

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO –
PPG-ATU

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE FEIJÃO-MACUCO (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.)
Spreng.), FABACEAE, COM BASE NA NODULAÇÃO NATURAL, CARACTERES
ASSOCIADOS E PROCESSAMENTO DE RAÍZES TUBEROSAS

EDINEI SANTOS DA SILVA

Manaus, Amazonas
Março, 2015

EDINEI SANTOS DA SILVA

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE FEIJÃO-MACUCO (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), FABACEAE, COM BASE NA NODULAÇÃO NATURAL, CARACTERES ASSOCIADOS E PROCESSAMENTO DE RAÍZES TUBEROSAS

Orientador: Dr. Danilo Fernandes da Silva Filho
Coorientador: Dr. Luiz Augusto Gomes de Souza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura do Trópico Úmido, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), como requisito para obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas
Março, 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

S586 Silva, Edinei Santos da
Avaliação de Progênieis de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) Fabaceae, com base na Nodulação natural, Caracteres associados e Processamento de raízes tuberosas / Edinei Santos da Silva. --- Manaus: [s.n.], 2015.
xii, 70 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2015.
Orientador : Danilo Fernandes da Silva Filho.
Coorientador: Luiz Augusto Gomes de Souza.
Área de concentração : Agricultura no Trópico úmido.

1. Raízes tuberosas. 2. Feijão-macuco. I. Título.

CDD 635.65

Sinopse:

Estudou-se progênieis de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*), com base na Nodulação natural, Caracteres associados e Processamento de raízes tuberosas em Manaus.

Palavras-Chave: hortaliça não convencional, proteína, alimentação

FOLHA DE APROVAÇÃO

A Banca Julgadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**TÍTULO: "AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE FEIJÃO-MACUCO
(*Pachyrhizus tuberosus* Lam.) SPRENG., FABACEAE, COM BASE
NA NODULAÇÃO NATURAL, CARACTERES ASSOCIADOS E
PROCESSAMENTO DE RAÍZES TUBEROSAS"**

AUTOR:

EDINEI SANTOS DA SILVA

BANCA JULGADORA:



VALDELEY FERREIRA KINUPP, Dr. (IFAM)
(Membro)



RICARDO LOPES, Dr. (EMBRAPA)
(Membro)



JERUSA DE SOUZA ANDRADE, Dra. (INPA)
(Membro)

Manaus, 23 de fevereiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão de todas as vidas.

Aos meus pais, Jaime de Souza e Silva e Raimunda Santos da Silva pelo apoio.

Ao Orientador Dr. Danilo Fernandes da Silva Filho e Co-Orientador Dr. Luiz Augusto Gomes de Souza, pela paciência, parceria e orientação durante todo período de desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Manoel e Adnam, pela ajuda nas coletas de nódulos no campo.

Ao Ariel e Zé Nilton técnicos da Estação Experimental de Hortaliças do INPA, pelo apoio.

As alunas do Instituto Federal de Rondônia que ao estarem estagiando na Estação Experimental do INPA, ajudaram na colheita e pesagem do material.

Ao amigo Augusto e aos técnicos do setor de microbiologia do solo por suas colaborações no processo de análise dos dados em programa estatístico.

Aos membros das bancas da aula de qualificação e defesa da dissertação pelas preciosas sugestões e correções da dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido do INPA, pela possibilidade de realizar este trabalho.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo auxílio de bolsa concedido nos dois anos, sendo fundamental para conclusão do curso de Pós-Graduação na cidade de Manaus-AM.

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIOS DE FEIJÃO-MACUCO (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng)., FABACEAE, COM BASE NA NODULAÇÃO NATURAL, CARACTERES ASSOCIADOS E PROCESSAMENTO DE RAÍZES TUBEROSAS

Resumo – O feijão-macuco é uma leguminosa que produz raízes tuberosas alimentícias, de considerável valor nutricional, com potencial de cultivo para produção em larga escala. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o desenvolvimento da nodulação natural, os caracteres associados e o processamento de raízes tuberosas de progênies procedentes de diferentes regiões brasileiras, mantidas no Banco de Germoplasma do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, em Manaus. O experimento foi realizado em Argissolo Vermelho-Amarelo, na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von der Pahlen, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, localizada no km 14 da rodovia AM-010, município de Manaus, AM, no período de janeiro a julho de 2014. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 64 tratamentos (progênies de feijão-macuco), com cinco repetições (cinco plantas competitivas). As variáveis biomassa da parte aérea (fresca), e da parte aérea, caule, folhas, raízes, nódulos (secos), e biomassa total, número de nódulos, peso específico dos nódulos, referentes ao desenvolvimento e nodulação natural foram avaliadas quando 50% das plantas atingiram o estágio de floração, aos 100 dias após o transplante. Para estimar a magnitude das divergências genéticas foram usados os seguintes caracteres: altura da planta, número de ramificações secundárias, biomassa da parte aérea fresca, diâmetro do caule, biomassa da raiz tuberosa, número de raízes tuberosas, largura da raiz tuberosa, comprimento da raiz tuberosa, relação comprimento/largura da raiz tuberosa e forma da raiz tuberosa. O processamento das raízes foi realizado com 86 kg de raízes tuberosas de feijão-macuco, em casa de farinha de agricultor familiar, no assentamento Iporá-AM, adotando-se a mesma técnica de produção de farinha de mandioca praticada pelos agricultores tradicionais do Amazonas. Sobre os dados quantitativos procederam-se análises de variância, pelo teste F, comparação de médias pelo teste de Duncan, estimativas de correlações fenotípica, genotípica e ambiente, análise de agrupamento usando como medidas de dissimilaridade as distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2). Verificou-se que 98,4% das progênies de feijão-macuco nodularam naturalmente com rizóbios nativos. As progênies P6, P10, P11 e P13 se destacaram na produção de biomassa total seca e no número de nódulos estabelecidos naturalmente em seus sistemas radiculares. Nos componentes de produtividade, número e massa de raízes tuberosas, as progênies que mais se destacaram foram a P52 com 4,53 raízes e a P22, com massa de 5,38 kg de raízes por planta. As correlações ambientais, geralmente, foram superiores às genotípicas e fenotípicas, mostrando maior contribuição dos fatores ambientais na expressão desses caracteres em relação às demais correlações. Com 86 kg de raízes tuberosas de feijão-macuco *in natura* conseguiu-se um rendimento 8,6 kg de amido, 7 kg de farinha, 16 kg de casca e 54,31 kg de líquido residual. O amido gerado com a matéria-prima das raízes tem o processo de decantação lento, semelhante ao amido da araruta. Em geral, as 64 progênies de feijão-macuco estudadas apresentaram várias características de importância agrônômica para uso imediato pelos agricultores familiares do Estado do Amazonas, e em estudos futuros para o melhoramento genético dessa espécie.

Palavras-chave: raízes tuberosas, nodulação natural, farinha e amido.

YAM BEAN PROGENIES ASSESSMENT (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.),
FABACEAE BASED ON NATURAL NODULATION, ASSOCIATED CHARACTERS
AND ROOTS PROCESSING TUBEROUS

Abstract - The yam bean is a legume that produces edible tuberous roots of considerable nutritional value, with potential for cultivation for large-scale production. This study aimed to evaluate the development of natural nodulation, the associated characters and the processing of roots progenies from different Brazilian regions, kept in the Germplasm Bank of the National Institute of Amazonian Research-INPA, in Manaus. The experiment was conducted on Red Yellow Argisol in Horticulture Experimental Station Alejo Von der Pahlen, the National Institute of Amazonian Research-INPA, located at km 14 of the AM-010 highway, city of Manaus, AM, from January to July 2014. We adopted the experimental design of randomized blocks, with 64 treatments (the yam bean progenies) with five replicates (five competitive plants). The biomass variables of fresh shoots, and shoot dry, stem, leaves, roots, nodules, and total biomass, number of nodes, specific weight of nodules, relating to development and natural nodulation were evaluated when 50% of plants reached the flowering stage, at 100 days after transplantation. The magnitude of genetic differences were used the following characters: plant height, number of secondary branches, biomass fresh shoot, stem diameter, biomass tuberous root, number of roots, width of the tuberous root, root length tuberosa, length width ratio of tuberous root and form of the tuberous root. The processing of the roots was carried out with 86 kg of roots of bean-macuco in family farmer flour home in Iporá-AM settlement, adopting the same cassava flour production technique practiced by traditional farmers of the Amazon. About quantitative data proceeded to analysis of variance by F test, mean comparison by Duncan test, estimates of phenotypic, genotypic and environment, cluster analysis using as dissimilarity measures the generalized Mahalanobis distances (d^2). It was found that 98.4% of yam bean progenies nodulated naturally with indigenous rhizobia. The progenies P6, P10, P11 and P13 stood out in dry total biomass and the number of nodes established naturally in their root systems. In productivity components number and mass of roots, the progenies that stood out were the P52 with 4.53 roots and the P22, with mass of 5.38 kg of roots per plant. The genotypic correlations generally were higher than the phenotypic and environmental, showing greater contribution of genetic factors on the expression of these traits in relation to other correlations. Since the genetic correlations involve a combination of inheritable nature, may be used in future yam bean breeding programs for the State of Amazonas. 86 kg of bean-macuco fresh root yield, after processing, adopting the same technology used in the production of cassava flour was achieved by a 8.6 kg of starch yield, 7 kg of flour, 16 kg of bark and 54.31 kg of waste liquid. Starch generated from the raw roots have slow settling process similar to arrowroot starch. In general, the 64 studied yam bean progenies showed several characteristics of agronomic importance for immediate use by farmers of Amazonas state, and future studies for the genetic improvement of this species.

Key-words: tuberous roots, natural nodulation, flour and starch.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 OBJETIVOS	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Origem e distribuição geográfica.....	17
3.2 Aspectos botânicos.....	18
3.2.1 Taxonomia.....	18
3.2.2 Morfologia.....	18
3.2.3 Morfologia floral.....	18
3.3 Composição Química das sementes e raízes do feijão-macuco.....	19
3.4 Variabilidades no gênero <i>Pachyrhizus</i>	19
3.5 Variabilidades em <i>Pachyrhizus tuberosus</i>	19
3.6 Métodos de melhoramento genético de espécies autógamas.....	20
3.7 Correlações entre caracteres.....	22
3.8 Nodulação Natural na seleção de plantas.....	24
3.9 Produção de farinha e extração de amido.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
CAPÍTULO 1- NODULAÇÃO NATURAL EM PROGÊNIES DE FEIJÃO-MACUCO (PACHYRHIZUS TUBEROSUS (LAM.) SPRENG.), EM SOLO ARGISSOLO VERMELHO AMARELO	29
RESUMO.....	30
ABSTRACT.....	30
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
CAPÍTULO 2- DESENVOLVIMENTO DE PROGÊNIES DE FEIJÃO-MACUCO (PACHYRHIZUS TUBEROSUS (LAM.) SPRENG.), EM SOLO ARGISSOLO VERMELHO AMARELO	40
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	41
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE FEIJÃO-MACUCO (PACHYRHIZUS TUBEROSUS (LAM.) SPRENG.), COM BASE NOS CARACTERES ASSOCIADOS	51
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

CAPÍTULO 4 – PRODUÇÃO DE FARINHA E AMIDO DE RAÍZES TUBEROSAS DE FEIJÃO-MACUCO (<i>PACHYRHIZUS TUBEROSUS</i> (LAM.) SPRENG.), PARA AGRICULTURA FAMILIAR	68
RESUMO	69
ABSTRACT.....	69
INTRODUÇÃO	70
MATERIAL E MÉTODOS	72
RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1. Distribuição de classes da biomassa da matéria seca total (g) de 64 progênes de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) avaliadas aos 100 dias após o transplante, cultivadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central 48

Capítulo 3

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade de Mahalanobis, pelo método de Ligação Média entre Grupo (UPGMA), com corte em aproximadamente 80% da máxima distância (G1 a G4) representando os quatro grupos formados com 10 caracteres entre 64 progênes de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*), após sete meses de cultivo em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.64

Capítulo 4

Figura 1. Planta inteira com parte aérea e raiz tuberisada (a), aspecto interno (b) e aspecto externo (c) da raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam) Spreng.), utilizado na produção de farinha e amido.73

Figura 2. Fluxograma para obtenção da farinha e amido de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) em casa de farinha de agricultura familiar, assentamento Iporá-AM 74

Figura 3. Aspecto das raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*), cultivado em solo Argissolo Vermelho-Amarelo na Amazônia Central 75

Figura 4. Aspectos das raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) em bancada com tarisca própria para sevar mandioca em: a) cortes longitudinais, e b) processo de trituração.76

Figura 5. Extração de amido de massa de raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) recém-sevada: a) Massa vinda da bancada de sevação sem acréscimo de água; b) Extração de amido 76

Figura 6. Massa da raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) após a extração do amido: a) Acomodação da massa na prensa; b) Massa após ser retirada da prensa.77

Figura 7. Processo de peneiramento da massa após sair da prensa: a) Peneirando massa em peneira de arumã; b) Massa recém-peneirada em condições de ir ao forno.....77

Figura 8. Massa em processo de escaldamento em forno de casa de farinha tradicional do assentamento Iporá, AM.78

Figura 9. Peneiramento da massa (bagaço) da raiz tuberosa de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus tuberosus</i> (Lam.) Spreng.) ainda no forno.	78
Figura 10. Farinha a partir da raiz tuberosa de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus tuberosus</i> (Lam.) Spreng.): a) Farinha grossa; b) Farinha fina.	79
Figura: 11. Percentual de rendimento e resíduos do processo de produção de farinha e amido de raiz tuberosa de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus tuberosus</i> (Lam.) Spreng.).	80

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Características da nodulação natural, em progênies de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus tuberosus</i>) avaliadas aos 100 dias após o transplante, cultivadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.....	38
--	----

Capítulo 2

Tabela 1. Produção e partição de biomassa de 64 progênies de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus tuberosus</i>) avaliadas aos 100 dias após o transplante, cultivadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.....	46
---	----

Capítulo 3

Tabela 1. Valores médios de 10 caracteres avaliados, em 64 progênies de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus tuberosus</i>) aos sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho-Amarelo na Estação Experimental do INPA-AM.	59
Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de Correlações Fenotípicas (r_F), Genotípicas (r_G) e Ambiental (r_A), entre 10 caracteres avaliados em 64 progênies de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus tuberosus</i>), aos sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.....	62
Tabela 3. Contribuições relativas dos caracteres para divergência de 64 progênies de feijão-macuco (<i>Pachyrhizus tuberosus</i>), aos sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.....	63

1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), tem origem das áreas próximas as cabeceiras do rio Amazonas (Noda e Machado 1997). É uma espécie encontrada em localidades, como México e Peru. Considerada uma alternativa alimentícia, incluída no grupo das leguminosas, com usos em sobreamentos e fixação biológica de nitrogênio (FBN).

As leguminosas fazem parte da alimentação humana diária, e são mais conhecidas pelo fruto em forma de vagem encontrados nos feijões, soja, lentilha, grão-de-bico, tremoço, amendoim, entre outros (Balbin 2005; Eiras e Coelho 2011). A capacidade de espécies de leguminosas, se associarem com os rizóbios e conseguir captar o Nitrogênio para o seu desenvolvimento, crescimento e produção, é uma propriedade que pode ser explorada nos sistemas sustentáveis de produção agrícolas (Santos 2010). Geralmente, as espécies são usadas para sobreamento dos cultivos, práticas de adubação verde, cobertura do solo, recuperação de áreas degradadas, entre outros. Mas, nas últimas décadas, devido o aumento do consumo e dos preços dos adubos nitrogenados, aliado aos graves problemas de poluição causados pelo uso intensivo desses adubos, têm-se utilizado como alternativa à prática de maximizar a fixação biológica de nitrogênio na plantas e tornar mais eficiente a utilização de carboidratos pelos nódulos. E, o feijão-macuco se inclui nesse grupo das leguminosas, representante de espécies fixadoras de nitrogênio em associação com rizóbios (Stamford *et al.* 1999; Jantalia *et al.* 2006).

Além de sua capacidade simbiótica com rizóbios, o *Pachyrhizus* é um dos poucos gêneros de Fabaceae portadores de raízes tuberosas comestíveis, apresentando crescente interesse, devido seu alto potencial de produção, de valor nutricional e da possibilidade do cultivo em larga escala (Sørensen *et al.* 1997). Segundo Sørensen (1988) o gênero *Pachyrhizus* compreende cinco espécies das quais três são cultivadas e duas são selvagens.

A espécie *Pachyrhizus tuberosus* originária das cabeceiras do rio Amazonas (Noda e Machado 1997), conhecida, mundialmente, por dezenas de nomes, entre eles: feijão-macuco, feijão-batata, feijão-jacatupé, linguiça-vegetal, yeticopé-yacatupé (tupi) e patate-cochon (francês), apresenta algumas características atraentes à região Amazônica, sendo extremamente rústica, pouco exigente em fertilidade de solos, tolerante a altas temperaturas e à seca. (Silva Filho *et al.* 1997). Tolerando, inclusive, alto nível de precipitação (Villar 1991).

A raiz tuberosa é a parte da planta usada nas formas de saladas, farinha, bolo, purê, medicamento e cosmético hidratante corporal. Sua composição química contém (%): 87,1 de umidade, 1,12 de proteína, 0,05 de ácidos graxos, 5,60 de açúcares, 0,78 de fibra e 0,32 de

sais minerais em base seca (Noda e Machado 1997; Brasil 2010; Kinupp e Lorenzi 2014). Esta hortaliça é considerada não convencional, devido o seu potencial produtivo ter sido pouco explorado (Brasil 2010; Epamig 2011; Kinupp e Lorenzi 2014). Uma contribuição importante foi realizada por Noda e Kerr (1983), ao retirar as inflorescências das plantas verificaram aumento no peso das raízes tuberosas, em quase cinco vezes. Ribeiro *et al.* (2011) mencionaram que o peso das raízes tuberosas variam em torno de 120 a 2500 g planta⁻¹, podendo atingir produção média de 14 a 28 toneladas hectare⁻¹. Hermann e Heller (1997) desenvolveram experimentos de 4 anos conduzidos em Portugal e México, com 4 e 7 meses de ciclo da cultura, respectivamente, foram observados rendimentos em raízes tuberosas frescas da ordem de 29 a 50 toneladas hectare⁻¹.

Além da produção de raízes tuberosas, sua elevada capacidade de produção de sementes (média de 4 t ha⁻¹) tem despertado interesse de pesquisadores (Sales 1985). Segundo Sales *et al.* (1990), as sementes de feijão-macuco contêm teor proteico elevado, com solubilidade e composição de aminoácidos semelhantes à soja, e com os seguintes valores: teor de proteína 23,71% e matérias graxas 23,36% na base seca. As sementes apresentam dois princípios tóxicos (rotenona e pachirrizina) que, após extração por processos simples, podem ser empregados como inseticida biológico (Sorensen 1996). Neste contexto, é importante estimar a variabilidade existente nas populações, a ocorrência de nodulação natural, as correlações, a percepção do grau de associação entre caracteres. Seu conhecimento é importante por possibilitar ao melhorista, saber como a seleção para um caráter influencia a expressão de outros caracteres. Sobre isto, há métodos que podem identificar o grau de divergência dos acessos de um banco de germoplasma, considerando os caracteres associados (Cruz *et al.* 2011).

Além de avaliar as correlações associadas e a nodulação natural há interesse em avaliar o processamento das raízes tuberosas de feijão-macuco para produção de farinha e extração de amido. Conforme Brasil (1995); Costa *et al.* (2003) as farinhas, de um modo geral, representam uma grande variedade de produtos em pó, os quais se diferenciam segundo a sua composição química e suas características. Na indústria de alimentos, as farinhas participam do processo de produção como matérias primárias, intermediárias ou como produtos finais. Podendo incrementar a renda do agricultor familiar e estimular a geração de emprego na localidade (Loures 1989).

