(11)	26,3318(03)	80,00(02)
Comuns	CMR	DMR	IC	TMS	PRO	I_{MM}
9624-09	29,2650(08)	5,2600(04)	54,6950(05)	37,3325(06)	20,8150(06)	98,00(07)
9783-13	27,7650(11)	5,0800(09)	58,2325(03)	39,2675(02)	28,4775(02)	54,00(01)
98150-06	26,7850(14)	4,9525(10)	55,9275(04)	38,7050(04)	23,6575(05)	83,00(03)
Cidade Rica	26,5400(15)	4,6400(12)	16,8775(17)	39,1475(03)	3,1600(18)	160,00(14)
Cigana	28,8000(09)	5,1050(07)	48,0000(09)	36,8500(08)	15,1300(09)	126,00(10)
Mulatinha	25,8550(16)	5,4075(03)	53,6575(07)	39,4750(01)	19,9675(07)	96,00(06)
Poti Branca	26,9800(13)	5,2125(06)	53,8150(06)	35,8800(15)	23,6750(04)	94,00(4,5)

Número entre parêntese significa a soma de postos para cada variável.

Tabela 7. Valores de médias ajustadas para as variáveis altura da planta em m (ALT), diâmetro da haste em mm (DHA), altura da primeira ramificação em m (ALR), comprimento de estaca comercial em m (CEC), peso da parte aérea em Kg (PPA), rendimento do terço superior da planta em Kg (MTS), teor de proteína em % (PRT) e número de raiz por planta (NMR), para o cálculo do Índice de Mulamba & Mock (I_{MM}) (1978) em genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* com 12 meses após plantio. Cruz das Almas, 2016.

Regulares	ATL	DHA	ALR	CEC	PPA	MTS	PRT	NMR
444-08	1,4321(19)	2,1189(16)	0,2996(19)	9,0143(17)	0,7150(22)	0,0211(23)	3,3704(06)	3,3879(18)
449-02	1,1579(27)	1,8018(21)	0,1839(26)	4,9143(26)	0,5679(25)	0,1025(13)	4,2718(02)	7,3521(03)
450-09	1,8321(11)	2,2089(11)	0,6096(11)	1,6143(27)	0,7150(22)	0,0711(18)	3,4104(05)	0,8879(27)
450-15	1,3579(20)	1,6004(27)	0,2754(23)	7,0143(23)	0,7407(20)	0,1154(10)	2,1318(13)	5,3150(11)
450-16	1,2721(25)	1,6889(25)	0,2396(24)	8,8143(19)	0,7150(22)	0,1511(03)	1,9104(16)	5,7179(10)
450-18	1,3279(22)	2,1618(13)	0,1639(27)	10,6143(15)	0,8879(18)	0,0325(21)	2,0718(14)	3,7721(27)
452-01	1,2879(24)	2,1718(12)	0,3139(18)	5,2143(25)	0,8979(17)	0,1125(12)	3,3518(07)	3,8521(16)
452-08	1,1921(26)	1,7089(24)	0,3311(17)	8,7571(21)	0,2664(26)	0,0211(23)	4,6461(01)	2,3950(23)
452-09	2,1179(04)	2,2804(08)	0,3454(16)	8,8143(19)	1,3307(09)	0,1654(02)	2,6318(08)	2,3150(24)
453-19	1,6579(17)	1,7704(23)	0,4554(12)	10,8143(14)	0,8307(19)	0,0854(17)	2,5018(10)	1,9850(25)
458-05	2,0079(07)	2,1204(15)	0,3954(14)	19,4143(01)	1,6207(07)	0,1254(08)	2,0518(15)	2,6450(22)
464-01	1,6821(16)	2,2489(09)	0,2896(22)	14,8143(10)	1,1350(13)	0,0011(26)	0,6104(27)	4,3079(14)
466-01	1,2921(23)	1,7989(22)	0,2911(20)	6,7571(24)	0,2464(27)	0,0111(26)	2,4561(11)	2,8650(20)
466-02	1,8321(11)	1,9289(20)	0,3511(15)	8,7571(21)	1,1164(14)	0,1011(14)	2,3761(12)	6,5250(04)
482-02	1,8879(09)	2,3418(04)	0,2339(25)	12,4143(12)	1,7479(03)	0,1425(04)	2,6218(09)	3,8521(16)
485-02	1,7021(15)	2,3189(06)	0,2896(22)	15,4143(09)	1,1650(12)	0,0511(19)	4,0004(03)	2,9679(19)
488-02	1,7079(14)	1,9418(19)	0,4539(13)	9,4143(16)	0,9379(16)	0,0325(21)	3,9418(04)	2,8321(21)
488-05	1,7079(14)	2,0504(17)	0,6454(09)	13,4143(11)	1,3207(10)	0,0954(15)	1,6818(17)	6,1450(08)
Kiriris	1,4521(18)	1,6489(26)	0,8511(05)	8,3571(22)	0,5864(24)	0,0111(26)	1,5061(19)	4,9450(12)
Mani Branca	2,2421(01)	2,6789(01)	0,9411(01)	19,1571(02)	1,7164(05)	0,0111(26)	0,9861(21)	6,0250(09)
Comuns	ATL	DHA	ALR	CEC	PPA	MTS	PRT	NR
9624-09	1,8900(08)	2,2300(10)	0,7975(07)	17,5500(04)	1,6600(06)	0,1300(07)	0,7325(26)	6,2925(07)
9783-13	2,1225(03)	2,2875(07)	0,8175(06)	15,9000(07)	1,3575(08)	0,1175(09)	1,1325(20)	7,9600(01)
98150-06	2,1150(05)	2,4725(02)	0,9200(02)	17,3500(05)	1,8075(01)	0,1325(06)	0,8150(25)	6,4575(05)
Cidade Rica	1,3375(21)	1,9450(18)	0,6225(10)	10,9000(13)	1,0700(15)	0,1125(12)	0,8600(24)	1,0625(26)
Cigana	1,8175(12)	2,3400(05)	0,8525(04)	15,5500(08)	1,2800(11)	0,0925(16)	1,5800(18)	4,7925(13)
Mulatinha	2,1975(02)	2,3475(03)	0,9000(03)	17,9000(03)	1,7450(04)	0,1350(05)	0,9150(22)	6,3550(06)
Poti Branca	2,0850(06)	2,1300(14)	0,7175(08)	16,1500(06)	1,8050(02)	0,2275(01)	0,8775(23)	7,8750(02)