Portanto, a popularização do cultivo do feijão-macuco entre os agricultores depende de variedades produtivas que possam ser disseminadas nos agrossistemas. O desafio é

incrementar o seu cultivo em maior escala, expandindo sua área de produção. Em decorrência, há necessidade de novas pesquisas que aumentem o conhecimento das divergências genéticas das progênies, a capacidade de nodulação natural, bem como sobre a possibilidade de processamento da raiz tuberosa utilizando a mesma tecnologia empregada na mandioca.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar 64 progênies de feijão-macuco (*pachyrhizus tuberosus* (lam.) spreng.), fabaceae, com base na nodulação natural, caracteres associados e processamento de raízes tuberosas, cultivadas em solo argissolo vermelho amarelo.

2.2 Específicos

1-Averiguar o desenvolvimento vegetativo e a ocorrência da nodulação natural nas 64 progênies de feijão-macuco;

2-Avaliar as progênies de feijão-macuco, com base em seus caracteres associados, correlações fenotípicas, genotípicas, ambientais e a formação de grupos promissores;

3-Verificar a produção de farinha e extração de amido a partir de raízes tuberosas de feijão-macuco para agricultura familiar.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem e distribuição geográfica

O feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) tem origem das áreas próximas às cabeceiras do rio Amazonas (Noda e Machado 1997) e 64 progênes da espécie compõem a coleção do INPA, e vêm sendo investigadas ao longo de 35 anos. É uma espécie encontrada em localidades como México e Peru também conhecido como jícama. Duas espécies silvestres do Gênero *Pachyrhizus* são relatadas, com origem no Peru, e três espécies cultivadas, distribuídas em países como o Peru, México, Equador e Brasil (Bastidas 1998).

3.2 Aspectos botânicos

3.2.1 Taxonomia

A espécie *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng., antes descrita e denominada por Lamarck como *Dolichos tuberosus* (Sorensen 1988) é uma leguminosa da família botânica Fabaceae. Formada por ervas, arbustos, árvores ou lianas. As folhas podem ser alternas, raramente opostas, com estípulas, às vezes transformadas em espinhos. Geralmente a Inflorescência se apresenta em racemo; as flores podem ser bissexuadas, actinomorfas ou zigomorfas, eventualmente assimétricas, diclamídeas ou monoclamídeas; o cálice dialissépalo ou gamossépalo; estames podem ser duplos ao das pétalas, mas ocorrendo em número menor; anteras rimosas ou raramente poricidas; já o ovário pode ser súpero, raramente carpelar e dialicarpelar; frutos na maioria das vezes do tipo legume, podendo ocorrer drupa ou outros tipos (Giulietti *et al.* 2009).

A família Fabaceae possui distribuição cosmopolita, incluindo cerca de 650 gêneros e aproximadamente 18.000 espécies, representando uma das maiores famílias das Angiospermas e também uma das principais do ponto de vista econômico. No Brasil estima-se a ocorrência de 175 gêneros e 1500 espécies. Tradicionalmente foi reconhecida como uma única família, com três subfamílias (Papilionoideae ou Faboideae, Caesalpinoideae e Mimosoideae). Uma importante aplicação é o uso na adubação verde, associando-se com rizóbios que produzem pequenos nódulos nas raízes principalmente de Faboideae (Souza e Lorenzi 2008).

O gênero no qual o feijão-macuco se inclui é o *Pachyrhizus* pertencente a subfamília Faboideae (Papilionoideae) que possui folhas imparipinadas, trifolioladas ou unifolioladas;

flores diclamídeas, corola com prefloração imbricada descendente ou vexilar, dialipétala, estames geralmente em número duplo ao das pétalas, sendo frequentemente nove estames unidos entre si e um livre ou todos unidos, não vistosos; sementes sem pleurograma, mas com hilo bem desenvolvido (Souza e Lorenzi 2008).

3.2.2 Morfologia

Algumas plantas desenvolvem adaptações sobre forma de intumescimento nas raízes com reservas de amido, tornando-as tuberosas, podendo ser pivotante com raízes laterais tuberosas, raiz principal tuberosa e raiz fasciculada tuberosa (Gonçalves e Lorenzi 2011). A espécie *P. tuberosus* conhecida popularmente como feijão-macuco é uma planta herbácea, trepadeira podendo atingir de 3,5 a 10 metros de altura. O fruto é um legume, medindo de 6,5 a 20 cm de comprimento, formando uma ou mais raízes tuberosas, de casca marrom claro e interior branco (Melo e Bueno 2000).

3.2.3 Morfologia floral

O feijão-macuco (*P. tuberosus*) possui inflorescência em racemo, pedúnculo com 10 a 25 cm de comprimento, a haste principal mede de 6,8 a 9,0 cm de comprimento e 12 a 18 cm de haste secundários curtos (Balbin *et al.* 2005) e flores roxas (azuis) ou brancas, zigomorfas, organizadas em racemos axilares curtos e longos em pedúnculos (Noda e Machado 1997; Silva Filho *et al.* 1997; Kinupp e Lorenzi 2014).

3.3 Composições químicas das sementes e raízes do feijão-macuco

Na análise realizada pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) de Campinas, o feijão-macuco apresenta na composição química das sementes uma amplitude de 26,21% a 30,86% de proteínas. O mesmo Instituto mostrou que as raízes variam de 4,05% e 52,31% a 9,46% e 42,63%, no conteúdo de proteína e amido, respectivamente em base seca (Silva Filho *et al.* 1997).

3.4 Variabilidades no gênero *Pachyrhizus*

Dentro do gênero *Pachyrhizus* existem três espécies cultivadas conhecidas: (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban), (*Pachyrhizus ahipa* (Weddi.) Parodi) e (*Pachyrhizus*

tuberosus (Lam.) Spreng.). A primeira é originária no México conhecida como jícama, a espécie *P. ahipa* é nativa do Peru, enquanto *P. tuberosus* tem origem das áreas próximas as cabeceiras do rio Amazonas (Noda e Machado 1997), mas duas espécies silvestres do Gênero *Pachyrhizus* são relatadas: (*Pachyrhizus ferrugineus* (Piper) M.) e (*Pachyrhizus panamensis* Clausen), estas nativas do Peru (Bastidas 1998). As raízes tuberosas de *P. tuberosus* divergem em relação ao formato sendo alongadas, globulares ou em formato de nabo (Silva Filho *et al.* 1997; Noda e Machado 1997). Confrontando estes, aos dados de Bastidas (1998) verifica-se certa semelhança com os grupos ashipas e chuines, mas divergindo do grupo das jíquimas que é arbustivo.

3.5 Variabilidades em *Pachyrhizus tuberosus*

Alguns trabalhos realizados em países sul-americanos mostram que há uma variabilidade dentro da espécie *P. tuberosus*. Conforme Bastidas (1998) há três grupos representativos dentro da espécie, o grupo das jíquimas, ashipas, chuines.

Jíquimas: este grupo é encontrado em cultivos com mais frequência no Equador em áreas de clima seco, apresenta hábito arbustivo, seu ciclo vegetativo ocorre por volta de cinco meses, em conformidade com o referido autor a espécie apresenta potencial para produção comercial.

Ashipas: grupo encontrado na Amazônia da Colômbia, Brasil, Venezuela, Equador e Bolívia. É uma liana que se divide em subgrupos: ashipas I e II com muitas raízes tuberosas e ashipas III com uma só raiz tuberosa. As ashipas I e II produzem várias raízes grandes oblongas por planta, a ashipa I tem polpa branca com pouco açúcar, a ashipa II tem polpa amarela com bastante açúcar, enquanto a ashipa III produz uma grande raiz vertical em forma de nabo, polpa branca, com pouco açúcar, as flores são branca ou violetas (Bastidas 1998).

Chuines: este apresenta ampla variabilidade, encontrado ao longo do rio Ucayali na Amazônia Peruana em ambiente úmido, com três subdivisões conhecidas. Possui diferenças que divergem conforme a cor da pele e a cor da polpa, esse grupo apresenta mono-raiz uniforme, que se desenvolve verticalmente. O subgrupo chuín I é conhecido como chuín branco tem pele e polpa branca; o chuín II é conhecido como chuín amarelo com polpa amarela, outra subdivisão é o chuín III conhecida como chuín morado tem pele púrpura a violeta escura e polpa branca (Bastidas 1998).

No melhoramento genético vegetal, os estudos sobre diversidade genética são de fundamental importância, uma vez que tratam das diferenças nas frequências alélicas das

populações, tendo aplicação direta na escolha de progenitores, uma vez que a distância genética entre parentais é indicativa da expressão heterótica nas progênes. Portanto, o conhecimento do grau de variabilidade genética, por meio dos estudos de divergência, torna-se vantajoso no processo de identificação de novas fontes de genes de interesse (Amorim *et al.* 2007).

Em programas de melhoramento, combinações promissoras de parentais geneticamente distintos, possibilitam a obtenção de populações segregantes com ampla variabilidade, o que aumenta a probabilidade de recuperação de linhagens superiores para as características de interesse. Assim, as análises de divergência genética têm se constituído num importante instrumento, auxiliando os fitomelhoristas na quantificação da variabilidade genética e na identificação das características desejadas (Bezerra *et al.* 2006).

3.6 Métodos de melhoramento genético de plantas autógamas

As espécies vegetais para as quais predominam a autofecundação são denominadas de autógamas, apresentam taxas de autofecundação acima de 95%. Inúmeras espécies cultivadas de importância econômica pertencem a este grupo: cereais, como o trigo, cevada, aveia e arroz; leguminosas, como a soja, ervilha, amendoim, feijoeiro comum e feijão caupi; oleráceas, como o tomate, quiabo, alface e beringela e perenes, como café-arábica, pêssego e nectarina (Borém & Miranda 2005; Ramalho *et al.* 2001). As espécies autógamas caracterizam-se por apresentarem mecanismos morfológicos e ou fisiológicos que favorecem ou conduzem à formação de sementes a partir da união de gametas oriundos da mesma planta (Fehr 1987). Segundo Allard (1999), nas espécies silvestres predominam mecanismos que evitam a autogamia, o que sugere que as espécies autógamas tenham se originado a partir de espécies alógamas. Por exemplo, a soja cultivada (*Glycine max*) apresenta taxa de alogamia de 1%, enquanto que no seu ancestral selvagem (*Glycine soja*) esta taxa alcança 13% (Fujita *et al.* 1997).

Em geral, a taxa de fecundação cruzada natural em plantas autógamas é inferior a 5% (Allard 1999). Contudo, em várias plantas autógamas, é relatada a ocorrência de variações nas quantidades relativas de polinização cruzada dentro da mesma espécie. Para o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), Ramalho *et al.* (1993), afirmam que há ocorrência de taxas de alogamia de 9% em Pelotas, Rio Grande do Sul, enquanto Marques Junior e Ramalho (1995), em estudo realizado em diferentes épocas de semeadura em Lavras, Minas Gerais, evidenciaram que estas taxas variaram com a época, sendo, em média, 1,39%. Este fato

mostra que a taxa de fecundação cruzada, além de variar com o genótipo, é também dependente das condições ambientais durante o período de polinização e da disponibilidade de populações de insetos polinizadores (Ramalho *et al.* 1993; Vieira *et al.* 2005).

A partir do exposto, torna-se desejável que o melhorista determine adequadamente as taxas de alotrias que ocorrem nos genótipos que compõem a base de melhoramento da espécie autógama que está sendo trabalhada, nos seus respectivos ambientes (Allard 1999). Este conhecimento é fundamental, sobretudo, em atenção às etapas finais de um programa de melhoramento de plantas autógamas em que se almeja manter a pureza genética das linhagens. E, o sistema de reprodução sexual interfere diretamente sobre a estrutura genética das populações, visto que, ao contrário do que ocorre em espécies de propagação vegetativa, os genótipos não são propriamente transmitidos para a próxima geração e, sim, os alelos pelos gametas formados, os quais originarão os genótipos da próxima geração (Wricke & Weber 1986). Para as espécies autógamas, a autofecundação é o sistema predominante. Este sistema é o que mais rapidamente conduz à endogamia (Miranda Filho 2001).

O efeito da endogamia sobre a estrutura genética das populações constitui-se na principal diferença entre espécies autógamas e alótrias (Allard 1999). Enquanto as plantas alótrias sofrem severa depressão por endogamia, as espécies autógamas quase não a exibem devido ao longo processo evolutivo, a carga genética encoberta no heterozigoto ter sido gradativamente eliminada. Desse modo, os métodos de melhoramento apropriados para cada uma destas espécies são bem diferentes. Especificamente para culturas autógamas, estes métodos devem, em geral, direcionarem-se para a condução e a manutenção da homozigose nas progênes e potenciais cultivares (Wricke & Weber 1986). Porém, em algumas espécies de autógamas, como o arroz, tem-se evidenciado uma quantidade substancial de vigor híbrido, de forma que alguns programas de melhoramento para esta cultura têm sido direcionados para a obtenção de híbridos, cuja produção de grãos, tem superado às cultivares tradicionais em aproximadamente 20% (Virmani 1999). As espécies autógamas podem ser melhoradas através da seleção e hibridação. A maioria das cultivares de espécies autógamas é formada por linhas puras e o objetivo geral do melhoramento de autógamas é obter linhas puras superiores (Miranda 2008; Amorim *et al.* 2007).

De modo geral, as cultivares, em culturas autógamas, usualmente compreende uma única linhagem ou uma mistura de várias linhagens fenotipicamente semelhantes, que podem ter sua constituição genética mantida indefinidamente (Fehr 1987; Ramalho *et al.* 2001).

Quando se busca o melhoramento de plantas autógamas os seguintes métodos são utilizados: Método por introdução, Método sem hibridação e Método com hibridação.

3.7 Correlações entre caracteres

Em 1846 foi estabelecida por Bravais a definição da relação matemática entre duas variáveis, no qual foi nomeada de coeficiente de correlação por Galton em 1888. O coeficiente de correlação assume que há uma relação linear entre duas variáveis, ou seja, que sempre a mudança em uma variável envolve alteração constante no valor médio de outra variável (Wright 1921). Quando ocorre aumento nas duas variáveis, o valor é positivo e quando uma variável aumenta e outra diminui, o valor é negativo. A correlação é uma medida do grau com que duas variáveis variam juntas, ou uma medida de intensidade de associação entre essas variáveis, podendo ocorrer de forma sinérgica ou antagônica (Steel e Torres 1980).

O estudo da correlação é importante porque reflete o grau de associação entre dois caracteres. Seu conhecimento possibilita ao melhorista, saber como a seleção para um caráter influencia a expressão de outros caracteres (Freire Filho 1988; Vencovsky e Barriga 1992). O conhecimento da associação entre caracteres é também de grande importância, principalmente, se a seleção em um deles apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade ou tenha problemas de medição e identificação. A correlação que pode ser diretamente mensurada a partir de medidas de dois caracteres, em certo número de indivíduos na população é a fenotípica. Esta correlação tem causas genéticas e ambientais, porém, só as genéticas envolvem uma associação de natureza herdável, podendo, por conseguinte, ser utilizada nos programas de melhoramento (Cruz e Regazzi 1994).

A causa da correlação genética é, principalmente, a pleiotropia (do grego, *pleion* = mais numeroso e *tropos* = afinidade) é o fenômeno em que um par de genes alelos condiciona o aparecimento de várias características no mesmo organismo. A pleiotropia mostra que a idéia mendeliana, de que cada gene afeta apenas uma característica, nem sempre é válida. Por exemplo, certos ratos nascem com costelas espessadas, traquéia estreitada, pulmões com elasticidade diminuída e narinas bloqueadas, o que fatalmente os levará a morte, em vegetais, um bom exemplo da influência gênica envolvendo esse fenômeno é a manifestação condicionante de um gene em ervilhas, as mesmas estudadas por Mendel. Tanto a cor do tegumento da semente (a casca), a coloração das flores e a presença de manchas na base das folhas, são codificadas por um único gene (Falconer 1981). Em organismos homocigóticos dominantes e heterocigóticos, são produzidas ervilhas com tegumento acinzentado da

semente, as flores são púrpuras e as folhas são caracterizadas por uma mancha roxa nas proximidades da inserção ao ramo. O contrário é observado nas espécimes homozigóticas recessivas: a cor das flores é branca, a casca da semente também é branca e as folhas não possuem manchas. Todas essas características são devidas à ação de apenas um par de genes, portanto, um caso de pleiotropia.

Se dois caracteres apresentam correlação genética significativa, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta. Em alguns casos, a seleção indireta, com base na resposta correlacionada, pode levar a progressos mais rápidos do que a seleção direta do caráter desejado. Enquanto que nas correlações ambientais os dois ou mais caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais, isso implica que valores negativos desta correlação indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro, e valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais (Cruz e Regazzi 1994).

Em feijão-caupi, o estudo de correlações, na grande maioria dos trabalhos encontrados na literatura, prioriza a correlação entre o rendimento de grãos e seus componentes primários. Este conhecimento é de grande importância, uma vez que os ganhos obtidos com a seleção direta sobre o rendimento de grãos nem sempre são satisfatórios em face da complexidade genética do referido caráter (Bezerra *et al.* 2006).

Lopes *et al.* (2001), informaram que em feijão-caupi as correlações genótípicas foram superiores as fenotípicas e às de ambiente, destacando-se as correlações entre número de ramos secundários, valor agrônomico e rendimento de grãos. Ribeiro *et al.* (2011), avaliaram em dois anos agrícolas, noventa genótipos de feijão-comum a fim de estimar as correlações genéticas entre o rendimento de grãos e caracteres agromorfológicos de interesse para a seleção e concluíram que, os caracteres número de grãos e vagens por planta, têm maior correlação genética com o rendimento de grãos, devendo ser priorizados na seleção indireta em feijão-carioca. Matos Filho (2004) realizou dois cruzamentos com linhagens distintas de feijão-caupi e observou, que o comprimento do ramo principal e o número de nós no ramo principal apresentaram correlações altas e positivas com o rendimento de grãos, passando a considerar esses caracteres na seleção, para obtenção de cultivares com maior produtividade de grãos.

3.8 Nodulação natural na seleção de plantas

A nodulação natural e consequentemente a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma das formas de aumentar a produtividade das culturas, principalmente nas leguminosas (Franco *et al.* 2002). Diversas culturas vêm sendo selecionadas com base em suas capacidades de nodulação. O feijão-caupi é uma cultura leguminosa, de grande importância nutricional, social e econômico. E atualmente diversos trabalhos procuram aproveitar essa habilidade de interagir com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, que pode contribuir para o aumento da produtividade e diminuir os custos de produção (Soares 2007).

A diversidade de leguminosas, encontradas nos diversos sistemas de uso da terra pode abrigar uma grande variabilidade de rizóbios adaptados aos diferentes solos (Xavier *et al.* 2006). Segundo Brandelero *et al.* (2009) a eficiência das bactérias fixadoras de nitrogênio, que estabelecem simbiose com leguminosas, e sua capacidade de sobreviver e formar nódulos depende de fatores genéticos inerentes aos simbioss e da interação com fatores edafoclimáticos.