Número entre parêntese significa a soma de postos para cada variável.

Tabela 7. Valores de médias ajustadas para as variáveis peso de raiz por planta em Kg (PMR), comprimento médio da raiz em cm (CMR), diâmetro médio da raiz em cm (DMR), índice de colheita em % (IC), teor de matéria seca em % (TMS), produtividade de raiz em t ha⁻¹ (PRO) para o cálculo do Índice de Mulamba & Mock (I_{MM}) (1978) em genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* com 12 meses após plantio. Cruz das Almas, 2016.

Regulares	PMR	CMR	DMR	IC	TMS	PRO	I _{MM}
444-08	1,1568(10)	20,8121(21)	4,5507(13)	57,9393(11)	42,3039(06)	16,5114(10)	211(14)
449-02	0,9696(14)	26,1636(07)	3,6321(21)	62,0093(04)	29,1439(25)	13,8729(14)	228(18)
450-09	0,2568(24)	23,4121(16)	2,9307(26)	34,7093(21)	40,3339(11)	3,6514(24)	254(22)
450-15	0,7711(17)	17,1236(16)	3,6007(22)	41,7750(18)	34,5125(20)	11,0129(17)	257(23)
450-16	0,9868(13)	26,4521(06)	3,4607(24)	59,9593(07)	44,4739(02)	14,0114(13)	209(13)
450-18	0,5496(21)	23,7836(14)	4,0921(16)	35,9893(20)	32,8239(21)	7,8529(21)	270(25)
452-01	0,7496(18)	26,7436(05)	3,5621(23)	43,7693(17)	31,5039(23)	10,6529(18)	235(20)
452-08	0,0625(26)	21,1807(20)	3,4264(25)	45,0764(15)	31,2896(24)	0,8929(26)	397(27)
452-09	0,9511(15)	14,3636(27)	2,7807(27)	33,8350(22)	26,4325(26)	13,5829(15)	222(15)
453-19	0,5811(20)	19,4236(23)	4,0407(17)	24,4550(25)	22,9525(27)	8,3029(20)	269(24)
458-05	0,5911(19)	18,2636(25)	3,7607(18)	13,2650(27)	41,6825(08)	8,4129(19)	205(12)
464-01	1,5068(09)	27,4321(03)	4,8707(09)	58,5093(10)	39,2539(12)	21,5714(09)	189(10)
466-01	0,0425(27)	24,6007(11)	4,1964(15)	44,6864(16)	32,4496(22)	0,5429(27)	291(26)
466-02	0,9325(16)	28,0207(02)	3,7064(19)	47,9164(14)	38,0396(17)	13,2729(16)	195(11)
482-02	1,1296(11)	26,7636(04)	4,8621(10)	38,7193(19)	38,2039(16)	16,1029(11)	153(08)
485-02	0,1868(25)	19,6121(22)	3,7007(20)	21,2993(26)	45,8739(01)	2,6414(25)	224(16,5)
488-02	0,5296(22)	22,0436(19)	4,5421(14)	33,6193(23)	39,0739(13)	7,5429(22)	237(21)
488-05	1,5411(08)	28,5036(01)	4,8507(11)	51,0550(13)	38,0125(18)	21,9829(08)	160(09)
Kiriris	0,9925(12)	19,1007(24)	5,2764(07)	62,1164(02)	38,6996(15)	14,1729(12)	224(16,5)
Mani Branca	3,0225(01)	24,8607(10)	6,4764(01)	62,7664(01)	38,8196(14)	43,1029(01)	94(02)
Comuns	PR	CMR	DMR	IC	TMS	PRO	I _{MM}
9624-09	2,3800(04)	24,3300(12)	5,3175(04)	58,7375(08)	43,1750(04)	33,9850(04)	111(05)
9783-13	1,9275(07)	23,5800(15)	4,6875(12)	58,5925(09)	41,1550(09)	27,5250(07)	120(06)
98150-06	2,9350(02)	25,2500(08)	5,3925(03)	61,9300(05)	42,7225(05)	41,9150(02)	76(01)
Cidade Rica	0,4000(23)	24,9050(09)	5,3075(05)	27,3675(24)	41,0125(10)	5,7125(23)	233(19)
Cigana	2,0950(06)	24,1650(13)	5,4200(02)	62,0300(03)	34,8700(19)	29,9225(06)	136(07)
Mulatinha	2,2050(05)	22,1700(18)	5,3050(06)	55,8400(12)	44,3325(03)	31,4825(05)	97(03)
Poti Branca	2,8650(03)	22,5050(17)	5,2250(08)	61,3575(06)	42,1700(07)	40,9175(03)	106(04)

Número entre parêntese significa a soma de postos para cada variável.

A maior altura aos oito meses após plantio foi observada no genótipo 9783-13 (2,04 m), seguido dos híbridos 453-19 (1,94 m) e 488-02 (1,93 m) (Tabela 6). Na segunda avaliação aos 12 MAP observou-se maiores alturas entre os genótipos de *Manihot esculenta* subsp. *esculenta* (Tabela 7). Os híbridos apresentaram valores acima de 1,40 m, sendo que o 452-09 (2,11 m) apresentou altura semelhante aos genótipos de mandioca (Tabela 7). Essa diversidade encontrada na altura das plantas pode estar relacionada com as características fisiológicas e genéticas de cada genótipo. Para Guimarães (2013), quanto mais alta for a planta de mandioca, melhor para o seu manejo e tratos culturais. Porém, plantas mais altas podem acamar com mais facilidade, dificultando a colheita (GOMES et al., 2007). A altura da planta de mandioca pode variar de 1 a 5 metros, segundo Lorenzi e Dias (1993). Oliveira (2011) avaliando híbridos interespecíficos de *Manihot* observou altura das plantas em torno de 2,0 m.

Quanto à altura da primeira ramificação, os genótipos superiores aos oito MAP foram 'BRS Kiriris' e 'Mani Branca' com 1,08 m (Tabela 6). As menores alturas da primeira ramificação foram observadas entre os tratamentos regulares (híbridos de *Manihot*) nos dois períodos de avaliação (Tabelas 6 e 7).

Relacionando as duas medidas de altura, observa-se que o crescimento em altura da primeira ramificação, acompanha o aumento da altura das plantas, como nos genótipos 9783-13, 98150-06, 'Cidade Rica', 'Cigana Preta', 'BRS Poti Branca' e os híbridos 444-08, 450-15 e 450-16. Os demais genótipos de mandioca e os híbridos avaliados, a estabilização da primeira ramificação independe do aumento da altura da planta (Tabelas 6 e 7). Para Fukuda e Borges (1988) existe uma correlação positiva entre altura de planta e altura da primeira ramificação.

A variável altura da planta e altura da primeira ramificação de mandioca são de grande importância para o produtor e nos programas de melhoramento genético na aplicação dos tratos culturais da cultura. Os produtores têm preferência por cultivares que apresentem maior altura da primeira ramificação, por facilitarem a colheita, cultivos consorciados e controle de plantas invasoras (GOMES et al., 2007). Porém, vale ressaltar que todos os híbridos de *Manihot* avaliados nos dois períodos de avaliação possuem porte com classificação cinco (CEBALLOS et al., 2012) sendo um tipo de planta aberta, encontrando

dificuldades no seu manejo, tratos culturais e até mesmo nas avaliações no período da colheita, precisando tais características ser melhoradas.