3.9 Produção de farinha e extração de amido

As farinhas, de um modo geral, representam uma grande variedade de produtos em pó, os quais se diferenciam segundo a sua composição química e suas características. Na indústria de alimentos, as farinhas participam do processo de produção como matérias primárias, intermediárias ou como produtos finais. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil 1995; Costa *et al.* 2003) define farinha como o produto obtido de matéria-prima *in natura* (subterrânea ou aérea) submetido a processos tecnológicos adequados de fabricação, classificando-a em grupo, subgrupo, classe, e tipo, de acordo com o processo tecnológico utilizado, granulometria, sua coloração e qualidade, respectivamente. E, no processo de fabricação de farinha de mandioca é possível extrair o amido (Brasil 1995), assim como na raiz tuberosa de feijão-macuco (Noda 1994).

A farinha de raiz tuberosa de feijão-macuco para consumo humano pode contribuir para o aproveitamento e conservação das características nutritivas da mesma, maior período de estocagem, sendo leve e de fácil manuseio. Além disso, o amido extraído, que juntamente com a farinha pode ser utilizado como matéria-prima em bolos, pudins, pães e outros produtos, em substituição total ou parcial à farinha de trigo (Kinupp e Lorenzi 2014).

No contexto amazônico, as casas de farinhas de mandiocas poderiam ser utilizadas no processamento das raízes tuberosas de feijão-macuco. Segundo Loures (1989), instalações

de fábricas de farinha de médio e pequeno porte podem ser localizadas próximas às fontes de alimento *in natura* a fim de estimular a agricultura, implantar novas indústrias alimentícias e favorecer criação de novos empregos, promovendo assim o aumento de renda do agricultor. Portanto, é importante avaliar o processo de extração de amido e fabricação de farinha a partir de raízes tuberosas de feijão-macuco, utilizando a mesma tecnologia empregada na mandioca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allard, R.W. 1999. **Principles of plant breeding**. 2. ed. New York: John Willey, 254p.
- Amorim, E.P.; Nelza, P.R.; Ungaro, M.R.G.; Kiihl, T.A.M. 2007. Divergência Genética em Genótipos de Girassol. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, 31(6):1637-1644.
- Bastidas, C.G.T. 1998. **Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la colección de *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.** Del Catie. (Tese) *Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza*, Turrialba, Costa Rica.
- Balbin, I.O.; Vasquez, O.D.; Carhuanca, K.M.; Sorensen, M.; Kvist, L.P. 2005. **El cultivo de Chuin: uma alternativa para la seguridad alimentaria y reuperación de suelos degradados em la Amazonia Peruana.** Biblioteca Nacional Del Perú nº 2005-6878.
- Bezerra, A.A.C.; Anunciação Filho, C.J.; Freire Filho, F.R.; Ribeiro, V.Q. 2006. **Divergência genética em feijão-caupi precoce, de porte ereto e crescimento determinado.** Dissertação, Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Borém, A.; Miranda, G.V. 2005. **Melhoramento de Plantas.** Viçosa: UFV. 525 p.
- Brandelero, E.M.; Peixoto, C.P.; Ralisch, R. 2009. **Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, 30(3): 581-588.
- Brasil. 2010. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Hortaliças Não-Convencionais.** Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo – Brasília: MAPA/ACS.
- Brasil. 1995. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 554, de 30 de agosto de 1995. Aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento, Armazenamento e Transporte da farinha de Mandioca.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 de set. 1995, seção 1, p.13515.
- Costa, J.M.C.; Scher, J.; Hardy, J. 2003. Influência do nível de hidratação na distribuição c: uso da técnica de difração laser. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, 34(2):173-177.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. 1994. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Editora UFV, Viçosa, 390p.
- Cruz, C.D.; Ferreira, F.M.; Pessoni, L.A. 2011. **Biometria ao estudo da diversidade genética.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 620 p.

- Eiras, P.P.; Coelho, F.C. 2011. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura do milho. *Inter Science Place – Revista Científica Internacional* – Indexada ISSN 1679-9844, ano 4 – nº 17, abril/julho.
- Falconer, D.S. 1981. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 279p.
- Fehr, W.R. 1987. **Principles of cultivar development: theory and technique**. New York: Macmillan, p. 1, 525 p.
- Franco, M.C.; Cassini, S.T.A.; Oliveira, V.R.; Vieira, C.; TSAI, S.M. 2002. Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37(8):1145-1150.
- Freire Filho, F.R. 1988. Genética no feijão-caupi. In: Araújo, J.P.P.; Watt, E.E. de. **O feijão-caupi no Brasil**, Brasília, DF, IITA/EMBRAPA-CNPAP. p.159-229.
- Fujita, R.; Okasaki, K.; Shimamoto, Y. 1997. The extent of natural crosspollination in wild soybean. **Journal of Heredity**, Cary, 88(2): 124-128.
- Giulietti, A.M.; Rapini, A.; Andrade, M.J.G.; Queiroz, L.P.; Silva, J.M.C. 2009. **Plantas Raras do Brasil**. Universidade Estadual de Feira de Santana, 496p.
- Gonçalves, E.D.; Lorenzi, H. 2011. **Morfologia Vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Hermann, M., Heller, J. 1997. **Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon**. Promoting the conservation and use of the underutilized and neglected crops. Rome, v.1.
- Kinupp, V.F.; Lorenzi, H. 2014. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 768p.
- Jantalia, C.P.; Resende, A.S. de; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. 2006. **Contribuições da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos sistemas agrícolas na América Latina**, (<http://cnptia.embrapa.br/Repositorio/biotocap7ID-1aDona7p8o>). Acesso em 28/10/2013.
- Loures, A. 1989. **Obtenção, caracterização e utilização de farinha de banana (Musa spp.) em panificação**. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 132p.
- Lopes, A.C. de A.; Filho, F.R.F.; Silva, R.B.Q. da; Campos, F.L.; Rocha, M.deM. 2001. Variabilidade e correlações entre caracteres agrônômicos em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36(3): 515-520.

- Marques Junior, O.G.; Ramalho, M.A.P. 1995. **Determinação da taxa de fecundação cruzada de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nas diferentes épocas de semeadura em Lavras-MG.** *Ciência e Prática*, Lavras, 19(3): 339-341.
- Matos Filho, C.H.A. 2004. **Controle genético de comprimento do número de nós do ramo principal em feijão-caupi.** (Monografia) Universidade Federal do Piauí, Teresina. 43p.
- Melo, Z. de O.; Bueno, C.R. 2000. Desenvolvimento de feijão-macuco em área de várzea. *Acta Amazonica*, 18(1): 9-15.
- Miranda Filho, J.B. 2001. Endogamia ou consanguinidade. In: Nass, L.L.; Valois, A.C.C.; Melo, I.S. de; Valadares-Inglis, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento – plantas.** Rondonópolis: Fundação MT, p. 629-648.
- Miranda, G.V. 2008. Melhoramento de Planta (MANUAL-PDF). **Manual de Estudo de Plantas.** Universidade Federal de Viçosa-Centro de Ciências Agrárias.
- Noda, H. 1994. Hortaliças não convencionais da Amazônia. *Horticultura Brasileira*, 12(2):274-276.
- Noda, H.; Machado, F.M. 1997. Feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.). In: Cardoso, M.A (Coor.). **Hortaliças não-convencionais da Amazônia.** Brasília: Embrapa-SPI: Manaus: Embrapa-CPAA. 150p.
- Ramalho, M.A.P.; Abreu, A.F.B.; Santos, J.B. dos. 2001. Melhoramento de espécies autóгамas. In: NASS, L. L.; Valois, A.C.C.; Melo, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento – plantas.** Rondonópolis: Fundação MT, p. 201-230.
- Ramalho, M.A.P.; Santos, J. B. dos; Zimmermann, M.J. de O. 1993. **Genética quantitativa em plantas autóгамas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro.** Goiânia: UFG, 271 p.
- Ribeiro, W.G.; Noda, H.; Soares, J.E.C.; Rocha, M.Q. 2011. Avaliação das características agrônômicas de feijão-macuco. *Horticultura Brasileira*, 29:2902-2908.
- Sales, A.M. 1985. **O jacatupé (*Pachyrhizus tuberosus*):** uma fonte potencial de proteína, óleo e amido. *Boletim do ITAL*, Campinas, 22(3).331-340.
- Santos, F. dos N. 2010. **Produção de Feijão Macaçar (*Vigna unguiculata* L.) Walp.) e recuperação da fertilidade de um Luvisolo via fertilização e inoculação com *Rizobium*.** Dissertação, Patos, PB: Universidade Federal de Campina Grande.
- Silva Filho, D.F.; Noda, H.; Paiva, W.O.; Yuyama, K.; Bueno, C.R.; Machado, F.M. 1997. Hortaliças não-convencionais nativas e introduzidas na Amazônia. In: Noda, H; Souza, L.A.G.; Fonseca, O.M. **Dois Décadas de Contribuições do INPA à Pesquisa Agrônômica no Trópico Úmido.** 2da ed. Manaus: INPA., 332p.
- Sorensen, M.; 1988. **A taxonomic revision of the genus *Pachyrhizus* (Fabaceae-Phasealeae).** *Nordic Journal of Botany*, 8(2):167-192.

- Sorensen, M. 1996. **Yam Bean.**: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, 2., Rome, International Plant Genetic Resource Institute. 141p.
- Sorensen, M.; Doygaard, S.; Estrela, J.; Kvist, L.; Nielsen, P. 1997. **Status of the South American Tuberous legume (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.)** Biodiversity and Conservation, 6:1581-1625.
- Soares, C.S. 2007. **Eficiência de Estirpes de Rizóbios no Rendimento e Qualidade Fisiológica de Sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) Walp.)**. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
- Souza, V.C.; Lorenzi, H. 2008. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II.** 2da ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 672p .
- Stamford, N.P. Santos, C.E. de R. e S.; Medeiros, R.; Freitas, A.D.S. de. 1999. Efeito da fertilização com Fósforo, Potássio e Magnésio em Jacatupé infectado com Rizóbio em um Latossolo Álico. **Pesq. Agrpec. Brás. Brasília**, 34(10).
- Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. **Principles and procedures of statistics.** 2ed. New York, McGraw-Hill, 633p.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. 1992. Associação entre caracteres. IN: Vencovsky, R. and Barriga P. **Genética biométrica aplicada ao fitomelhoramento.** Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 335-486.
- Vieira, C.; Borém, A.; Ramalho, M.A.P.; Carneiro, J.E. de S. 2005. Melhoramento do feijão. In: Borém, A. **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa: UFV, p. 301-392.
- Virmani, S.S. 1999. Exploitation of heterosis for shifting the yield frontier in rice. In: Coors, J. G.; Pandey, S. **The genetics and exploitation of heterosis incrops.** Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society, p. 423-438.
- Villar, M.L.D. 1991. **Conteúdo Endógeno de Rotenona e Pachyrhizina em *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.** Tese, Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- Wricke, G.; Weber, W.E. 1986. **Quantitative genetics and selection in plant breeding.** Berlin: Walter de Gruyter, 395p.
- Wright, S. 1921. Correlation and causation. **Journal Agricultural Research**, 20:557-585.
- Xavier, G.R.; Martins, L.M.V.; Ribeiro, J.R.A.; Rumjanek, N.G. 2006. Especificidade Simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Revista Caatinga**, 19(1):25-33.

Capítulo 1

Silva, E.S.; Souza, L.A.G.; Silva Filho, D.F. 2015. Nodulação natural em progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), em solo Argissolo Vermelho-Amarelo. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***.

Nodulação natural em progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*), em solo argissolo vermelho amarelo na região de Manaus-AM

Edinei Santos da Silva⁽¹⁾, Luiz Augusto Gomes de Souza⁽²⁾ e Danilo Fernandes da Silva Filho⁽²⁾

⁽¹⁾Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 – Bairro: Aleixo - Caixa Postal: 478 – CEP: 69.060-001, Manaus, AM. E-mail: santos.edinei3@gmail.com; ⁽²⁾Pesquisadores do INPA, E-mail: souzalag@inpa.gov.br, danilo@inpa.gov.br

Resumo - Este trabalho teve como objetivo avaliar a nodulação natural em 64 progênies de feijão-macuco cultivadas em solo Argissolo vermelho-amarelo. Foi conduzido na Estação Experimental de Hortaliças do INPA, em Manaus, AM. As sementes semeadas em casa de vegetação, e levadas a campo com 15 cm de altura. Quando 50% das plantas atingiram o estágio de floração, e após secagem em estufa a 65 °C/72h se avaliou as variáveis: biomassa dos nódulos secos por planta, número e peso específico dos nódulos. O delineamento foi inteiramente casualizado, constituído por 64 tratamentos (progênies) e duas repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias, através do teste Duncan, ao nível de 1 e 5% de significância, utilizando o programa estatístico GENES. Foi identificado que no conjunto das 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) que aos 100 dias após o cultivo a progênie P53 apresentou o maior desenvolvimento nodular. E, 98,4% das progênies nodularam naturalmente com rizóbios nativos, e somente a P48 não evidenciou esse potencial.

Termos para indexação: Hortaliça, fixação de nitrogênio, raiz tuberosa.

Natural nodulation in yam bean progenies (*Pachyrhizus tuberosus*), on red yellow podzolic soil in Manaus-AM region

Abstract - This study aimed to evaluate the natural nodulation in 64 yam bean progenies grown in soil red-yellow Ultisol. It was conducted at INPA's Horticulture Experimental Station, Manaus, AM. The seeds sown in a greenhouse, and taken to the field with 15 cm. When 50% of the plants reached flowering stage, and after drying in an oven at 65 ° C / 72h was evaluated variables: Dried lumps of biomass per plant, number and specific weight of the nodules. The design was completely randomized, consisting of 64 treatments (progenies) and two replications. The data were submitted to analysis of variance and mean comparison through the Duncan test at 1 and 5% significance using the statistical program GENES. It was identified that in all the 64 bean-macuco progenies (*Pachyrhizus tuberosus*) that the 100 days of cultivation the progeny P53 had the highest nodular development. And 98.4% of the progenies of course nodulate with native rhizobia, and only P48 did not show that potential.

Index terms: Hortaliça, nitrogen fixation, tuberous root.

Introdução

A família Fabaceae, tem origem tropical e distribuição cosmopolita, representando uma das maiores famílias de Angiospermas e também uma das principais do ponto de vista econômico. Na Amazônia, formam um dos grupamentos botânicos mais numerosos com 1.241 espécies nas três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae (Simões e Almeida, 2015), representadas em formas arbóreas, arbustivas, cipós, herbáceas e até mesmo subaquáticas e aquáticas. Lewis *et al.* (2005), estimaram a biodiversidade global das Fabaceae em 727 gêneros e 19.325 espécies. Estima-se que 15% destas espécies são encontradas nos ecossistemas brasileiros (Souza & Aguiar, 2009). Incluído nesta família se encontra o gênero *Pachyrhizus*, comportando o feijão-macuco uma leguminosa com grande potencial de uso agroindustrial na Amazônia.

O feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) tem características muito atrativas como alta produtividade de raízes tuberosas (com variações de 40 a 70 t/ha), elevado conteúdo de proteína (cerca de 9 e 10%). Em sistemas de produções sustentáveis, esta espécie pode ser utilizada como cultivo de cobertura, melhorando as condições físico-químicas do solo. Os rotenoides presentes nas sementes maduras podem ser utilizados como inseticidas naturais em manejo integrado de pragas como triples e mosca-branca (Balbin *et al.*, 2005).

O feijão-macuco inclui-se no grupo das leguminosas, representante de espécies fixadoras de nitrogênio em associação com rizóbios (Stamford *et al.*, 2004). Sendo o nitrogênio o elemento mais abundante na atmosfera terrestre (em torno de 79%), estando presente principalmente na forma (N₂) e um dos principais macronutrientes importantes aos vegetais. Sobre isto, há bactérias que realizam simbiose com raízes de plantas e, possuem enzimas com capacidade de redução do nitrogênio atmosférico, transformando-o em amônia e posteriormente em elementos essenciais (Lodeiro *et al.*, 2000). A simbiose em leguminosas-bactérias fixadoras de N₂ atmosférico é amplamente aceita como alternativa à fertilização química. Bactérias do grupo dos rizóbios têm a capacidade de formar nódulos em raízes e caules de leguminosas e possuem papel importante na agricultura sustentável (Freitas *et al.*, 2007).

Através de uma associação mutualística que é uma relação interespecífica na qual há uma exploração recíproca em que cada organismo envolvido usufrui de benefícios líquidos. Os rizóbios possuem habilidade para fixar nitrogênio em simbiose com as leguminosas sendo de considerável importância para agricultura (Xavier, 2007). A fixação biológica do nitrogênio ocorre mediante presença de nódulos nas raízes induzidos a partir da infecção das

raízes pelas bactérias, onde o desenvolvimento dos nódulos se dá pela troca de sinais químicos moleculares entre a planta e o simbiote. Os nódulos e a planta hospedeira são perfeitamente interligados por meio de vasos xilemáticos e floemáticos (Mello, 2013). Sendo notória a importância da família Fabaceae na agricultura.

A capacidade das espécies leguminosas se associarem com os rizóbios, e conseguirem captar o nitrogênio para o seu desenvolvimento, crescimento e produção é uma habilidade que pode ser explorada na agricultura e outros sistemas (Jantalia *et al.*, 2006). Tal propriedade pode oferecer um serviço que pode ser explorado nos sistemas sustentáveis de produção agrícolas (Bergo *et al.*, 2006), havendo espécies para sombreamento dos cultivos, práticas de adubação verde, apicultura, cobertura do solo, recuperação de áreas degradadas, e outros usos. Além disso, devido o aumento nos preços dos adubos nitrogenados se utiliza essa associação dos rizóbios e leguminosas para baixar custos nas produções agrícolas (Zilli *et al.*, 2009). Diante do alto consumo de energia fóssil na fabricação dos adubos nitrogenados, aliada aos graves problemas de poluição causados pelo uso intensivo desses adubos, tem direcionado às alternativas de fixação biológica de nitrogênio nas plantas e tornar mais eficiente a utilização de carboidratos pelos nódulos (Jantalia *et al.*, 2006). Cerca 94% da necessidade de N₂ em cultivares de soja pode ser fornecido pelo processo de fixação biológica de nitrogênio (Hungria *et al.*, 2006).

Brandelero *et al.* (2009) estudando a nodulação em cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos, verificou significativa correlação, com valores altos para o rendimento de grãos das cultivares de soja sobre os componentes da nodulação (número e massa da matéria seca) demonstrando que mais de 40% dos resultados do rendimento se correlacionaram com a nodulação, seguidos de 36% para massa seca das folhas das plantas. Desta forma, os resultados demonstram que a nodulação interagiu positivamente com rendimento de grãos, sendo que a área foliar apresentou correlação de 26%. Estes resultados indicam que a nodulação em florescimento pleno está diretamente ligada à fixação simbiótica do nitrogênio para a produção de grãos.

Além da necessidade de mais estudos que possam detectar a habilidade nodulífera em espécies vegetais da região Amazônica. Ainda não foram realizados estudos quanto a nodulação natural em progênies de feijão-macuco do banco de germoplasma do INPA. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a nodulação natural em 64 progênies de feijão-macuco (*P. tuberosus*), cultivadas em Solo Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura arenosa na região de Manaus-AM.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado com o feijão-macuco em campo experimental, localizado no km 14 da rodovia AM-010, no município de Manaus, AM. O local onde foi montado o experimento está inserido nas coordenadas geográficas 03° 15' 19,3''S e 60° 14' 23,2''W, O clima local é caracterizado como “Afi” no esquema de Köppen, registrando média anual de 2.450 mm, temperatura média de 27 °C (entre 24-30 °C), com uma estação seca pronunciada entre os meses de julho a outubro e período chuvoso de novembro a junho (EMBRAPA, 1982), em Argissolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa.