Em relação ao peso da parte aérea, o genótipo 'Cidade Rica' apresentou resultado superior, com 1,67 kg, seguidos dos híbridos 458-05 (1,52 kg), 464-01 (1,44 kg), 453-19 (1,43 kg) e 450-09 (1,43 kg) aos oito MAP (Tabela 6), o que indica que esses genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* apresentam alta produção de manivas e/ou folhas. Na avaliação aos 12 MAP o genótipo que mais se destacou foi o '98150-06' com 1,80 kg por planta (Tabela 7). Para a maioria dos genótipos de mandioca essa característica aumentou aos 12 MAP, quando a cultura completou seu ciclo, porém para a maioria dos tratamentos regulares houve um decréscimo, provavelmente em razão da perda de folhas, por senescência (Tabela 6 e 7). Essa variável é de grande importância para a cultura, por estar relacionado à produção de material propagativo, aproveitamento para forragem, absorção de luz e fornecimento de fotoassimilados às raízes (VIDIGAL FILHO et al., 2000; ALBUQUERQUE et al., 2008). A parte aérea da mandioca chega a atingir em torno de duas toneladas por hectare em matéria seca no período da colheita das raízes, a qual, no entanto, é normalmente desperdiçada (SAGRILO et al., 2008).

Ao observar o desempenho dos genótipos de mandioca e os híbridos em relação ao rendimento do terço superior da planta nos dois períodos de avaliação (Tabelas 6 e 7) nota-se que aos oito MAP apresentaram valores superiores quando comparados aos 12 MAP. As maiores taxas de crescimento de folhas e ramos ocorrem no período de 3 a 6 meses após o plantio quando as plantas estão com sua arquitetura e ramificação definidas (ALVES, 2006). O terço superior (folhas e porção tenra da haste) é importante na alimentação animal, por ser usada para a produção de feno (FERREIRA et al., 2011). Com essa finalidade de aproveitamento de folhas e porção tenra da haste a permanência em campo aos 12 MAP não é viável, podendo gerar custos sem grandes retornos agronômicos.

Quanto a variável comprimento de estacas comerciais aos 12 MAP (Tabela 7) os genótipos avaliados apresentaram valores suficientes para produção de material propagativo de forma a contribuir com o plantio subsequente. O híbrido 458-05 apresentou maior valor, com 19,41 m, correspondente a aproximadamente 97 estacas comerciais de 0,2 m cada em 12 plantas avaliadas (Tabela 7). A

importância das manivas está no fato de que elas são o material de propagação comercial da mandioca.

Considerando as variáveis relacionadas à parte aérea da planta, o genótipo 'Mani Branca' foi superior aos 12 MAP e entre os híbridos, o 464-01 destacou-se (Tabela 7).

Em relação à variável número de raízes por planta aos oito MAP, o maior número de raízes foi observado entre os genótipos de mandioca (Tabela 6). O híbrido 464-01 se destacou entre os híbridos de *Manihot* com um número de cinco raízes por planta (Tabela 6). Aos 12 MAP, o maior número de raízes foi produzido pelos genótipos 9783-13 com aproximadamente oito raízes por planta e 'BRS Poti Branca' com sete raízes por planta (Tabela 7). Em relação aos híbridos de *Manihot* a maioria apresentou menos de quatro raízes por planta aos 12 MAP (Tabela 7). Apenas os híbridos '449-02' (sete raízes), '466-02' e 488-05 (seis raízes) apresentaram número de raízes próximos aos dos genótipos de *M. esculenta* (Tabela 7).

O número de raízes de armazenamento varia de seis a oito por planta (CONCEIÇÃO, 1981), e é definido, segundo Hunt et al. (1977), na fase inicial da cultura, com dois a três meses após plantio, havendo necessidade de manter as plantas sem estresse, relacionado à água e a temperatura, para a fixação dessas raízes, evitando assim uma futura redução na produtividade. Alves (2006) e Aguiar et al. (2011) confirmam que o número de raízes por planta é definido até 120 dias após plantio.

Para a característica comprimento médio de raiz, os maiores valores foram observados entre os híbridos aos oito e 12 MAP. O híbrido 450-15 apresentou o maior valor (41,62 cm), seguidos do '444-08', '466-02', '452-08', '453-19' e '450-16' aos oito MAP (Tabela 6). Para ALVES et al. (2008), o comprimento das raízes é definido desde o sete meses após o plantio. Trabalhos realizados já identificaram híbridos com valores de comprimento médio da raiz entre 22,70 a 45,25 cm (OLIVEIRA, 2011). Segundo Conceição (1981), o comprimento médio da raiz depende de vários fatores como cultivar, clima, fertilidade do solo, condições de cultivo, idade da planta, entre outros.

Para a variável diâmetro médio da raiz, o híbrido 464-01 destacou-se, com 5,48 cm aos oito MAP, semelhantes aos genótipos 'Mani Branca' (5,46 cm) e 'BRS Mulatinha' (5,40 cm). Aos 12 MAP, os maiores diâmetros de raiz foram

observados nos genótipos de *M. esculenta*, e o híbrido 464-01 apresentou o maior diâmetro entre os híbridos avaliados (Tabela 7).

As raízes dos híbridos de *Manihot* apresentaram forma irregular, com comprimento considerado longo segundo a classificação de Fukuda e Guevara (1998). De uma maneira geral, observou-se que a aparência das raízes dos híbridos não é adequada para comercialização, entretanto, o híbrido 464-01 destacou-se com sua aparência comercializável. Para nenhum dos genótipos avaliados foram observadas raízes danificadas durante os dois períodos de avaliação

Quanto ao desempenho dos genótipos de mandioca (tratamentos comuns mais 'Mani Branca' e 'BRS Kiriris', incluídos entre os tratamentos regulares) em relação ao teor de proteína da raiz aos 12 MAP (Tabela 7), variou de 0,73% (9624-09) a 1,58 % ('Cigana Preta'). Observa-se que esses genótipos apresentaram teor abaixo de 2%, havendo necessidade de melhorar essa característica para a qualidade da raiz, que segundo Ceballos et al. (2006), varia entre 2% e 3%. Essa deficiência no teor de proteína na raiz de mandioca pode ser um dos fatores responsáveis pela sua imagem desfavorável quando comparado com outras culturas (AKINBO et al., 2012b). Para milhões de pessoas que têm a mandioca como um alimento básico, o baixo teor de proteína da raiz tem sido um fator negativo. Com isso, existe a necessidade de desenvolver genótipos com alto teor protéico, de forma a contribuir para o aumento do valor nutricional e comercial da cultura.

A maioria dos híbridos avaliados nesse estudo apresentou teores de proteína acima de 2 %, e chegando até 4% (Tabela 7). Os híbridos 452-08, 449-02, 485-05, 488-02, 450-09, 444-08 e 452-01 apresentaram teores de proteína acima de 3 %, podendo ser indicados para os programas de melhoramento da cultura.

O teor de matéria seca da raiz foi maior aos 12 MAP, tanto nos tratamentos comuns quanto nos regulares (Tabelas 6 e 7). Nesse período de avaliação, os maiores teores foram obtidos pelos híbridos 485-02 (45,87 %) e 450-16 (44,47 %) (Tabela 7). A maioria dos genótipos avaliados teve teores acima de 30%, nos dois períodos de avaliação (Tabelas 6 e 7), valor considerado ideal por Conceição (1987). Apenas os híbridos 452-08 (Tabela 6), 453-19 e 452-09 (Tabela 7) apresentaram valores abaixo de 30%. Em trabalhos realizados com 37 clones

obtidos no segundo retrocruzamento (RC₂) entre o clone MTAI 8 de *M. esculenta* e *M. tristis*, foram obtidos teores de matéria seca entre 34,39% e 42,73%. (OJULONG et al., 2008). Os teores de matéria seca da raiz observados nos híbridos são satisfatórios, ao considerar que a mandioca apresenta em torno de 30% de matéria seca nas raízes (FUKUDA et al., 2006). Essa característica é importante para as indústrias por estar relacionado com o rendimento dos diversos produtos derivados da mandioca como a produção de fécula (ROESLER et al., 2008).

Para produtividade de raiz e o índice de colheita, os maiores valores foram para os genótipos de mandioca, nos dois períodos de avaliação (Tabelas 6 e 7). Aos oito MAP, o genótipo 'BRS Kiriris' teve a maior produtividade (29,43 t ha⁻¹) e o maior índice de colheita (68,50%) (Tabela 6). Aos 12 MAP, a maior produtividade de raiz e índice de colheita foram observados pelo genótipo 'Mani Branca' (43,10 t ha⁻¹ e 62,76%, respectivamente) (Tabela 7). Ao considerar apenas os híbridos, o 464-01 destacou-se com a maior produtividade de raiz aos oito e 12 MAP (18,38 t ha⁻¹ e 21,57 t ha⁻¹, respectivamente), e com índice de colheita acima de 50% (Tabelas 6 e 7), considerado valor ótimo por Cock e El-Sharkawy (1991). Geralmente, maiores valores de índice de colheita estão relacionados a maiores produtividades (MEZETTE, 2007; PONTE, 2008).