Primeiramente foram cultivadas mudas na casa de vegetação com cobertura de plásticos transparente apropriado, com irrigação por microaspersão controlada com duas aplicações dia, uma no início da manhã e outra no período do final da tarde. A lâmina de água foi controlada para manter o substrato sempre úmido. As sementes foram provenientes, do banco de germoplasma de hortaliças do INPA e, foram semeadas, na profundidade média de 2 cm, com duas sementes por copo, cada copo tinha capacidade de 0,25 litro, e continha substrato com proporção 4:1 (v/v) de solo e esterco de frango. Quando as mudas atingiram cerca de 5 cm de altura foi realizado o desbaste, cortando com o auxílio de uma tesoura de poda, deixando apenas uma por copo. Quando as plântulas estavam com duas folhas definitivas, aos quinze dias após à semeadura foram transplantadas em covas de 20x20x20, cujo solo foi preparado previamente e adubado com 2 kg de composto orgânico elaborado na EEH.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 64 tratamentos (as 64 progênes) e duas repetições, cada planta foi considerada uma repetição. As unidades de avaliação foram constituídas por parcelas contendo uma planta cultivada em espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, constituindo um total de 128 plantas em todo experimento. No momento em que 50% das plantas atingiram o estágio de floração foi efetuada a colheita das duas plantas de cada progênie para avaliar a capacidade para nodulação natural. As plantas foram extraídas inteiras com auxílio de enxada. Foram avaliadas as variáveis: Número de nódulos, Biomassa dos nódulos secos e Peso específico dos nódulos.

Na colheita os nódulos foram contados, em seguida secos estufa regulada a 65 °C por 72 h, determinando-se também, a biomassa dos nódulos, e peso específico dos nódulos correspondeu à razão entre a sua biomassa seca e número nódulos por planta. Os dados

obtidos foram submetidos à análises de variância, as comparações entre médias foram feitas pelo teste Duncan em nível 1 e 5% de probabilidade, empregando-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2006). Os dados da nodulação das progênies, para efeito de análise foram transformados para $Y_{x+0,01}$, conforme recomenda Centeno (1990).

Resultados e Discussão

O coeficiente de variação mostrou CV(%) 28,85 e 92,19 menor e maior valor respectivamente (Tabela 1 e 2). Em experimento desenvolvido na Costa Rica, Bastidas (1998) estudou a variabilidade genética em 31 acessos de *Pachyrhizus tuberosus*, também constatou alto CV(%) variando de 29,20 a 88,60. Sobral (2009) avaliando caracteres morfoagronômicos em feijão-caupi obteve coeficiente de variação relativamente alto (38,72%) para o caractere produção de grãos atribuindo esta variação a influência do ambiente. Verificaram-se diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$; $P < 0,01$) pelo teste F, permitindo inferir sobre a existência de variabilidade genética entre as 64 progênies de feijão-macuco (Tabela 1). As análises possibilitaram conhecer aquelas progênies com maior e menor média nos caracteres da nodulação natural (Tabela 1 e 2).

Os resultados mostram maior número de nódulos (NN) ocorrido na progênie P26 com média de 32 nódulos seguida das progênies P4-P6-P11-P32-P13 e P12, apresentando esta última, a segunda maior média das 64 progênies avaliadas (Tabela 2).

Constatam-se diferenças significativas quanto a biomassa dos nódulos secos (BNS) tendo o maior valor à progênie P53, com média de 837 mg diferindo significativamente das demais progênies (Tabela 2).

O Peso específico dos nódulos teve na progênie P53 a maior média com 301 mg. Observa-se na Figura 2 a formação de cinco grupos que divergem quanto ao número de nódulos, sendo as progênies P12 e P26 incluídas no grupo com as maiores médias para número de nódulos.

Observa-se no número de nódulos nas raízes de feijão-macuco comparados com outras leguminosas herbáceas estão próximos aos encontrados por Campos e Lantmann (1998), que trabalharam com cultivares de soja no Estado do Paraná, e superior aos valores encontrados por Soares (2007) que trabalhou com feijão-caupi obtendo média de 21,50 nódulos, porém, o presente resultado está abaixo dos encontrados por Araújo e Hungria (1999), os quais obtiveram valores que chegaram a 41,7 unidades de nódulos por planta nas condições climáticas do Paraná. Enquanto as biomassas dos nódulos secos estão bem acima dos encontrados por Campos e Lantmann (1998), os quais obtiveram média de 67 mg planta

de massa da matéria seca dos nódulos no Estado do Paraná. Divergindo também de Stamford *et al.* (2004) que analisando biomassa dos nódulos em *P. erosus*, em casa de vegetação obtiveram valores de 0 a 1,39 mg, com e sem inoculação de rizóbios sugerindo que essa espécie precisa de bactérias específicas para o desenvolvimento de nódulos.

Percebe-se na nodulação natural (Tabela 2), que a maioria das progênies estudadas mostra à presença de bactérias nativas capazes de nodular as raízes do feijão-macuco, apenas a progênie P48 não apresentou nodulação em sua região radicular. Esta capacidade de nodulação indica provável fixação biológica de nitrogênio (Forte *et al.*, 2015; Toller *et al.*, 2009). Ocorrendo a fixação de nitrogênio é fundamental para mitigar os custos de produção (Freitas *et al.*, 2007), sendo relevante, quanto ao cultivo de feijão-macuco na região Amazônica.

Embora tenham sido observadas diferenças significativas na nodulação de progênies de feijão-macuco, onde se comprovou a capacidade da planta em nodular. Torna-se importante em futuros estudos a busca de maior especificidade, uma delas é buscar na variabilidade de progênies de feijão-macuco estabelecer algum tipo de especificidade com os grupos conhecidos de rizóbios da região. A caracterização do rizóbio presente nos solos tropicais é essencial, pois dela vai depender o sucesso do par simbiótico a ser introduzido, pois se torna necessário, que não ocorram no solo estirpes ineficientes que também sejam capazes de nodular a planta selecionada (Straliotto e Teixeira, 2000).

Conclusões

1. A progênie P53 apresentou o maior desenvolvimento nodular entre as 64 avaliadas.
2. 98,4% das progênies de feijão-macuco nodularam naturalmente com rizóbios nativos,
3. A progênie P48 não evidenciou o potencial de germinação natural.

Agradecimentos

À FAPEAM pela concessão da bolsa, apoio importantíssimo à execução deste trabalho. E ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, por meio da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, pela oportunidade e apoio durante todo processo e, a coordenação e seus colaboradores da Estação Experimental de Hortaliças do INPA, Alejo Von der Pahlen ao laboratório de microbiologia do solo, pelo apoio e espaço concedido para realização deste trabalho.

Referências

- ARAÚJO, F.F.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* / *Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 34(9):1633-1643, 1999.
- BALBIN, I.O.; VASQUEZ, O.D.; CARHUANCA, K.M.; SORENSEN, M.; KVIST, L.P. **El cultivo de Chuin: una alternativa para la seguridad alimentaria y reuperación de suelos degradados em la Amazonia Peruana**. Biblioteca Nacional Del Perú n° 2005-6878, 2005.
- BASTIDAS, C.G.T. **Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la colección de *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. Del Catie**. (Tese) *Centro Agronomico Tropical de investigacion y ensenanza*, Turrialba, Costa Rica, 1998.
- BERGO, C.L.; PACHECO, E.P.; MENDONÇA, H.L.; MARINHO, J.T.S. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. **Acta Amazonica**, 36(1): 19-24, 2006.
- BRANDELERO, E.M.; PEIXOTO, C.P.; RALISCH, R. **Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos**. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 30(3): 581-588, 2009.
- CAMPOS, R.J.; LANTMANN, A.F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 33(8):1245-1253, 1998.
- CENTENO, A.J. **Curso de estatística aplicada à biologia**. UFG, Goiânia, Centro Editorial, Coleção didática 3, 182-185, 188p., 1990.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p., 2006.
- FORTE, I.H.; GARCÍA, M.C.N.; MENA, B.M. Caracterización de aislados de rizobios provenientes de nódulos de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) con potencialidades en la promoción del crecimiento vegetal. **Cultivos Tropicales**. 2015, v.36 (1) Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193237111008>>. Acesso em: 22 mai. 2015
- FREITAS, A.D.S; VIEIRA, C.L.; SANTOS, C.E. de R. e S.; STANFORD, N.P.; LYRA, M.doC.C.P. de. Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino no Estado de Pernambuco, Brasil, **Bragantia**, 66(3): 497-504, 2007. Disponível: <<http://homolog.search.scielo.org>>. Acesso em: 29 mai. 2015.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in South America. 2006. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K. (Ed.). Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity. **Houston: Studium Press, LLC**, p. 43-93, 2006.
- JANTALIA, C.P.; RESENDE, A.S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. **Contribuições da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos sistemas agrícolas na América Latina**. 2006. Disponível em: <<http://cnptia.embrapa.br/Repositorio/biotocap7ID1aDona7p8o>>. Acesso em 28/10/2014.

LEWIS, G.P.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. **Legumes of the world**. Kew Publishing, 592pp., 2005.

LODEIRO, A.R.; GONZÁLEZ, P.; HERNÁNDEZ, A.; BALAGUÉ, L.J.; DAVELUKES, G. Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen-grow common beans. **Plant Science**, 154: 31-41, 2000.

MELLO, N.N. **Obtenção de uma estirpe mutuante ntrC- de *Rhizobium sp.* NGR234**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013.

SIMÕES, R.C.; ALMEIDA, S.S.M.daS. Estudo fitoquímico de *Bauhinia forficata* (Fabaceae). Macapá, v.5,p.27-31, 2015. **Biota Amazônia**. Disponível em: <<http://periodicos.unifap.br/index.php/biota>>. Acesso em: 28 mai, 2015.

SOARES, C.S. **Eficiência de Estirpes de Rizóbios no Rendimento e Qualidade Fisiológica de Sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) Walp.)**. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2007.

SOBRAL, P.V.C. **Caracterização morfoagronômica e divergência genética entre acessos africanos de feijão-caupi**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, 2009.

SOUZA, L.A.G. & AGUIAR, A.M.C.S.P. **Contribuição para a check-list das Fabaceae de Pernambuco**. Opção Gráfica, Natal, 172p., 2009.

STMFORD, N.P.; MOURA, A.M.M.F.; SANTOS, K.S.; SANTOS, P.R. **Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de Fosfato Natural em solo de Tabuleiro cultivado com Jacatupé (*Pachyrhizus erosus*)**, 2004.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G. **A VARIABILIDADE GENÉTICA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.): aplicações nos estudos das interações simbióticas epatogênicas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, (Embrapa-Agrobiologia. Documentos, 126), 59p., 2000.

TOLLER, E.V.; BÁRBARO, I.M.; BÁRBARO-JUNIOR, L.S. Análise de parâmetros de fixação biológica de nitrogênio em cultivares comerciais de soja. **Nucleus**, v.6, n.1, abr. 2009. ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.135.

XAVIER, T.F.; ARAUJO, A.S.F.; SANTOS, V.B. & CAMPO, F.L. Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi. **Cienc. Rur**, 37:561–564, 2007.

ZILLI, J.É.; MARSON, L.C; MARSON, B.F; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, 39(4):749-757, 2009.

Tabela 1. Características da nodulação natural em progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) avaliadas aos 100 dias após o transplante, cultivadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.*¹

Progênies	Número de nódulos	Biomassa dos nódulos secos (mg)	Peso específico dos nódulos (mg nódulo ⁻¹)
P1	2fgh	60d	25cd
P2	2fgh	31d	15d
P3	10cdefgh	18bcd	18d
P4	27abc	444bc	12d
P5	8defgh	203bcd	12d
P6	22abcde	200bcd	8d
P7	3fgh	49d	18d
P8	2fgh	96bcd	39cd
P9	9defgh	102bcd	12d
P10	15bcdefgh	316bcd	22cd
P11	18abcdefg	171bcd	18d
P12	30ab	455b	14d
P13	24abcd	374bcd	15d
P14	13bcdefgh	66d	5d
P15	9defgh	313bcd	34cd
P16	1fgh	22d	16d
P17	5efgh	71cd	19d
P18	3fgh	160bcd	59cd
P19	9defgh	39d	4d
P20	3fgh	60d	17d
P21	9defgh	97bcd	11d
P22	2fgh	34d	19d
P23	7defgh	79bcd	12d
P24	3fgh	92bcd	27cd
P25	6defgh	47d	8d
P26	32 ^a	153bcd	4d
P27	4efgh	354bcd	86cd
P28	8defgh	87bcd	14d
P29	4fgh	42d	10d
P30	5efgh	86bcd	33cd
P31	1gh	66d	66cd
P32	19abcdef	137bcd	6d
P33	15bcdefgh	109bcd	7d
P34	5efgh	52d	10d
P35	1gh	32d	32cd
P36	5efgh	70cd	18d
P37	11cdefgh	152bcd	15d
P38	9defgh	261bcd	22cd
P39	2fgh	62d	37cd
P40	7defgh	45d	6d

Tabela 1. Características da nodulação natural em progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) avaliadas aos 100 dias após o transplante, cultivadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central. *¹(Cont.)

Progênies	Número de nódulos	Biomassa dos nódulos secos (mg)	Peso específico dos nódulos (mg nódulo ⁻¹)
P41	8 defgh	52 d	7 d
P42	2 fgh	80 bcd	33 cd
P43	1 fgh	43 d	31 cd
P44	7 defgh	75 cd	10 d
P45	3 fgh	47 d	16 d
P46	2 fgh	97 bcd	61 cd
P47	4 efgh	190 bcd	43 cd
P48	0 h	0 d	0 d
P49	2 fgh	126 bcd	53 cd
P50	3 fgh	322 bcd	109 bc
P51	4 efgh	347 bcd	162 b
P52	8 defgh	219 bcd	29 cd
P53	3 fgh	837 a	301 a
P54	6 efgh	39 d	7 d
P55	3 fgh	187 bcd	62 cd
P56	12 cdefgh	104 bcd	8 d
P57	14 bcdefgh	83 bcd	5 d
P58	3 fgh	26 d	9 d
P59	9 defgh	261 bcd	24 cd
P60	9 defgh	91 bcd	8 d
P61	9 defgh	99 bcd	11 d
P62	3 fgh	47 d	16 d
P63	6 efgh	100 bcd	17 d
P64	4 efgh	77 cd	19 d
Teste F	3,28**	2,82**	5,20**
C.V.%	70,21	83,12	92,19

*¹As médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Duncan a 1% de significância (P<0,01); CV – Coeficiente de Variação.

Capítulo 2

Silva, E.S.; Souza, L.A.G.; Silva Filho, D.F. 2015. Desenvolvimento de progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), em solo Argissolo Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Agroecologia*.

Desenvolvimento de progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), em solo argissolo vermelho amarelo na região de Manaus-AM

Development yam bean progenies (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), in soil yellow red ultisol

Edinei Santos da Silva¹; Luiz Augusto Gomes de Souza²; Danilo Fernandes da Silva Filho²

¹Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 – Bairro: Aleixo - Caixa Postal: 478 – CEP: 69.060-001, Manaus, AM. E-mail: santos.edinei3@gmail.com; ²Pesquisadores do INPA, E-mail: souzalag@inpa.gov.br; danilo@inpa.gov.br

RESUMO: O feijão-macuco, conservado pelas populações tradicionais, constitui um importante recurso genético da Amazônia para o futuro, pela alta produção de amido e proteínas em suas raízes tuberosas e o cultivo é estratégico para a segurança alimentar nos agrossistemas tropicais. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de 64 progênies de feijão-macuco cultivadas em solo Argissolo vermelho-amarelo. Foi conduzido um experimento de campo na Estação Experimental de Hortaliças, em Manaus, AM. As sementes das diferentes procedências principalmente da região amazônica, mas também mexicanas são conservadas no banco de germoplasma do INPA. Foram semeadas em casa de vegetação, utilizando composto orgânico como substrato. As mudas com 15 cm foram cultivadas. Quando 50% das plantas atingiram o estágio de floração, aos 100 dias após o cultivo, se avaliou as variáveis: biomassa da parte aérea fresca e biomassa seca da parte aérea, caule, folhas, raízes, e biomassa total após secagem em estufa a 65 °C/72h. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído por 64 tratamentos (progênies) e duas repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias, através do teste Duncan, ao nível de 1 e 5% de significância utilizando o programa estatístico GENES. Foi identificado que no conjunto das 64 progênies de feijão-macuco, aquelas identificadas com os números P6, P10, P11 e P13 destacaram-se na produção de biomassa total seca. A progênie P5 também se destacou pela elevada biomassa acumulada, especialmente na parte aérea.

PALAVRAS-CHAVE: Hortaliça, Fixação de nitrogênio, Raiz tuberosa.

ABSTRACT: The yam bean, maintained by traditional populations, an important Amazon genetic resource for the future, the high production of starch and protein in their roots and cultivation is strategic to food security in tropical agricultural systems. This work aimed to evaluate the development of yam bean-64 progenies grown in soil red-yellow Ultisol. A field experiment was conducted at the Horticultural Experimental Station, Manaus, AM. The seeds of different origins mainly in the Amazon region, but also Mexico are preserved in the germplasm bank of the INPA. They were sown in a greenhouse using compost as substrate. The seedlings were grown com 15 cm. When 50% of the plants reached the flowering stage, at 100 days after cultivation, we evaluated the variables: biomass fresh shoots and dry biomass of the aerial part, stem, leaves, roots, and total biomass after drying in an oven at 65 °C / 72h. The design was completely randomized, consisting of 64 treatments (progenies) and two replications. The data were submitted to analysis of variance and mean comparison through the Duncan test at 1 and 5% significance using the statistical program GENES. It was identified that in all the 64 yam bean progenies those identified with the numbers P6, P10, P11 and P13 excelled in the production of dry biomass. The P5 progeny also stood out for the high accumulated biomass, especially in the shoot.

KEY WORDS: vegetable, nitrogen fixation, tuberous root.

Introdução

A família Fabaceae, tem origem tropical e distribuição cosmopolita, representando uma das maiores famílias de Angiospermas e também uma das principais do ponto de vista econômico. Na Amazônia, formam um dos grupamentos botânicos mais numerosos com 1.241 espécies nas três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae (SILVA *et al.*, 1989), representadas em formas arbóreas, arbustivas, cipós, herbáceas e até mesmo subaquáticas e aquáticas. Lewis *et al.* (2005), estimaram a biodiversidade global das Fabaceae em 727 gêneros e 19.325 espécies. Estima-se que 15% destas espécies são encontradas nos ecossistemas brasileiros (SOUZA & AGUIAR, 2009). Incluído nesta família se encontra o gênero *Pachyrhizus*, comportando o feijão-macuco uma leguminosa com grande potencial de uso agroindustrial na Amazônia.

O feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) tem características muito atrativas como alta produtividade de raízes tuberosas (com variações de 40 a 70 t/ha), elevado conteúdo de proteína (cerca de 9 e 10%). Em sistemas de produções sustentáveis, esta espécie pode ser utilizada como cultivo de cobertura, melhorando as condições físico-químicas do solo. Os rotenoides presentes nas sementes maduras podem ser utilizados como inseticidas naturais em manejo integrado de pragas como tripes e mosca-branca (BALBIN *et al.*, 2005). A espécie inclui-se no grupo das leguminosas, representante de espécies fixadoras de nitrogênio em associação com rizóbios (STAMFORD *et al.*, 1999). O nitrogênio está na atmosfera terrestre (em torno de 79%), presente principalmente na forma (N₂). É um dos principais macronutrientes importantes aos vegetais. Sobre isto, há bactérias que realizam simbiose com raízes de plantas, e reduzem o nitrogênio atmosférico, transformando-o em amônia e posteriormente em elementos essenciais (LODEIRO *et al.*, 2000). A simbiose é amplamente aceita como alternativa à fertilização química. As Bactérias capazes de formar nódulos em raízes e caules de leguminosas têm papel importante na agricultura sustentável (FREITAS *et al.*, 2007; XAVIER, 2007).