Entretanto, de acordo com Cardoso Júnior et al. (2005), o incremento do índice de colheita pode ser obtido com o aumento da produção de raízes e/ou pela diminuição da produção de parte aérea. Observa-se que os híbridos 444-08, 449-02 e 450-16 apresentaram índice de colheita acima de 57% com baixa produção de parte aérea aos 12 MAP (Tabela 7). Por isso, a seleção com base apenas no índice de colheita pode levar à escolha de genótipos com baixa produção de manivas (VALLE, 1990), situação indesejável, uma vez que as manivas são o material propagativo utilizado pelos produtores de mandioca.

De uma maneira geral houve incremento da produtividade de raízes, teor de matéria seca e índice de colheita para a maioria dos genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot* avaliados aos 12 MAP, não sendo vantajoso realizar colheita de forma precoce desses clones, confirmando o que foi citado por Benesi et al. (2008) e Souza et al. (2010).

Ao considerar a classificação apenas entre os híbridos de *Manihot* com base nos componentes de produção, observa-se que o melhor híbrido foi o 464-01

destacando-se com o melhor diâmetro de raiz (5,48 cm) e produtividade (18,38 t ha⁻¹) aos oito MAP (Tabela 6). Quanto à variável teor de matéria seca, o mesmo ocupou a segunda melhor classificação, com 36,85%, perdendo para o híbrido '488-05' com 38,25% (Tabela 6).

Considerando os parâmetros de produção aos 12 MAP (Tabela 7), os genótipos 'Mani Branca' e 98150-06 destacaram-se com o diâmetro médio da raiz (6,47 cm e 5,39 cm), produtividade de raízes (43,10 t ha⁻¹ e 41,91 t ha⁻¹), teor de matéria seca de raiz (38,81% e 42,72%) e índice de colheita (62,76% e 61,93%) estando acima de 60%, valor este considerado adequado (CONCEIÇÃO, 1981).

Ficou evidente que houve um incremento das variáveis avaliadas para a maioria dos genótipos de mandioca e híbridos de *Manihot*, dos oito para os 12 MAP, com exceção das variáveis peso da parte aérea e rendimento do terço superior da planta, os quais apresentaram maiores valores aos oito MAP. (Tabelas 6 e 7).

De maneira geral, os tratamentos comuns foram superiores aos tratamentos regulares na avaliação agrônômica. Considerando os híbridos, nas duas avaliações realizadas aos oito e 12 MAP (Tabelas 6 e 7), os '464-01' e '488-05' foram superiores para a maioria das variáveis avaliadas podendo esses ser incorporados aos programas de melhoramento genético da cultura.

CONCLUSÕES

1. Os genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) foram superiores aos híbridos intra e interespecíficos de *Manihot*.
2. Os híbridos apresentaram teor de proteína nas raízes superiores aos genótipos de mandioca.
3. Os híbridos 464-01 e 488-05 apresentam potencial para serem utilizados em programas de melhoramento da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>>.

Acesso em: 15 de abri. 2014.

AGUIAR, E.B.; BICUDO, S.J.; CURCELLI, F.; FIGUEIREDO, P.G.; CRUZ, S.C.S. Épocas de poda e produtividade da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 1463–1470, 2011.

AKINBO, O.; LABUSCHAGNE, M.; FREGENE, M. Introgression of whitefly (*Aleurotrachelus socialis*) resistance gene from F₁ inter-specific hybrids into commercial cassava. **Euphytica**, v.183, n.1, p.19-26, 2012(a).

AKINBO, O.; LABUSCHAGN, M. T.; MARIN, J.; OSPINA, C.; SANTOS, L.; BARRERA, E.; GUTIÉRREZ, J.; EWA, F.; OKOGBENIN, E.; FREGENE, M. QTL Analysis for root protein in a backcross family of cassava derived from *Manihot esculenta* ssp *flabellifolia*. **Tropical Plant Biology**, v. 1, n. 2, p. 1-12, 2012(b).

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDYIAMA, T.; SILVA, A. A.; CARNEIRO, J. E. S.; CECON, P. R.; ALVES, J. M. A. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca. **Planta Daninha**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, v. 1, p. 138-169, 2006.

ALVES, J. M. A.; COSTA, F. A. DA; UCHOA, S. C. P.; SANTOS, C. S. V. dos; ALBUQUERQUE, J. de A. A. DE; RODRIGUES, G. S. Avaliação de dois clones de mandioca em duas épocas de colheita. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 2, n. 2, p. 15-24, 2008.