A fixação biológica do nitrogênio ocorre mediante presença de nódulos nas raízes induzidos a partir da infecção das raízes pelas bactérias, onde o desenvolvimento dos nódulos se dá pela troca de sinais químicos moleculares entre a planta e o simbiote. Os nódulos e a planta hospedeira são perfeitamente interligados por meio de vasos xilemáticos e floemáticos (MELLO, 2013). Sendo notória a importância da família Fabaceae na agricultura.

A capacidade das espécies leguminosas se associarem com os rizóbios pode ser explorada nos sistemas sustentáveis de produção agrícolas, havendo espécies para

sombreamento dos cultivos, práticas de adubação verde, apicultura, cobertura do solo, recuperação de áreas degradadas, e outros usos. Além disso, devido o aumento nos preços dos adubos nitrogenados se utiliza essa associação dos rizóbios e leguminosas para baixar custos nas produções agrícolas (ZILLI *et al.*, 2009; JANTALIA *et al.*, 2006; BERGO *et al.*, 2006). Diante do alto consumo de energia fóssil na fabricação dos adubos nitrogenados, aliada aos graves problemas de poluição causados pelo uso intensivo desses adubos, tem direcionado às alternativas de fixação biológica de nitrogênio nas plantas e tornar mais eficiente a utilização de carboidratos pelos nódulos (JANTALIA *et al.*, 2006). Cerca 94% da necessidade de N₂ em cultivares de soja pode ser fornecido pelo processo de fixação biológica de nitrogênio (HUNGRIA *et al.*, 2006). Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de 64 progênies de feijão-macuco (*P. tuberosus*), cultivadas em Solo Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura arenosa na região de Manaus-AM.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado com o feijão-macuco em campo experimental, localizado no km 14 da rodovia AM-010, no município de Manaus, AM. O local onde foi montado o experimento está inserido nas coordenadas geográficas 03° 15'19,3''S e 60° 14' 23,2''W, O clima local é caracterizado como "Afi" no esquema de Köppen, registrando média anual de 2.450 mm, temperatura média de 27 °C (entre 24-30 °C), com uma estação seca pronunciada entre os meses de julho a outubro e período chuvoso de novembro a junho (EMBRAPA, 1982), em Argissolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa.

Primeiramente foram cultivadas mudas na casa de vegetação com cobertura de plásticos transparente apropriado, com irrigação por microaspersão controlada com duas aplicações dia, uma no início da manhã e outra no período do final da tarde. A lâmina de água foi controlada para manter o substrato sempre úmido. As sementes foram provenientes, do banco de germoplasma de hortaliças do INPA e, foram semeadas, na profundidade média de 2 cm, com duas sementes por copo, cada copo tinha capacidade de 0,25 litro, e continha substrato com proporção 4:1 (v/v) de solo e esterco de frango. Quando as mudas atingiram cerca de 5 cm de altura foi realizado o desbaste, cortando com o auxílio de uma tesoura de poda, deixando apenas uma por copo. Quando as plântulas estavam com duas folhas definitivas, aos quinze dias após a semeadura foram transplantadas em covas de 20x20x20, cujo solo foi preparado previamente e adubado com 2 kg de composto orgânico elaborado na EEH.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 64 tratamentos (as 64 progênies) e duas repetições, cada planta foi considerada uma repetição. As unidades de avaliação foram constituídas por parcelas contendo uma planta cultivada em espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, constituindo um total de 128 plantas em todo experimento.

No momento em que 50% das plantas atingiram o estágio de floração foi efetuada a colheita das duas plantas de cada progênie. As plantas foram extraídas inteiras com auxílio de enxada, segmentando-se posteriormente em parte aérea e raízes, com auxílio de tesoura de poda na região do coleto. Foram avaliadas as variáveis: Biomassa da parte aérea fresca, Biomassa da parte aérea seca, Biomassa do caule seco, Biomassa das folhas secas, Biomassa das raízes secas, Biomassa total seca.

Na colheita, a biomassa da parte aérea fresca foi registrada, e, em seguida a biomassa da parte aérea, raízes e caule foram secos em estufa regulada a 65 °C por 72 h e posteriormente pesados. A biomassa das folhas secas foi obtida pela subtração do peso do caule seco da biomassa da parte aérea seca. A biomassa seca total corresponde a soma da biomassa da parte aérea e das raízes secas. Os dados obtidos foram submetidos à análises de variância, as comparações entre médias foram feitas pelo teste Duncan em nível 1 e 5% de probabilidade, empregando-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2006).

Resultados e Discussão

O coeficiente de variação mostrou CV(%) 28,85 e 92,19 menor e maior valor respectivamente (Tabela 1 e 2). Em experimento desenvolvido na Costa Rica, Bastidas (1998) estudou a variabilidade genética em 31 acessos de *Pachyrhizus tuberosus*, também constatou alto CV(%) variando de 29,20 a 88,60. Sobral (2009) avaliando caracteres morfoagronômicos em feijão-caupi obteve coeficiente de variação relativamente alto (38,72%) para o caractere produção de grãos atribuindo esta variação a influência do ambiente. Verificaram-se diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$; $P < 0,01$) pelo teste F, permitindo inferir sobre a existência de variabilidade genética entre as 64 progênies de feijão-macuco (Tabela 1). As análises possibilitaram conhecer aquelas progênies com maior e menor média nos caracteres do desenvolvimento (Tabela 1 e 2).

Para biomassa da parte aérea fresca (BPAF) a maior média foi 0,65 kg (P5), menor média 0,18 kg (P40). O caractere biomassa da parte aérea seca (BPAS) tem sua maior média o valor 133,19 g (P5), enquanto a menor média foi 26,71 g (P41). Divergindo de Stamford *et al.*

(1999) realizaram um experimento com jacatupé em campo, na Zona da Mata de Pernambuco, com período de colheita aos 90 dias após semeadura obteve 3,70 a 4,83 g, no caractere biomassa da parte aérea seca, menor e maior média, respectivamente. Estes resultados divergentes, talvez sejam justificados devido os diferentes períodos de colheitas, condições edafoclimáticas e as contribuições genéticas.

A biomassa do caule seco (BCS) teve como maior média 63,12 g (P5) e menor média 12,71 g (P41). Em biomassa das raízes secas (BRS) sua maior média foi 13,43 g (progênie-30), menor média 2,12 g (P61). Quanto a biomassa total seca (BTS) obteve na P5 a maior média 138,85, e menor média com valor 29,30 g na P41. Esses resultados divergem de Melo e Bueno (2000) ao estudarem o desenvolvimento de feijão-macuco em área de várzea obtiveram menor e maior média g (6,70 a 7,30); (6,40 a 8,50) e (24,40 a 25,90) biomassa do caule seco, biomassa das raízes secas e biomassa total seca respectivamente.

Foi possível observar diferenças significativas entre as progênies quanto a biomassa das folhas secas (BFS), tendo a P8 a maior média com 71,47 g, diferindo significativamente das demais (Tabela 1). O resultado pertinente a biomassa das folhas secas diverge com os de Melo e Bueno (2000) que trabalharam com feijão-macuco em ambiente de várzea na Amazônia, obtendo valores de 13,0 g no mesmo período de colheita.

Na Figura 1 há formação de seis grupos, dois bem divergentes quanto a biomassa total seca. Sendo possível identificar progênies dissimilares para futuros trabalhos de seleção. Segundo Miranda (1998) a formação de grupos é fundamental para escolha de progênies, pois as possíveis combinações a serem estabelecidas devem ser baseadas na magnitude de suas dissimilaridades. As progênies reunidas em grupos distantes dão um indicativo de serem dissimilares, podendo ser consideradas promissoras em futuros trabalhos de melhoramento.

No melhoramento genético vegetal, os estudos sobre diversidade genética são de fundamental importância, uma vez que tratam das diferenças nas frequências alélicas das populações, tendo aplicação direta na escolha de genitores, uma vez que a distância genética entre parentais é indicativa da expressão heterótica nas progênies. Portanto, o conhecimento do grau de variabilidade genética nas progênies de feijão-macuco, por meio dos estudos de divergência, torna-se vantajoso no processo de identificação de características de interesse (SOBRAL, 2009; AMORIM *et al.*, 2007). Nesse estudo foi possível observar a formação de grupos distintos (Figura 1), mostrando a variabilidade entre as 64 progênies estudadas, sendo fundamental para demonstrar o aparecimento de progênies superiores (SILVA, 2008).

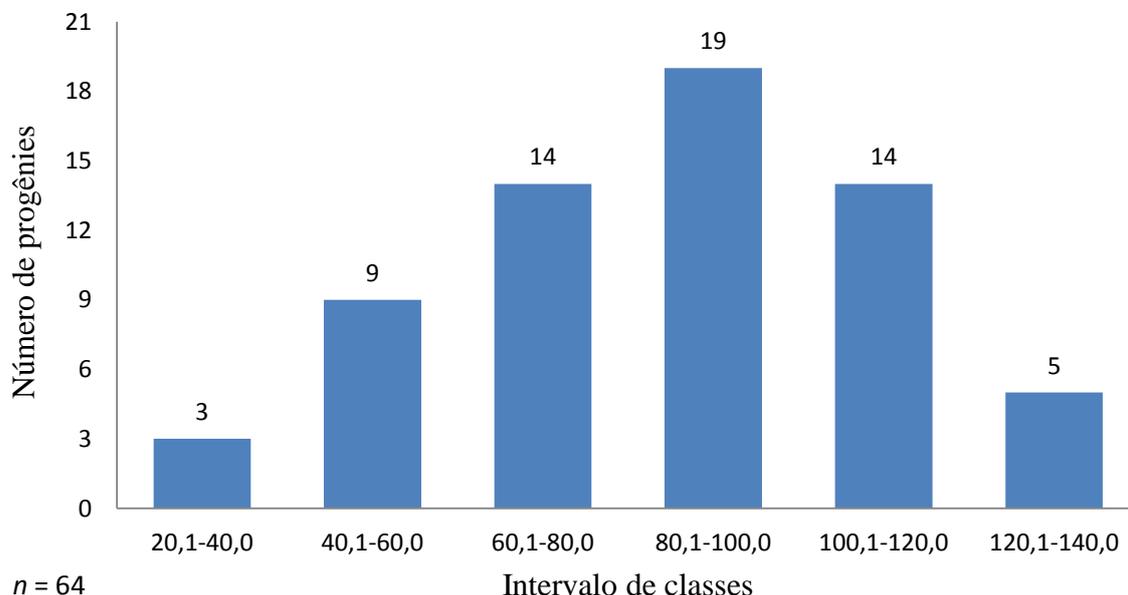
Tabela 1. Produção e partição de biomassa de 64 progênes de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) avaliadas aos 100 dias após o transplante, cultivadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central. *¹

Progênes	Biomassa da parte aérea fresca (Kg)	Biomassa da parte aérea seca	Biomassa do caule seco	Biomassa das folhas secas	Biomassa das raízes secas	Biomassa total seca
P1	0,46abc	85,98abcde	36,11abc	49,87abcdef	7,03bcdef	93,00abcdef
P2	0,42 abc	73,00abcde	30,77abc	42,24abcdef	7,86bcdef	80,87abcdef
P3	0,25 bc	74,85abcde	27,70abc	47,15abcdef	5,82bcdef	80,66abcdef
P4	0,35abc	73,22abcde	33,14abc	40,09abcdef	10,54ab	83,77abcdef
P5	0,65a	133,19a	63,12a	70,07ab	5,67bcdef	138,85a
P6	0,46 abc	96,29abcde	40,02abc	56,27abcdef	4,48cdef	100,77abcdef
P7	0,35abc	122,01abcd	56,29abc	65,71abcd	8,00bcdef	130,02abc
P8	0,30 bc	124,93abc	53,46abc	71,47a	5,31bcdef	127,74abcd
P9	0,53abc	106,61abcde	46,75abc	59,87abcde	5,08bcdef	111,68abcdef
P10	0,47 abc	99,42abcde	46,56abc	52,86abcdef	4,17cdef	103,58abcdef
P11	0,49abc	110,67abcde	49,99abc	60,68abcde	4,98bcdef	115,65abcdef
P12	0,32abc	69,86abcde	32,02abc	37,84abcdef	5,35bcdef	75,22abcdef
P13	0,53ab	47,87bcde	56,84abc	59,03abcdef	5,61 bcdef	121,47abcde
P14	0,49abc	63,64abcde	31,02abc	32,63abcdef	4,55cdef	68,20abcdef
P15	0,38abc	80,05abcde	42,23abc	37,81abcdef	5,69bcdef	85,74abcdef
P16	0,49abc	87,19abcde	35,49abc	51,70abcdef	4,05cdef	91,23abcdef
P17	0,43abc	40,42cde	20,42abc	20,01 def	5,06bcdef	45,48cdef
P18	0,31abc	58,38abcde	28,06abc	30,32abcdef	2,54ef	60,91abcdef
P19	0,43 abc	98,93abcde	48,53abc	50,41abcdef	4,21cdef	103,14abcdef
P20	0,30 abc	65,20abcde	24,12abc	41,09abcdef	3,28def	68,50abcdef
P21	0,48abc	75,92abcde	36,62abc	43,80abcdef	3,99cdef	79,91abcdef
P22	0,51 abc	110,16abcde	47,88abc	62,28abcdef	6,20bcdef	116,37abcdef
P23	0,38abc	75,92abcde	33,60abc	42,32abcdef	2,89ef	78,82abcdef
P24	0,39abc	73,18abcde	32,12abc	41,07abcdef	4,13cdef	77,32abcdef
P25	0,37abc	79,29abcde	33,77abc	45,52abcdef	3,53cdef	82,82abcdef
P26	0,40 abc	93,70abcde	37,74abc	55,96abcdef	5,96bcdef	99,66abcdef
P27	0,41abc	60,18abcde	34,98abc	25,19bcdef	4,08cdef	64,26abcdef
P28	0,33abc	65,08abcde	29,87abc	35,21abcdef	4,50bcdef	70,04abcdef
P29	0,36abc	76,72abcde	39,90abc	36,82abcdef	9,17abcd	85,89abcdef
P30	0,23bc	94,70abcde	40,51abc	54,19abcdef	13,43a	108,12abcdef
P31	0,39 bc	83,85abcde	44,18abc	39,67abcdef	9,38abc	93,23abcdef
P32	0,36abc	86,73abcde	38,29abc	48,44abcdef	5,28bcdef	92,02abcdef
P33	0,28bc	76,00 abcde	33,01abc	42,99abcdef	5,23bcdef	81,24abcdef

Tabela 1. Produção e partição de biomassa de progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) avaliadas aos 100 dias após o transplante, cultivadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central. *¹(Cont.)

Progênies	Biomassa da parte aérea fresca (Kg)	Biomassa da parte aérea seca	Biomassa do caule seco	Biomassa das folhas secas	Biomassa das raízes secas	Biomassa total seca
P34	0,39abc	85,42abcde	50,58abc	34,83abcdef	4,89bcdef	90,31abcdef
P35	0,47abc	69,44abcde	31,92abc	37,52abcdef	2,79ef	72,23abcdef
P36	0,37abc	79,58abcde	30,40abc	49,17abcdef	4,17cdef	83,74abcdef
P37	0,24 bc	44,92bcde	20,70abc	24,22bcdef	3,75cdef	48,67bcdef
P38	0,25bc	95,14abcde	45,77abc	49,36abcdef	4,46cdef	99,60abcdef
P39	0,30 bc	61,24abcde	27,14abc	34,09abcdef	4,59cdef	65,83abcdef
P40	0,18 c	51,16abcde	21,26abc	29,90abcdef	3,39def	54,55abcdef
P41	0,19 bc	26,71e	12,71c	13,95f	2,59ef	29,30f
P42	0,46 abc	110,35abcde	46,57abc	63,78abcd	3,36def	113,71abcdef
P43	0,37 abc	67,82abcde	29,47abc	38,35abcdef	4,69cdef	72,51abcdef
P44	0,37 abc	55,69abcde	23,17abc	32,52abcdef	3,50cdef	59,20abcdef
P45	0,37 abc	42,00cde	17,86abc	24,14cdef	4,71cdef	46,71cdef
P46	0,40 abc	97,36abcde	46,59abc	50,76abcdef	4,74bcdef	102,10abcdef
P47	0,24 bc	69,27abcde	28,26abc	41,00abcdef	3,46cdef	72,72abcdef
P48	0,22 bc	32,75e	15,63bc	17,12ef	3,06ef	35,82ef
P49	0,27 bc	67,18abcde	26,68abc	40,50abcdef	3,79cdef	70,99abcdef
P50	0,28 bc	85,41abcde	40,42abc	44,99abcdef	6,08bcdef	91,49abcdef
P51	0,35 abc	92,59abcde	46,52abc	46,10abcdef	8,17abcde	100,77abcdef
P52	0,35 abc	100,39abcde	46,02abc	54,37abcdef	6,66bcdef	107,05abcdef
P53	0,50 abc	129,08ab	59,27ab	69,81abc	6,25bcdef	135,32ab
P54	0,47 abc	110,48abcde	51,18abc	59,30abcdef	5,69bcdef	116,17abcdef
P55	0,34 abc	95,48abcde	41,89abc	53,58abcdef	5,65bcdef	101,13abcdef
P56	0,36 abc	53,36abcde	29,72abc	23,63def	4,37cdef	57,73abcdef
P57	0,22 bc	108,15abcde	53,69abc	54,46abcdef	5,49bcdef	114,64abcdef
P58	0,35 abc	88,72abcde	42,24abc	46,48abcdef	4,68cdef	93,40abcdef
P59	0,47 abc	87,18abcde	42,73abc	44,44abcdef	3,47cdef	90,65abcdef
P60	0,33 abc	49,72abcde	24,5abc	25,21bcdef	2,86ef	52,58abcdef
P61	0,25 bc	53,15abcde	56,77abc	29,37abcdef	2,12f	55,23abcdef
P62	0,22 bc	49,50abcde	21,97abc	27,53abcdef	4,43cdef	53,98abcdef
P63	0,31 bc	38,67de	16,92bc	21,75def	2,17f	40,84def
P64	0,30 bc	88,59abcde	30,01abc	58,59abcdef	4,42cdef	93,02abcdef
Teste F	1,67*	1,75*	1,42*	1,93**	2,46**	1,75*
CV (%)	28,85	32,69	37,84	31,96	36,04	31,55

*¹As médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Duncan a 1 e 5% de significância (P<0,05; P<0,01); CV – Coeficiente de Variação; ns – não significativo.



Intervalo de classes	Progênies
20,1-40,0	P41,P48 e P63
40,1-60,0	P17, P37, P40, P44, P45, P56, P60, P61 e P62
60,1-80,0	P12, P14, P18, P20, P21, P23, P24, P27, P28, P35, P39, P43, P47 e P49
80,1-100,0	P1, P2, P3, P4, P15, P16, P25, P26, P29, P31, P32, P33, P34, P36, P38, P50, P58, P59 e P64
100,1-120,0	P6, P9, P10, P11, P19, P22, P30, P42, P46, P51, P52, P54, P55 e P57
120,1-140,0	P5, P7, P8, P13 e P53

Figura 1. Distribuição de classes da biomassa da matéria seca total (g) de 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) avaliadas aos 100 dias após o transplante, cultivadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.

Conclusões

Foi identificado que no conjunto das 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) avaliadas, aquelas identificadas com os números P6, P10, P11 e P13 destacaram-se na biomassa total seca bem. A progênie P5 destacou-se pela elevada biomassa acumulada, especialmente na parte aérea da planta.

Referências Bibliográficas

- AMORIM, E.P.; NELZA, P.R.; UNGARO, M.R.G.; KIIHL, T.A.M. Divergência Genética em Genótipos de Girassol. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, 31(6):1637-1644, 2007.
- BALBIN, I.O.; VASQUEZ, O.D.; CARHUANCA, K.M.; SORENSEN, M.; KVIST, L.P. **El cultivo de Chuin**: uma alternativa para la seguridad alimentaria y reuperación de suelos degradados em la Amazonia Peruana. Biblioteca Nacional Del Perú nº 2005-6878, 2005.
- BASTIDAS, C.G.T. Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la colección de *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. Del Catie. (Tese) **Centro Agronomico Tropical de investigacion y ensenanza**, Turrialba, Costa Rica, 1998.
- BERGO, C.L.; PACHECO, E.P.; MENDONÇA, H.L.; MARINHO, J.T.S. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. **Acta Amazonica**, 36(1): 19-24, 2006.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p., 2006.
- FREITAS, A.D.S; VIEIRA, C.L.; SANTOS, C.E. de R. e S.; STANFORD, N.P.; LYRA, M.doC.C.P. de. **Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino no Estado de Pernambuco**, Brasil. *Bragantia*, 66(3): 497-504, 2007.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. 2006. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in South America. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K. (Ed.). **Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity**. Houston: Studium Press, LLC, p. 43-93.
- JANTALIA, C.P.; RESENDE, A.S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. **Contribuições da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos sistemas agrícolas na América Latina** (<http://cnptia.embrapa.br/Repositorio/biotocap7ID-1aDona7p8o>), 2006. Acesso em 28/10/2014.
- LEWIS, G.P.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. **Legumes of the world**. Kew Publishing, 592pp., 2005.
- LODEIRO, A.R.; GONZÁLEZ, P.; HERNÁNDEZ, A.; BALAGUÉ, L.J.; DAVELUKES, G. 2000. Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen-grow common beans. **Plant Science**, 154: 31-41.
- MELLO, N.N. **Obtenção de uma estirpe mutuante ntrC- de *Rhizobium sp.* NGR234**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013.
- MELO, Z.O.; BUENO, C.R. Desenvolvimento de feijão-macuco em área de várzea. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 18(1): 9-15, 2000.
- MIRANDA, G.V. **Diversidade genética e desempenho de cultivares de soja como progenitores**. Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 117p., 1998.

- SILVA, M.F.; CARREIRA, L.M.M.; TAVARES, A.S.; RIBEIRO, I.C.; JARDIM, M.A.G.; LOBO, M.G.A.; OLIVEIRA, J.O. 1989. As leguminosas da Amazônia Brasileira. Lista prévia. **Acta Botânica Brasílica**, v. 2 (1):193-237.
- SILVA, G.O. **Importância de caracteres na dissimilaridade de progênies de batata em gerações iniciais de seleção**. *Bragantia*, 67(1):141-144, 2008.
- SOBRAL, P.V.C. **Caracterização morfoagronômica e divergência genética entre acessos africanos de feijão-caupi**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, 2009.
- SOUZA, L.A.G. & AGUIAR, A.M.C.S.P. **Contribuição para a check-list das Fabaceae de Pernambuco**. Opção Gráfica, Natal, 172p., 2009.
- STAMFORD, N.P. SANTOS, C.E.R.S.; MEDEIROS, R.; FREITAS, A.D.S. de. 1999. Efeito da fertilização com Fósforo, Potássio e Magnésio em Jacatupé infectado com Rizóbio em um Latossolo Álico. **Pesq. Agrpec. Brás.** Brasília, 34(10).
- XAVIER, T.F.; ARAUJO, A.S.F.; SANTOS, V.B. & CAMPO, F.L. Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi. **Cienc. Rur**, 37:561–564, 2007.
- ZILLI, J.É.; MARSON, L.C; MARSON, B.F; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, 39(4):749-757, 2009.

Capítulo 3

Silva, E.S.; Silva Filho, D.F.; Souza, L.A.G.; 2015. Avaliação de progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), com base nos caracteres associados. *Acta Amazonica*.

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIOS DE FEIJÃO-MACUCO (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), COM BASE NOS CARACTERES ASSOCIADOS

Edinei Santos da Silva¹; Danilo Fernandes da Silva Filho²; Luiz Augusto Gomes de Souza²

¹Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 – Bairro: Aleixo - Caixa Postal: 478 – CEP: 69.060-001, Manaus, AM. E-mail: santos.edinei3@gmail.com; ² Pesquisadores do INPA, E-mail: danilo@inpa.gov.br, souzalag@inpa.gov.br

Resumo – Para incremento da produtividade dos cultivos agrícolas, a seleção de material genético superior é uma prioridade da pesquisa em ciências agrárias. Com o objetivo de avaliar 64 progênies de feijão-macuco, com base em caracteres associados a produtividade das raízes tuberosas, cultivados em solo Argissolo vermelho-amarelo, foi realizado um experimento, na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von der Pahlen, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia–INPA, localizada no km 14 da rodovia AM-010, no município de Manaus, AM, a 03° 15' 19,3''S e 60° 14' 23,2''W, no período de janeiro a agosto de 2014. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, constituído por três repetições por progênies, perfazendo um total de 192 plantas em todo experimento. Foram avaliadas as variáveis: altura da planta, número de ramificações secundárias, biomassa da parte aérea fresca, diâmetro do caule, biomassa da raiz tuberosa, número de raízes tuberosas, largura da raiz tuberosa, comprimento da raiz tuberosa, relação comprimento/largura da raiz tuberosa e forma da raiz tuberosa. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados por teste comparativo de médias Duncan, ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico GENES. As análises de variância com exceção do diâmetro do caule detectaram diferenças significativas para as demais variáveis avaliadas. Nos componentes de produtividade número e massa de raízes tuberosas, as progênies que mais se destacaram foram a P52 com 4,53 raízes e a P22, com massa de 5,38 kg de raízes por planta. As correlações ambientais, geralmente, foram superiores às genotípicas e fenotípicas, mostrando maior contribuição dos fatores ambientais na expressão desses caracteres em relação às demais correlações. O grupo G3 com as progênies (P29, P61, P22 e P45) incluiu as com maiores biomassas da parte aérea fresca e raízes tuberosas. A biomassa da parte aérea fresca, o número e biomassa das raízes tuberosas contribuíram com (40%) da divergência das progênies.

Palavras-Chave: germoplasma, fabaceae, raízes tuberosas, hortaliças não convencionais.

YAM BEAN PROGENIES ASSESSMENT (*Pachyrhizus tuberosus* Lam.) Spreng.), BASED ON CHARACTERS ASSOCIATED

Abstract - To increase the productivity of agricultural crops, the selection of superior genetic material is a priority for research in agricultural sciences. In order to evaluate 64 yam bean progenies, based on associated characters, grown in soil red-yellow Ultisol, an experiment was conducted in Horticulture Experimental Station Alejo Von der Pahlen, the National Institute of Amazonian Research-INPA, located at km 14 of the AM-010 highway in the city of Manaus, AM, the 03° 15'19,3 "S and 60° 14' 23,2" W, from January to August 2014 was used a completely randomized design, consisting of three replications per progeny, a total of 192 plants throughout the experiment. The following variables were evaluated: plant height, number of secondary branches, biomass fresh shoot, stem diameter, biomass tuberous root, number of roots, width of the tuberous root, when the tuberous root, the length / width of the root tuberosa and shape of the tuberous root. Data were subjected to analysis of variance and compared the comparative test averages Duncan, at 5% significance using the statistical program GENES. Analyses of variance other than the stem diameter no significant differences for the other variables assessed. In productivity components number and mass of roots, the progenies that stood out were the P52 with 4.53 roots and the P22, with mass of 5.38 kg of roots per plant. The genotypic correlations generally were higher than the phenotypic and environmental, showing greater contribution of genetic factors on the expression of these traits in relation to other correlations. The G3 with the progenies (P29, P61, P22 and P45) included with the greatest biomass of fresh shoots and tuberous roots. The biomass of fresh shoots, the number and biomass of tuberous roots contributed (40%) of the divergence of the progenies.

Key-words: germplasm, fabaceae, tuberous roots, unconventional vegetables.

Introdução

Na região Amazônica predominam solos de baixa fertilidade, com temperatura e umidade elevada, constituem ambiente desfavorável para o cultivo de grande parte das hortaliças convencionais (Silva Filho *et al.* 1997). O cultivo de hortaliças de raízes tuberosas comestíveis adaptadas as condições edafoclimáticas da região é importante, tanto como fonte de alimento suplementar, como diversificação do mercado (Melo e Bueno 1999). Nesse contexto, encontra-se o feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), uma hortaliça não convencional leguminosa, que se desenvolveu no oeste da América do Sul, onde parece ser nativo das cabeceiras do rio Amazonas (Noda, 1979; Noda e Machado 1997). Segundo Silva Filho *et al.* (1997), sua raiz tuberosa, de coloração da casca marrom claro e interior branco é a parte comestível da planta, consumida pelas populações indígenas da Amazônia Ocidental na forma fresca ou cozida, e outras formas como saladas, bolos e purê (Kinupp e Lorenzi 2014). Melo & Bueno (1999) ressaltam que o efeito inseticida da substância rotenoide presente nas sementes, faz com que esta parte da planta não seja utilizada como alimento. Mas, Villar (1991) estudando a presença de componentes tóxicos nos vários órgãos da planta, verificou que nos frutos, rotenona e pachyrhizina não são encontrados em vagens e sementes imaturas. Silva Filho *et al.* (1997) ressaltam que o conteúdo de rotenona nas sementes maduras é de até 260 mg/100 g.

A composição química das raízes tuberosas em base seca é (%) 4,05 e 52,31 a 9,46 e 42,63 de proteínas e amidos, respectivamente (Sales 1985). Melo e Bueno (1999) estudaram aspectos fisiológicos no desenvolvimento das raízes tuberosas verificaram diferenças significativas nos teores de xiloses, glicoses, açúcares redutores, proteínas e aminoácidos ao longo do desenvolvimento da planta. O feijão-macuco é uma espécie que se apresenta como importante fonte de proteína e como um potencial para a diversificação dos sistemas de produção, principalmente aqueles praticados por agricultores familiares, por ser uma espécie rústica, que se desenvolve bem em solos de pouca fertilidade, como é o caso dos solos da Amazônia (Silva Filho *et al.* 1997).

Ribeiro *et al.* (2011) avaliaram 64 subamostras de feijão-macuco em Manaus, e observaram variabilidade ampla para todos os caracteres avaliados, com destaque para cor, a forma, o tamanho e o peso das sementes são predominantes. Os caracteres morfoagronômicos são influenciados pelo ambiente, entretanto, estudos demonstraram que podem apresentar pouco efeito ambiental no comportamento de genitores, sendo possível inferir sobre a divergência genética do material avaliado (Bertini *et al.* 2009). Diante da variabilidade

genética nas progênes de feijão-macuco são muitas as possíveis combinações híbridas, para elevar as combinações gênicas favoráveis à seleção de genótipos superiores dentro destes materiais genéticos disponíveis.

Além da variabilidade é importante estudar as correlações existentes entre caracteres, possibilitando ao melhorista, saber como a seleção para um caráter influencia a expressão de outros (Freire Filho 1988). Além disso, é sempre importante saber como o melhoramento de uma característica pode causar alterações em outras (Vencovsky e Barriga 1992). A associação entre caracteres é também de grande importância, principalmente, se a seleção em um deles apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade e, ou, tenha problemas de medição e identificação. A correlação que pode ser diretamente mensurada a partir de medidas de dois caracteres, em certo número de indivíduos na população é a fenotípica. Esta correlação tem causas genéticas e ambientais, porém, o ambiente torna-se causa de correlação quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Valores positivos indicam que os caracteres correlacionados são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais, e valores negativos que o ambiente favorece um caractere em detrimento do outro. As correlações genéticas envolvem uma associação de natureza herdável, podendo, por conseguinte, ser utilizada nos programas de melhoramento (Cruz e Regazzi 1994; Carvalho 2004). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar preliminarmente e identificar dentro de 64 progênes de feijão-macuco, aquelas com potencial produtivo, considerando os caracteres associados.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em Argissolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa, na Estação Experimental de Hortaliças (EEH), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, localizada no km 14 da rodovia AM-010, no município de Manaus, AM, a 03° 15' 19,3''S e 60° 14' 23,2''W. O clima local é caracterizado como "Afi" no esquema de Köppen, registrando média anual de 2.450 mm, temperatura média de 27 °C, com uma estação seca pronunciada entre os meses de julho a outubro e período chuvoso de novembro a junho (Embrapa 1982).

Utilizou-se no experimento 64 progênes de feijão-macuco da coleção do INPA, que vêm sendo melhoradas ao longo de 35 anos, cujos materiais genéticos foram introduzidos de diferentes regiões da Amazônia e do México.

A formação das mudas foi feita, em casa de vegetação coberta por plástico transparente, utilizando-se duas sementes em copos plásticos, com capacidade de 0,25 litro,

preenchido com substrato na proporção 4:1 (v/v) de solo e esterco de frango. Nesta fase inicial as plantas foram irrigadas, por meio de um sistema de microaspersão controlada com duas aplicações ao dia, uma no início da manhã e outra no período final da tarde. Quando as plântulas atingiram 5 cm de altura foi realizado o desbaste, com o auxílio de uma tesoura de poda, deixando apenas uma plântula por copo. No momento que as plântulas estavam com duas folhas definitivas, aos quinze dias após à sementeira foram transplantadas em covas de 20x20x20, cujo solo foi preparado previamente e adubado com 2 kg de composto orgânico elaborado na EEH.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 64 tratamentos (as 64 progênies) e três repetições. As unidades de avaliação foram constituídas por parcelas contendo três plantas úteis cultivadas em espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas.

No momento em que 50% das plantas atingiram o estágio de floração (100 dias após o transplante) procedeu-se a eliminação das inflorescências de todas as plantas (com botões florais e flores), com o uso de uma tesoura de poda, para que as energias destas fossem carregadas para o desenvolvimento das raízes tuberosas, como foi demonstrado por Noda e Kerr (1983) e Ribeiro *et al.* (2011). Esta prática de retirada das inflorescências das plantas continuou, semanalmente, por um período de 120 dias após o início da retirada das inflorescências, época em que essa fase do experimento foi encerrada.

Na fase seguinte do experimento as plantas foram arrancadas, inteiras, com a ajuda de uma enxada, com muito cuidado, para evitar que as raízes tuberosas sofressem qualquer dano mecânico. Após a colheita as seguintes características das plantas das 64 progênies foram avaliadas (atribuindo valores para diferentes variações): forma das raízes tuberosas (1-globulosa, 2-alongadas, 3-nabo); altura da planta (medida com uma fita métrica, desde a base do coleto, ligado à raiz tuberosa, até extremidade apical do eixo central da planta); diâmetro do caule (medido logo acima do coleto com paquímetro); número de ramificações secundárias (obtido pela contagem de todas as ramificações secundárias a partir da base até a região apical); Biomassa da parte aérea fresca (obtida pela pesagem das massas da parte aérea de cada planta, em balança digital com capacidade para de pesar até 10 kg); número de raízes tuberosas por planta (obtido pela contagem de todas as raízes tuberosas produzidas por planta); largura das raízes tuberosas (obtida com a medida da largura da raiz tuberosa, com ajuda de um paquímetro); comprimento das raízes tuberosas (obtida com a medida do comprimento com ajuda de um paquímetro) e biomassa das raízes tuberosas (obtida com a

pesagem de todas as raízes produzidas por planta, em balança digital com capacidade para 10 kg).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, teste F, e as médias comparadas pelo teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade. As estimativas das magnitudes dos coeficientes de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais foram feitas a partir das médias das progênes e covariâncias residuais geradas nas ANOVAS. Para análise de agrupamento empregou-se as distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade. Com base na matriz de dissimilaridade gerada, foi elaborado dendrograma pelo método de UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). O critério utilizado para a formação dos grupos é a média das distâncias entre todos os pares de progênes que formam cada grupo, utilizando GENES (Cruz, 2006).

Resultados e Discussão

Três diferentes formas (globulosa, nabo e alongada) foram identificadas nas raízes tuberosas das 64 progênes de feijão-macuco estudadas. Esta variação fenotípica é muito interessante quando essas raízes forem comercializadas *in natura*, ou utilizadas para fins de processamento para produção de amido e farinha. Formas semelhantes foram encontradas por Ribeiro *et al.* (2011) em pesquisas com feijão-macuco no município de Manaus.

Com exceção das características Diâmetro do caule (DC) e Forma das raízes tuberosas (FRT) as análises de variância detectaram diferenças significativas para os demais caracteres avaliados pelo F. Os coeficientes de variação (CV) oscilaram de 23,56% a 72,62%, considerados portanto alto e muito altos (Tabela 1). Em experimento desenvolvido na Costa Rica, Bastidas (1998) estudou a variabilidade genética em 31 acessos de feijão-macuco, e constatou nas variáveis estudadas, CV de 29,20% a 88,60%. O coeficiente de variação obtido da análise de variância de um ensaio experimental indica o grau de precisão do experimento. Mas a classificação dos valores é muito abrangente e não leva em consideração as particularidades da cultura estudada, principalmente, sem fazer distinção sobre a natureza do caractere avaliado (Cruz e Regazzi 1994). Além disso, esses valores podem variar em função das condições edafoclimáticas ou ciclo reprodutivo da cultura (Carvalho *et al.* 2004). Neste caso, pode-se incluir o feijão-macuco, espécie pouco estudada sob o ponto de vista agrônômico.

A altura da planta (AP) variou de 0,47 a 1,62 m, nas progênes P48 e P35, respectivamente. Estes números ficaram bem distantes de sua possibilidade de crescimento da

cultura que é até 10 m (Villar 1991). Presume-se que este menor crescimento esteja relacionado com os problemas fisiológicos em função da interação genótipo x ambiente (Fernandes *et al.* 2007).

Para característica número de ramificações secundárias (NRS) as progênies P44 e P52 obtiveram 8,33 a 30,67, menor e maior média, respectivamente. Bastidas (1998) trabalhando a caracterização morfológica de uma coleção de *P. tuberosus* em Turrialba, Costa Rica, observou variações de 1,80 a 2,40 nessa variável.

Na característica biomassa da parte aérea fresca (BPAF) as progênies P11 com 0,07 kg e a P22 com 0,82 kg. A ampla variabilidade mostra que em pesquisas futuras ganhos genéticos poderão ser esperados por meio do melhoramento genético dessas progênies (Fernandes *et al.* 2007).

Em biomassa das raízes tuberosas (BRT) a progênie P36 produziu 1,34 kg e a P22 5,38 kg. A diferença de rendimento entre as duas é quase 400%. Este valor difere dos encontrados por Bastidas (1998) e Ribeiro *et al.* (2011), em pesquisas realizadas na Costa Rica e no Estado do Amazonas. Para esta variável eles informaram variações de 0,52 a 1,14 kg e de 2,13 kg a 2,18 kg de produtividade com populações de feijão-macuco. Mas divergências em produtividade de raízes tuberosas são plenamente concebíveis, ao se levar em consideração o tipo de material genético que foi utilizado e os ambientes onde foram cultivados.

No rendimento em número de raízes tuberosas (NRT), as progênies P52 e P61, com médias de 4,33 e 1,33 foram as de maior e menor produtividade, respectivamente. Para essa característica Bastidas (1998) mencionou valores médios variando de 1,10 a 1,60 raiz tuberosa por planta.