ASIEDU, R.; HAHN, S. K.; VIJAYA BAI, K.; DIXON, A. G. O. Interspecific hybridization in the genus *Manihot*-progress and prospects. **Acta Horticulturae**, v. 380, p. 110-113, 1994.

BENESI, I. R. M.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L.; MAHUNGU, N. M.; SAKA, J. K. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. **Euphytica**, v. 160, p. 59–74, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 68, de 12/12/2006. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 dez. 2006. Seção I, p. 8. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/legislacao>> Acesso em: 4 JAN. 2015

CARABALÍ, A.; BELLOTTI, A. C.; MONTOYA-LERMA, J.; FREGENE, M. *Manihot flabellifolia* Pohl, wild source of resistance to the whitefly *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Hemiptera: Aleyrodidae). **Crop Protection**, v. 29, n. 1, p. 34-38, 2010a.

CARABALÍ, A.; BELLOTTI, A. C.; MONTOYA-LERMA, J.; FREGENE, M. Resistance to whitefly, *Aleurotrachelus socialis*, in wild populations of cassava, *Manihot tristis*. **Journal of Insect Science**, v. 10, n. 170, p. 1-10, 2010b.

CARDOSO JÚNIOR, N. S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F. M. Efeito do nitrogênio em características agrônômicas da mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 651-659, 2005.

CEBALLOS, H.; SÁNCHEZ, T.; CHÁVEZ, A. L.; IGLESIAS, C.; DEBOUCK, D.; MAFLA, G.; TOHME, J. Variation in crude protein content in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 19, v. 6-7, p. 589–593, 2006.

CEBALLOS, H.; HERSHEY, C.; BECERRA-LÓPEZ-LAVALLE, L. A. New approaches to cassava breeding. **Plant Breeding Reviews**, v. 36, p. 427-50, 2012.

COCK, J. H.; EL-SHARKAWAY, M. A. Características fisiológicas para la selección de yuca. In: HERSEY, C. H. (Ed.). **Mejoramiento genético de layuca en América Latina**. Cali: CIAT: PNDU, 1991. p. 257-265.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. Cruz das Almas: FBA/EMBRAPA/BRASCON NORDESTE, 1981. 382p.

DUARTE, J. B. **Sobre o emprego e a análise estatística do delineamento em blocos aumentados no melhoramento genético vegetal**. 2000. 293f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - São Paulo. 2000.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. Statistical databases: Faostat. 2014. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> >. Acesso em: 13 de abril. 2016.

FEDERER, W. T. Augmented (hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters' Record**, v.55, p.191-208, 1956.

FERREIRA, M.; MACHADO, L. C.; FERREIRA, W. M.; SILVA, J. da. Parte aérea de diferentes cultivares de mandioca como fonte de fibra para utilização na alimentação animal. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 7, p. 1-11, 2011.

FUKUDA, W. M. G.; BORGES, M. F. Avaliação qualitativa de cultivares de mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 7, n. 1, p. 63-71, 1988.

FUKUDA, W. M. G.; COSTA, I. R. S.; VILARINHOS, A. D.; OLIVEIRA, R. P. **Banco de germoplasma de mandioca: manejo, conservação e caracterização**. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, Bahia, 1996. (Documento, 68).

FUKUDA, W. M. G.; GUEVARA, C. L. **Descritores morfológicos e agronômicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, Bahia, 1998, 38 p. (Documento, 78).

FUKUDA, W. M. G.; FUKUDA, C.; VASCONCELOS, O.; FOLGAÇA, J. L.; NEVES, H. P.; CARNEIRO, G. T. Variedades de mandioca recomendadas para o Estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 3, p. 27-30, 2006.

GOMES, J. C.; SILVA, J. Correção da acidez e adubação. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 215-247.

GOMES, C. N.; CARVALHO, S. P.; JESUS, A. M. S.; CUSTÓDIO, T. N. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres da produção em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1121-1130, 2007.

GUIMARÃES, D. G. **Avaliação de genótipos de mandioca em Cândido Sales – BA**. 2013.102f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 2013.

HOWELER, R.; LUTALADIO, N. B.; THOMAS, G. **Save and grow cassava: A guide to sustainable production intensification**. FAO, Rome (2013), 129p.

HUNT, L. A.; WHOLEY, D. W.; COCK, J. H. Growth physiology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Field Crop Abstracts**, v. 30, n. 2, p. 77-91, 1977.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**: SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 08 de abri.. 2016.