Para os caracteres dimensionais largura da raiz tuberosa (LRT), comprimento da raiz tuberosa (CRT) e relação comprimento/largura da raiz tuberosa (RCLRT) os valores médios menores e maiores atingiram de 9,67 a 22,00, 7,67 a 23,33 e 0,41 a 4,19 (Tabela 1). Resultados apresentados por Bastidas (1998) para as mesmas características estudadas em *P. tuberosus* variaram de 13,40 a 17,40 cm de 7,10 a 10,90 cm e de 1,30 a 2,70 cm, respectivamente, portanto muito aproximados.

Tabela 1. Valores médios de 10 caracteres avaliados, em 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) aos sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho-Amarelo na Estação Experimental do INPA-AM.^{*1, *2}

Progênies	DC (mm)	AP(m)	NRS	BPAF(kg)	BRT(kg)	NRT	LRT(cm)	CRT (cm)	RCLRT	FRT
P1	9,33	0,73 ab	15,33 abc	0,31 abcd	3,74 ab	2,67 ab	16,0 abc	16,00 ab	1,00 b	3,00
P2	9,33	0,77 ab	11,67 bc	0,25 abcd	3,12 ab	2,67 ab	15,67 abc	13,33 ab	0,90 b	3,00
P3	7,67	0,99 ab	12,00 bc	0,50 abcd	3,50 ab	2,33 ab	20,67 ab	15,00 ab	0,73 b	1,67
P4	8,00	0,64 ab	10,00 bc	0,17 abcd	2,53 ab	2,67 ab	16,00 abc	15,67 ab	0,97 b	3,00
P5	8,33	0,84 ab	16,33 abc	0,23 abcd	3,02 ab	1,67 b	20,00 ab	14,00 ab	0,70 b	1,67
P6	7,67	1,05 ab	14,67 abc	0,29 abcd	4,40 ab	2,67 ab	16,33 abc	17,00 ab	1,12 b	3,00
P7	6,00	0,94 ab	14,00 abc	0,25 abcd	3,39 ab	2,67 ab	17,00 abc	12,00 ab	0,69 b	3,00
P8	5,00	0,84 ab	15,00 abc	0,13 cd	2,62 ab	2,67 ab	13,00 abc	14,33 ab	1,16 b	3,00
P9	7,67	0,61 ab	12,67 bc	0,09 d	2,16 ab	1,33 b	18,33 abc	13,33 ab	0,79 b	2,33
P10	6,00	0,83 ab	13,67 abc	0,30 abcd	1,97 ab	2,33 ab	14,33 abc	12,00 ab	0,83 b	3,00
P11	5,00	0,67 ab	9,33 bc	0,07 d	1,55 b	2,67 ab	12,33 abc	11,67 ab	0,99 b	2,33
P12	4,67	1,42 ab	14,67 abc	0,42 abcd	1,57 b	3,33 ab	11,67 bc	10,00 b	0,89 b	3,00
P13	8,00	0,74 ab	10,67 bc	0,48 abcd	1,94 ab	1,67 b	14,67 abc	16,67 ab	1,22 b	2,00
P14	5,00	1,18 ab	13,33 abc	0,30 abcd	2,67 ab	2,67 ab	16,00 abc	9,67 b	0,73 b	2,33
P15	6,67	0,58 ab	12,00 bc	0,24 abcd	2,25 ab	2,00 ab	13,33 abc	9,33 b	0,73 b	3,00
P16	4,33	1,00 ab	20,67 abc	0,36 abcd	2,00 ab	2,00 ab	13,33 abc	10,67 b	0,83 b	1,67
P17	7,67	1,35 ab	18,00 abc	0,56 abcd	4,17 ab	2,00 ab	20,00 ab	10,33 b	0,52 b	2,33
P18	7,33	1,14 ab	23,00 abc	0,54 abcd	4,28 ab	1,33 b	22,00 a	23,33 a	1,06 b	1,33
P19	9,00	0,93 ab	10,67 bc	0,25 abcd	2,92 ab	2,00 ab	18,33 abc	12,00 ab	0,64 b	3,00
P20	6,67	1,17 ab	15,67 abc	0,32 abcd	3,32 ab	3,67 ab	15,33 abc	9,33 b	0,59 b	1,67
P21	7,67	0,95 ab	15,67 abc	0,57 abcd	3,49 ab	2,67 ab	19,00 abc	14,67 ab	0,80 b	2,33
P22	10,33	1,32 ab	15,00 abc	0,82 a	5,38 a	3,33 ab	19,67 abc	14,67 ab	0,74 b	2,33
P23	7,00	0,86 ab	20,00 abc	0,56 abcd	3,36 ab	3,00 ab	16,67 abc	15,00 ab	0,92 b	1,67
P24	7,00	0,70ab	11,33bc	0,23abcd	1,92ab	3,00ab	12,33abc	17,33ab	1,37b	2,67
P25	6,67	0,72ab	13,33abc	0,29abcd	2,14ab	2,00ab	16,00abc	13,33ab	0,83b	2,33
P26	7,33	0,77ab	18,33abc	0,59abcd	3,46ab	3,33ab	16,33abc	16,00ab	4,19a	2,33
P27	6,67	0,85ab	16,33abc	0,47abcd	3,31ab	2,67ab	17,67abc	11,67ab	0,66b	3,00
P28	8,33	0,88ab	14,67abc	0,35abcd	3,55ab	2,67ab	18,33abc	11,67ab	0,64b	3,00
P29	8,67	0,66ab	12,67bc	0,24abcd	3,18ab	2,00ab	18,00abc	12,67ab	0,71b	1,67
P30	7,00	0,49b	11,67bc	0,31abcd	3,43ab	2,67ab	17,67abc	10,33b	0,60b	1,67
P31	6,00	0,74ab	11,67bc	0,09d	2,02ab	2,33ab	13,67abc	16,67ab	1,33b	2,33
P32	6,33	0,99ab	14,33abc	0,21abcd	1,54b	2,00ab	13,33abc	11,67ab	1,12b	1,67
P33	7,33	1,02ab	19,67abc	0,21abcd	2,36ab	3,00ab	14,67abc	11,33b	0,84b	3,00
P34	8,33	0,96ab	16,33abc	0,32abcd	2,92ab	3,00ab	13,67abc	15,00ab	1,14b	3,00
P35	7,33	0,47b	10,00bc	0,17abcd	1,83ab	2,67ab	14,67abc	17,00ab	1,15b	2,33
P36	6,67	0,58ab	12,67bc	0,11d	1,34b	2,67ab	13,00abc	8,00b	0,63b	2,33
P37	7,00	1,06ab	16,00abc	0,28abcd	2,58ab	2,67ab	13,33abc	15,67ab	1,18b	2,67

Tabela 1. Valores médios de 10 caracteres avaliados, em 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) aos sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho-Amarelo na Estação Experimental do INPA-AM. ^{*1, *2} (Cont.)

Progênies	DC (mm)	AP (m)	NRS	BPAF (kg)	BRT (kg)	NRT	LRT (cm)	CRT (cm)	RCLRT	FRT
P38	7,00	1,12ab	14,67abc	0,35abcd	3,25ab	2,00ab	18,33abc	11,33b	0,62b	2,33
P39	7,67	0,65ab	17,00abc	0,25abcd	3,14ab	2,00ab	18,67abc	12,33ab	0,66b	2,33
P40	9,67	1,00ab	19,33abc	0,44abcd	2,95ab	2,33ab	17,33abc	9,33b	0,52b	1,67
P41	8,33	0,94ab	15,67abc	0,32abcd	2,37ab	2,33ab	18,33abc	7,67b	0,41b	1,67
P42	8,00	1,15ab	14,00abc	0,55abcd	3,47ab	3,00ab	18,33abc	11,33b	0,66b	2,33
P43	4,67	1,00ab	22,33abc	0,63abcd	2,49ab	3,33ab	15,00abc	12,00ab	0,81b	3,00
P44	9,67	1,33ab	30,67a	0,79abc	4,09ab	2,33ab	18,67abc	14,67ab	0,87b	2,33
P45	6,67	0,98ab	21,00abc	0,51abcd	2,95ab	2,00ab	17,67abc	11,33b	0,84b	2,33
P46	8,00	0,83ab	13,33abc	0,43abcd	2,79ab	2,33ab	17,00abc	12,00ab	0,91b	3,00
P47	5,00	0,82ab	14,00abc	0,31abcd	2,64ab	2,00ab	16,67abc	10,67b	0,65b	1,67
P48	8,67	1,62a	18,33abc	0,37abcd	3,07ab	2,33ab	16,33abc	11,00b	0,68b	2,67
P49	7,67	0,98ab	11,66bc	0,26abcd	2,29ab	2,33ab	15,67abc	12,00ab	0,88b	2,00
P50	6,33	0,88ab	14,00abc	0,24abcd	3,39ab	2,33ab	16,33abc	11,00b	0,67b	2,67
P51	7,67	1,38ab	13,33abc	0,32abcd	4,43ab	2,33ab	20,00ab	9,67b	0,49b	1,67
P52	5,33	0,75ab	8,33c	0,14bcd	2,32ab	4,33a	16,33abc	15,00ab	0,95b	2,67
P53	7,00	0,58ab	16,00abc	0,23abcd	2,39ab	2,67ab	14,33abc	12,33ab	0,88b	1,67
P54	6,00	0,78ab	11,33bc	0,14bcd	1,70b	2,33ab	13,67abc	9,67b	0,71b	2,67
P55	8,33	1,12ab	26,67ab	0,80ab	2,58ab	3,67ab	17,67abc	11,00b	0,60b	2,00
P56	7,00	0,70ab	14,00abc	0,17abcd	2,80ab	2,00ab	16,00abc	13,33ab	0,81b	3,00
P57	8,33	0,61ab	13,67abc	0,40abcd	1,96ab	1,33b	16,33abc	11,33b	0,69b	1,67
P58	7,33	1,00ab	14,33abc	0,34abcd	2,85ab	2,67ab	15,00abc	10,00b	0,69b	3,00
P59	8,33	1,09ab	16,00abc	0,51abcd	2,63ab	2,67ab	13,33abc	12,00ab	1,08b	2,67
P60	7,00	1,16ab	12,33bc	0,36abcd	1,91ab	2,33ab	13,33abc	10,33b	0,75b	2,67
P61	7,00	0,59ab	9,67bc	0,12d	1,48b	1,33b	9,67c	10,67b	1,25b	1,67
P62	8,00	0,80ab	12,33bc	0,29abcd	1,89ab	2,00ab	15,33abc	11,33b	0,72b	2,33
P63	8,00	0,79ab	15,67abc	0,33abcd	1,88ab	2,67ab	13,33abc	8,67b	0,66b	3,00
P64	6,67	1,09ab	11,00bc	0,45abcd	2,69ab	2,00ab	17,33abc	9,67b	0,56b	2,67
Teste F	0,69 ^{ns}	1,02*	1,04*	1,41*	1,15*	1,06*	1,26*	1,08*	0,91*	1,16 ^{ns}
CV %	37,20	45,71	45,81	72,62	48,21	39,62	23,56	36,87	47,54	35,07

^{*1} As médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de significância (P<0,05); CV – Coeficiente de Variação; ns – não significativo.

^{*2} DC-diâmetro do caule, AP-altura da planta, NRS-número de ramificações secundárias, BPAF-biomassa da parte aérea fresca, BRT-biomassa das raízes tuberosas, NRT-número de raízes tuberosas, LRT-largura da raiz tuberosa, CRT-comprimento da raiz tuberosa e RCLRT-relação comprimento-largura da raiz tuberosa, FRT-forma da raiz tuberosa.

Os coeficientes de correlações fenotípicas entre os pares de variáveis analisadas apresentaram duas associações negativas significativas: entre RCLRT vs CRT ($r_F = -0,70^{**}$) e FRT vs RCLRT ($r_F = -0,28^*$). Este valor negativo demonstra que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro (Carvalho 2004).

Geralmente, a parte vegetativa da planta é muito afetada pelo ambiente. Entretanto, nesta pesquisa verificou-se uma relação fortemente positiva entre altura da planta com biomassa da parte aérea fresca e biomassa da raiz tuberosa: AP vs BPAF ($r_G = 0,75^{**}$) e AP vs BRT ($r_G = 1,00^{**}$). Estes resultados evidenciam que quanto mais alta e maior biomassa da parte aérea, maior será a produtividade de raiz tuberosa da planta. Esta constatação vai ao encontro com das afirmativas que valores positivos indicam prejuízo ou benefício aos caracteres correlacionados, neste caso, confirmou-se que há benefício para ambos caracteres correlacionados (Cruz e Regazzi 1994).

Os valores estimados de correlações (Tabela 2) demonstram que os fatores ambientais também contribuem para a variabilidade da espécie. As correlações entre FRT vs ART ($r_G = 0,79^{**}$), BPAF vs NRS ($r_A = 0,71$) e RCLRT vs CRT ($r_A = 79^{**}$) fato considerado problemático para fins de seleção, pois há indicativos da necessidade de se testar os materiais nos novos ambientes, toda vez que houver introdução destes em novas localidades. Devida a estimativa evidenciar que os caracteres são influenciados pelas mesmas variações do ambiente (Cruz *et al.* 2004).

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de Correlações Fenotípicas (r_F), Genotípicas (r_G) e Ambiental (r_A), entre 10 caracteres avaliados em 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*), aos sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central. *¹, *²

Caracteres	r	AP	NRS	BPAF	DC	BRT	NRT	LRT	CRT	RCLRT
NRS	F	0,47**								
	G	0,75**								
	A	0,46**								
BPAF	F	0,55**	0,66**							
	G	1,00**	0,68**							
	A	0,49**	0,71**							
DC	F	0,11	0,16	0,34**						
	G	0,99**	0,99**	0,99**						
	A	0,31*	0,36**	0,46**						
BRT	F	0,44**	0,36**	0,53**	0,45**					
	G	1,00**	-1,00	0,05	0,99**					
	A	0,41**	0,54**	0,67**	0,52**					
NRT	F	0,19	0,10	0,21	-0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}				
	G	0,52**	-0,97**	0,66**	0,99**	-0,91**				
	A	0,01 ^{ns}	0,27*	0,16 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,32*				
LRT	F	0,28*	0,30*	0,46*	0,44*	0,75**	-0,15 ^{ns}			
	G	0,84**	-0,24*	0,53**	0,99**	1,00**	-1,00**			
	A	0,26*	0,37**	0,44**	0,45**	0,67**	0,01 ^{ns}			
CRT	F	-0,13 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,28*	0,01 ^{ns}	0,18 ^{ns}		
	G	-0,72**	-1,00**	-0,83**	0,99**	0,83**	0,08 ^{ns}	0,84**		
	A	0,17 ^{ns}	0,22	0,27*	0,21	0,22	-0,14 ^{ns}	0,08 ^{ns}		
RCLRT	F	0,26*	0,18 ^{ns}	0,21	0,20	0,18 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,44**	-0,70**	
	G	0,63**	0,32**	1,00**	0,99**	0,68**	-0,53**	0,60**	0,09 ^{ns}	
	A	0,04 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,49**	0,79**	
FRT	F	0,02 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,31*	-0,28*	-0,01 ^{ns}	-0,28*
	G	0,03 ^{ns}	-1,00**	-0,78**	0,99**	-1,00**	0,54*	-1,00**	-0,15 ^{ns}	-1,00**
	A	0,02 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}

¹, ** e ^{ns} = significativo em nível de 5%, 1% e não significativo respectivamente, pelo teste t.

*²AP-altura da planta; NRS-número de ramificações secundárias; BPAF-biomassa da parte aérea fresca; DC-diâmetro do caule; BRT-biomassa das raízes tuberosas; NRT-número de raízes tuberosas; FRT-forma da raiz tuberosa; LRT-largura da raiz tuberosa; CRT-comprimento da raiz tuberosa; e, RCLRT-relação comprimento-largura da raiz tuberosa.

A contribuição relativa de cada característica para divergência das progênies, segundo o método Singh (1981), mostrou que três destas características (Tabela 3) contribuíram com (41%) da divergência das progênies avaliadas, são elas biomassa da parte aérea fresca (18, 40%), biomassa das raízes tuberosas (11,15%) e número de raízes tuberosas (11,68%) e podem ser priorizadas na escolha de genitores em programas de melhoramento da espécie.

Tabela 3. Contribuições relativas dos caracteres para divergência de 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*), aos sete meses de cultivo, em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.

Número	Variáveis	Valor (%)
1	Diâmetro do caule	5,30
2	Altura da planta	7,95
3	Número de ramificações secundárias	8,50
4	Largura das raízes tuberosas	8,64
5	Forma das raízes tuberosas	9,23
6	Comprimento das raízes tuberosas	9,25
7	Relação comprimento/largura raízes tuberosas	9,90
8	Biomassa das raízes tuberosas	11,15
9	Número de raízes tuberosas	11,68
10	Biomassa da parte aérea fresca	18,40

Por meio das medidas de dissimilaridade entre as progênies nos grupos apresentados em dendrograma, em corte a 80% de máxima de distância verifica-se a formação de quatro grupos (Figura 1). Na formação dos grupos distintos, observa-se a existência de variabilidade entre as 64 progênies estudadas, fato fundamental para ganho com seleção e melhoramento genético (Silva *et al* 2008).

Na formação dos quatro grupos, o G1 reuniu as progênies P30, P63, P27, P57 e P64) com valores de pouco destaque nos caracteres avaliados. O grupo G2 juntou 22 progênies (P25, P53, P21, P43, P56 + P26, P55, P19, P39, P60 + P15, P31, P38, P17, P36, P46+ P1, P50, P3, P7, P11 e P34) com valores para maior relação comprimento/largura da raiz tuberosa (P26). No grupo G3 observaram-se a presença das progênies (P29, P61, P22 e P45), aquelas com maiores conteúdo de biomassa da parte aérea fresca, e biomassa das raízes tuberosas (P22). O grupo G4, o maior deles, formado por 33 progênies (P16, P33, P18, P37, P12, P49, P24, P51, P23, P47, P20, P41, P52, P62, P6, P9, P4, P5, P8, P13, P2, P48, P54, P42, P44, P28, P59, P14, P10, P58, P40, P32 e P36), apresentou maior número de ramificações secundárias (P44), com maior altura da planta (P48) e com maior número de raízes tuberosas (P52). A divergência dos grupos indica que podem ser mais bem aproveitadas para futuro trabalho de melhoramento para espécie.

O método (UPGMA), representado na (Figura 1) definiu o número de grupos por análise visual das ramificações, com o corte estabelecido em pontos de mudança abrupta (Bertan *et al.* 2006). Este critério de agrupamento estabeleceu que primeiramente fosse formado um grupo de genótipos similares, e as distâncias dos demais calculadas em relação aos grupos formados (Cruz e Carneiro 2003). Portanto as progênies de feijão-macuco

agrupadas em um mesmo grupo são mais similares e as distantes são dissimilares (Miranda 1998), com possibilidades de serem mais bem utilizadas em programas de melhoramento para a espécie.