LEDO, C. A. da S.; SANTOS, V. da S.; MARTIN, M. L. L.; ALVES, A. A. C.; SILVA, D. de C. S. da; SANTOS, A. S.; TAVARES FILHO, L. F. de Q. **Hibridação interespecífica entre espécies silvestres de *Manihot* (Euphorbiaceae - Magnoliophyta) e cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, Bahia, 2015. (Documento, 65).

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. **Cultura da mandioca**. Boletim Técnico CATI, Campinas, São Paulo, 1993. 41p. (Boletim técnico 211).

MEZETTE, T. F. **Seleção de variedades de mandioca de mesa (*Manihot esculenta crantz*) com altos teores de carotenóides e vitamina a.** 2007. Tese (Mestrado)- Instituto agrônomo, Campinas. 2007.

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

NASSAR, N. M. A. Mandioca: Uma opção contra a fome estudos e lições do Brasil e do mundo. **Ciência hoje**, v. 39, n. 231, p. 31-34, 2006.

OJULONG, H.; LABUSCHANGNE, M. T.; FREGENE, M.; HERSELMAN, L. A cassava clonal evaluation trial based on a new cassava breeding scheme. **Euphytica**, v. 160, n. 1, p. 119-129, 2008.

OLIVEIRA, L. A. **Manual de Laboratório: análises físico-químicas de frutas e mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 248p.

OLIVEIRA, M. M. de. **Diversidade genética em espécies silvestres e híbridos interespecíficos de *Manihot*.** 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)– centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2011.

PONTE, C. M. de A. **Época de colheita de variedades de mandioca.** 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 2008.

RIMOLDI, F.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G. Avaliação de cultivares de mandioca nos municípios de Maringá e Rolândia no estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 459 – 465, 2003.

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

RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KIMURA, M. Harvest **Plus handbook for carotenoid analysis.** Cali: IFPRI: CIAT, 2004. 58p.

ROESLER, P. V. S. O.; GOMES, S. D.; MORO, E.; KUMMER, A. C. B.; CEREDA, M. P. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no Oeste do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 117-122, 2008.

SAGRILO, E.; VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; KVITSCHAL, M. V. Dry matter production and distribution in three cassava (*Manihot esculenta Crantz*) cultivars during the second vegetative plant cycle. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 6, p. 1079-1087, 2008.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system: user's Cary guide**. Cary: SAS, 2010.

SOUZA, M. J. L.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS, R. C.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2010.

VALLE, T. L. **Cruzamentos dialélicos em mandioca** (*Manihot esculenta Crantz*). 1990. 180p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1990.

VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G.; MAIA, R. R.; SAGRILO, E.; SIMON, G. A.; LIMA, R. S. Avaliação de cultivares de mandioca na Região Noroeste do Paraná. **Bragantia**, v. 59, p. 69-75, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse trabalho buscou explorar o uso de espécies silvestres de *Manihot* por conter características úteis que podem beneficiar a espécie comercial quanto as suas limitações, favorecendo assim aos programas de melhoramento da cultura. Entretanto, o nível de ameaça a que os ambientes naturais estão submetidos colabora para que boa parte dessas espécies estejam em listas de espécies ameaçadas, havendo necessidade de estudos relacionados com essas espécies de forma a contribuir com a conservação.

Ao realizar o mapeamento da distribuição geográfica das espécies foi possível mostrar a distribuição das mesmas, sendo que algumas delas precisam ser avaliadas in loco devido a semelhanças morfológicas com outras espécies do gênero, sugerindo ampliações em locais ainda não previstos. Esses dados são importantes por contribuir com a conservação dessas espécies, principalmente para as que se encontram em extinção, favorecendo assim aos programas de Recursos Genético da cultura.

Ao realizar cruzamentos com mandioca (*Manihot esculenta* subsp. *esculenta*) e suas subespécies, *Manihot esculenta* subsp. *flabellifolia* e *M. esculenta* subsp. *peruviana*, foi possível a produção satisfatória de sementes, confirmando que é possível realizar cruzamentos entre as espécies e subespécies e ampliando a variabilidade genética ao desenvolver híbridos entres eles.

A avaliação agronômica de genótipos de mandioca e híbridos intra e interespecífico de *Manihot* possibilitou selecionar híbridos baseado no desempenho agronômico. A indicação dos 464-01 e 488-05, é uma nova possibilidade aos programas de melhoramento da cultura em obter materiais com características agronômicas satisfatórias.

Sendo assim os resultados obtidos contribuirão com a conservação das espécies e na obtenção de novos genótipos para serem explorados nos próximos anos pelo programa de melhoramento da cultura ampliando a variabilidade genética.