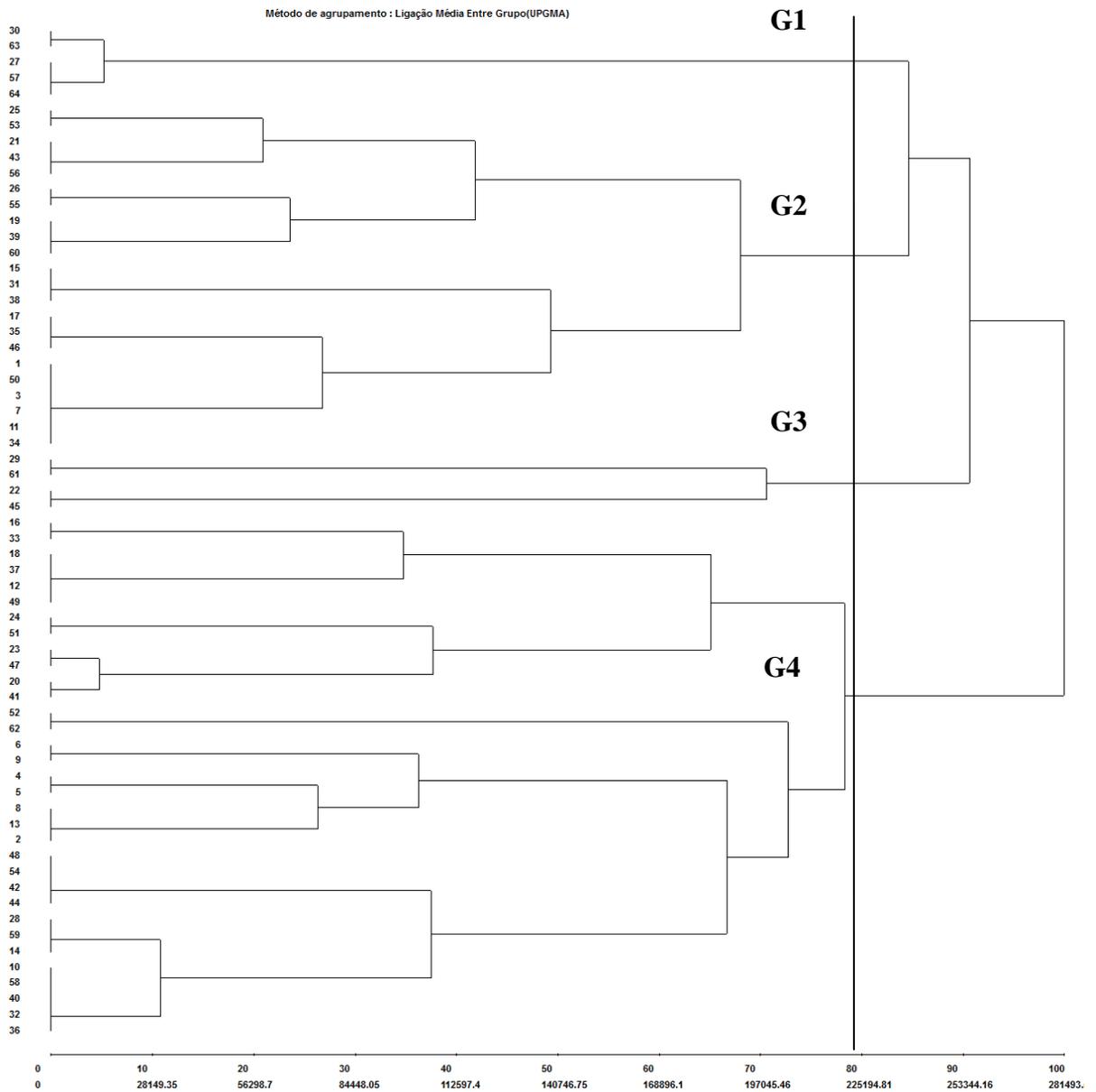


Figura 1 Dendrograma de dissimilaridade usando Mahalanobis, pelo método de Ligação Média entre Grupo (UPGMA), com corte em aproximadamente 80% da máxima distância (G1 a G4) representando os quatro grupos formados com 10 caracteres entre 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*), após sete meses de cultivo em solo Argissolo Vermelho-Amarelo da Amazônia Central.

Conclusões

Na avaliação de 64 progênies de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*) constatou-se a existência de variabilidade genética importante para seleção de novas variedades para cultivo. Nos componentes de produtividade número e massa de raízes tuberosas, as progênies que mais se destacaram foram a P52 com 4,53 raízes e a P22, com massa de 5,38 kg de raízes por planta. As correlações ambientais, geralmente, foram superiores às genotípicas e fenotípicas, mostrando maior contribuição dos fatores ambientais na expressão desses caracteres em relação às demais correlações. O grupo G3 com as progênies (P29, P61, P22 e P45) incluiu as com maiores biomassas da parte aérea fresca e raízes tuberosas. A biomassa da parte aérea fresca, o número e biomassa das raízes tuberosas são os caracteres que mais contribuem para a divergência das progênies.

Agradecimentos

A FAPEAM pela concessão da bolsa, apoio importantíssimo à execução deste trabalho. E ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, por meio da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, pela oportunidade e apoio durante todo processo e, a coordenação e seus colaboradores da Estação Experimental de Hortaliças do INPA, Alejo Von der Pahlen ao laboratório de microbiologia, pelo apoio e espaço concedido para realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Bastidas, C.G.T. 1998. Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la colección de *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. del Catie. (Tese) **Centro Agronomico Tropical de investigacion y ensenanza**, Turrialba, Costa Rica.
- Bertini, C.H.C. de M.; Teófilo, E.M.; Dias, F.T.C. 2009. Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, 40(1): 99-105.
- Bertan, I.; Carvalho, F.I.F.; Oliveira, A.C.; Vierira, E.A.; Hartwing, I.; Silva, J.A.G.; Shimidt, D.A.M.; Valério, I.P.; Busato, C.C.; Ribeiro, G. 2006. Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, 12(3):279-286.
- Carvalho, F.I.F. ; Lorencetti, C.; Benin, G. 2004. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 142p.

- Cruz, C.D. 2006. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes.** (Ed.). UFV. Viçosa-MG, 285p.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. 1994. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Editora UFV, Viçosa, 390p.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. Carneiro, P.C.S. 2004. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético II.** Viçosa: UFV, 480p.
- Fernandes, J.C.; Rezende, J.O.; Diamantino, M.S.A.S.; Rezende, V.J.R.P.; Antunes, R.J.B. 2007. **Identificação de espécies para cobertura do solo e rotação de culturas no vale do Iuiu, Região Sudeste da Bahia.** *Magistra*, 19(2):163-169.
- Freire Filho, F.R. 1988. Genética no feijão-caupi. In: Araújo, J.P.P.; Watt, E.E. de. **O feijão-caupi no Brasil**, Brasília, DF, IITA/EMBRAPA-CNPAP. p.159-229.
- Kinupp, V.F.; Lorenzi, H. 2014. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil:** guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 768p.
- Melo, Z.L de O.; Bueno, C.R. 1999. Teores de Carboidratos, proteínas e aminoácidos livres durante do desenvolvimento de raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* Lam.) Spreng.), em área de várzea, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 29(92):173-181.
- Miranda, G.V. 1998. **Diversidade genética e desempenho de cultivares de soja como progenitores.** Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 117p.
- Noda, H.; Kerr, W.E. 1983. **The effects of staking and of pruning on the root production of yam bean (*Pachyrhizus tuberosus* Urban).** *Tropical Grain Legume Bulletin*, 27:35-37.
- Noda, H.; Machado, F.M. 1997. Feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* Lam.) Spreng.). In: Cardoso, M.A (Coord.). **Hortaliças não-convencionais da Amazônia.** Brasília: Embrapa-SPI: Manaus: Embrapa-CPAA. 150p.
- Noda H. 1979. Potencialidade da cultura de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus*). In: Pahlen, A; Kerr W.E. (Org.). **Introdução à Horticultura e Fruticultura no Amazonas.** Manaus: CNPq/INPA, p58-65.
- Ribeiro, W.G.; Noda, H.; Soares, J.E.C.; Rocha, M.Q. 2011. Avaliação das características agrônomicas de feijão-macuco. *Horticultura Brasileira*, 29:2902-2908.
- Sales, A.M. 1985. O jacatupé (*Pachyrhizus tuberosus*): uma fonte potencial de proteína, óleo e amido. *Boletim do ITAL*, Campinas, 22(3).331-340.
- Silva, G.O; *et al.* 2008. **Importância de caracteres na dissimilaridade de progênes de batata em gerações iniciais de seleção.** *Bragantia*, 67(1):141-144.

- Silva Filho, D.F.; Noda, H.; Paiva, W.O.; Yuyama, K.; Bueno, C.R.; Machado, F.M. 1997. Hortaliças não-convencionais nativas e introduzidas na Amazônia. In: Noda, H; Souza, L.A.G.; Fonseca, O.M. **Duas Décadas de Contribuições do INPA à Pesquisa Agrônoma no Trópico Úmido**. 2ed. Manaus:INPA, 332p.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. 1992. Associação entre caracteres. IN: Vencovsky, R. and Barriga P. **Genética biométrica aplicada ao fito melhoramento**. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, p. 335-486.
- Villar, M.L.D. 1991. **Conteúdo endógeno de rotenona e pachyrhizina em *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal/Universidade Estadual de Campinas. 109p.
- Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S. 2003. **Modelos Biométricos aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV,v2, p585.

Capítulo 4

Silva, E.S.; Souza, L.A.G. Silva Filho, D.F. 2015. Produção de farinha e amido de raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), para agricultura familiar. *Revista Brasileira de Agroecologia*.

Produção de farinha e amido de raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), para agricultura familiar

Flour production and starch roots of yam bean tuberous (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.), for family farm

Edinei Santos da Silva¹; Luiz Augusto Gomes de Souza²; Danilo Fernandes da Silva Filho²

¹Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 – Bairro: Aleixo - Caixa Postal: 478 – CEP: 69.060-001, Manaus, AM. E-mail: santos.edinei3@gmail.com; ²Pesquisadores do INPA, E-mail: souzalag@inpa.gov.br; daniilo@inpa.gov.br

RESUMO: O feijão-macuco é uma hortaliça não convencional, nativa da Amazônia, conservada pelas populações tradicionais, e constitui um recurso genético importante para segurança alimentar da região. Com o objetivo de apresentar uma forma de processamento de raízes tuberosas dessa espécie para produção de farinha e de amido, empregou-se a tecnologia utilizada em produção de farinha de mandioca. As plantas cultivadas na Estação Experimental de Hortaliças do INPA tiveram suas raízes tuberosas processadas na comunidade Viva Bem, Assentamento Iporá, no município de Rio Preto da Eva, AM. A produção da farinha e extração de amido seguiu a seguinte sequência: recepção da matéria-prima (raiz tuberosa de feijão-macuco), lavagem, sanitização, enxague, descascamento, lavagem, corte, trituração das raízes (sevagem), separação do leite de amido, extração do bagaço, prensagem, peneiramento, desidratação, torragem e peneiramento (no forno). Com 86 kg de raízes tuberosas de feijão-macuco conseguiu-se produzir 8,6 kg de amido; 16 kg de matéria fresca de casca, equivalente a 19% e 63% de líquido residual resultando em 54,31 kg e 7 kg de farinha. O amido gerado com a matéria-prima das raízes tem o processo de decantação lento. Foi constatado que é possível produzir farinha e extrair amido a partir de raízes tuberosas de feijão-macuco, utilizando a mesma tecnologia empregada na mandioca.

PALAVRAS-CHAVE: olericultura, biodiversidade, técnicas e processamento.

ABSTRACT: The yam bean is an unconventional herb, native to the Amazon, maintained by traditional populations, and is an important genetic resource for food security in the region. In order to present a form of processing of roots of this species for the production of flour and starch extraction, we used the technology used in cassava flour production, in family farmer flour mill. The raw material was obtained from plants grown in the INPA's Horticulture Experimental Station. Flour and starch were obtained by processing the tuberous root, community Viva Well, Settlement Iporá in Rio Preto da Eva, AM. The production of flour and starch extraction followed the following sequence: receiving raw material (tuberous root yam bean) and washing, sanitizing and washing, peeling and washing, crushing the roots (sevagem) extracting the starch milk, extraction of bagasse, pressing and screening, dehydration and roasting, sieving (in the oven). 86 kg of tuberous roots of yam bean it was possible to produce 8.6 kg of starch (without adding water); 16 kg of fresh weight of shell, equivalent to 19% and 63% residual liquid resulting in 54.31 kg and 7 kg of flour. Starch generated from the raw material of the roots is slow sedimentation process. It has been found that it is possible to produce flour and extract starch from tuberous roots of yam bean, using the same technology used in cassava.

KEY WORDS: vegetable crops, biodiversity, and processing techniques.

Introdução

O feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) é uma planta do grupo das leguminosas, família Fabaceae originária das áreas próximas as cabeceiras do rio Amazonas (NODA E MACHADO, 1997). O gênero *Pachyrhizus* inclui cinco espécies, sendo duas espécies silvestres: *Pachyrhizus ferrugineus* (Piper) M. e *Pachyrhizus panamensis* Clausen, nativas do Peru e três espécies cultivadas: *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban, nativa do México, *Pachyrhizus ahipa* (Weddi.) Parodi, originária do Peru e *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng., com ocorrência no Brasil e cultivada no México (BASTIDAS, 1998).

A polpa da raiz tuberosa do feijão-macuco é comestível sendo vista com interesse, principalmente por ser fonte de proteínas. Sua composição química na matéria seca contém (%): 1,12 a 9,46 de proteína, 5,6 a 45,59 de açúcares, 0,78 de fibra, e 10 a 14,54 de amido isso conforme a eficácia da metodologia utilizada (NODA 1994; CRISTINA *et al.*, 2010). É bastante consumida nas formas *in natura*, saladas, farinhas, bolos e biscoitos (NODA e MACHADO, 1997). Esta hortaliça é considerada não convencional, devido o seu potencial produtivo ter sido pouco explorado (BRASIL, 2010; EPAMIG, 2011). As raízes tuberosas, podem atingir produção média de 28 t ha⁻¹ (RIBEIRO *et al.*, 2011) a 50 t ha⁻¹ (HERMANN e HELLER, 1997).

Das espécies utilizadas para produção de farinha são citadas a mandioca e o trigo como as principais, mas, há frutas também usadas para produção de farinhas. Considera-se que farinhas de frutas são produtos desidratados (ALVES *et al.*, 2012). No entanto, não é muito comum o seu consumo. Além disso, não são muitas as frutas com boas características para transformação em farinha. Na região Amazônica, pode ser citada como a mais popular a banana, sendo empregada mais recentemente com este objetivo a pupunha. Entretanto, outras frutas podem fornecer farinha ou um desidratado para reconstituição como sucos e outras finalidades (NAZARÉ, 2003).

Das plantas com raízes tuberosas, a batata-doce é utilizada na produção de farinha para alimentação de populações carentes (ALVES *et al.*, 2012). Entre as espécies pouco convencionais, que podem ser utilizadas para produção de farinha, cita-se o feijão-macuco. Para isso, é necessário o emprego de um processo de secagem e torragem, um método de conservação que tem como objetivo prevenir as modificações físicas, químicas e bioquímicas durante o armazenamento dos produtos, visando preservar ao máximo os parâmetros de qualidade dos mesmos (NAZARÉ, 2003).

As farinhas, de um modo geral, representam uma grande variedade de produtos em pó, os quais se diferenciam nas suas composições químicas e características. Na indústria de alimentos, as farinhas participam do processo de produção como matérias-primárias, intermediárias ou como produtos finais. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1995; COSTA *et al.*, 2003) define farinha como o produto obtido de matéria prima *in natura* (da mandioca) submetido a processos tecnológicos adequados de fabricação, classificando-a em grupo, subgrupo, classe, e tipo, de acordo com a tecnologia utilizada, granulometria, coloração e qualidade.

Na fabricação de farinha de feijão-macuco não existe legislação quanto a classificação de acordo com o processo tecnológico, granulometria, cor e qualidade. Devido sua semelhança com a batata-doce e mandioca há possibilidade de ser transformada em amido ou farinha, utilizando praticamente o mesmo processamento de normas e padrões para a produção de farinha e extração de amido da mandioca.

Um fator muito importante do feijão-macuco, dentro das espécies tuberosas, talvez seja uma das que menos oferece problemas na estocagem. Em algumas observações experimentais (não publicadas) realizadas em 2014 na cidade de Manaus, verificou-se sua capacidade de conservação *in natura* por longos períodos, com poucos cuidados em abrigos bastante simples, preservando suas qualidades de consumo por período superior a três meses.

A farinha de raiz tuberosa de feijão-macuco para consumo humano representa uma forma alternativa de aproveitamento e conservação das características nutritivas, estocada por maior período, pois é leve e de fácil manuseio. Além disso, no processo de produção da matéria-prima que irá resultar na farinha, há possibilidade de obter o amido, que juntamente com a farinha podem ser utilizados na elaboração de bolos, pudins, pães e outros produtos, em substituição total ou parcial à farinha de trigo (BALBIN *et al.*, 2005; KINUPP e LORENZI, 2014).

O aproveitamento mais eficaz com maior valor agregado ao feijão-macuco vem encorajando pesquisas nas esferas agrônômicas, tecnologia de alimentos e nutrição. Podendo contribuir, principalmente, com a segurança alimentar das populações tradicionais da Amazônia. Diante destes fatos, o objetivo deste trabalho foi de testar e difundir a metodologia para obtenção de farinha e extração de amido da raiz tuberosa de feijão-macuco (*P. tuberosus*), em ambiente de casa de farinha de pequeno agricultor no Estado do Amazonas.

Material e Métodos

O cultivo foi realizado na Estação Experimental de Hortaliças do INPA Alejo Von der Pahlen, localizada no km 14 da rodovia AM-010, no município de Manaus, AM. O local está inserido nas coordenadas geográficas 03° 15' 19,3''S e 60° 14' 23,2''W, O clima local é caracterizado como “Afi” no esquema de Köppen, registrando média anual de 2.450 mm, temperatura média de 27 °C (entre 24-30 °C), com uma estação seca pronunciada entre os meses de julho a outubro e período chuvoso de novembro a junho (EMBRAPA, 2015), em Argissolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa.

Primeiramente foram cultivadas mudas na casa de vegetação com cobertura de plásticos transparente apropriado, com irrigação por microaspersão controlada com duas aplicações dia, uma no início da manhã e outra no período do final da tarde. A lâmina de água foi controlada para manter o substrato sempre úmido. As sementes foram provenientes, do banco de germoplasma de hortaliças do INPA e, foram semeadas, na profundidade média de 2 cm, com duas sementes por copo de plástico, com capacidade de 0,25 litro, contendo substrato com proporção 4:1 (v/v) de solo e esterco de frango.

Quando as mudas atingiram cerca de 5 cm de altura foi realizado o desbaste, cortando com o auxílio de uma tesoura de poda, deixando apenas uma por copo. No momento que as plântulas estavam com duas folhas definitivas, aos quinze dias após a semeadura foram transplantadas em cova de 20x20x20 cujo solo foi preparado previamente e adubado com 2 kg de composto orgânico elaborado na EEH.

A colheita das raízes tuberosas de feijão-macuco foi efetuada aos sete meses de cultivo, com auxílio de enxada, em seguida foram pesadas em balança digital com capacidade para 10 kg, sendo separados 86 kg de raízes tuberosas para processamento. Na Figura 1 (a, b e c) é possível verificar a planta inteira com parte aérea e tuberizada, e aspectos interno e externo da raiz tuberosa.

O processamento para produção de farinha e extração de amido ocorreu em um sítio de pequeno agricultor, localizado na comunidade Viva Bem, Assentamento Iporá no município de Rio Preto da Eva-AM (FRANÇA, 2003).



(a)

(b)

(c)

Figura 1. Planta inteira com parte aérea e raiz tuberisada (a), aspecto interno (b) e aspecto externo (c) da raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam) Spreng.), utilizado na produção de farinha e amido.

Para melhor entendimento das técnicas adotadas para produção de farinha e extração do amido das raízes tuberosas de feijão-macuco foi efetuada uma descrição em fluxograma do processo (Figura 2). Como instrumentos básicos empregados para obtenção de amido e farinha de raízes tuberosas de feijão-macuco foram utilizados: facas de aço inox, bancada para acondicionamento e corte do material, prensa para pré-secagem da massa, peneira para peneirar a massa, bacia de plástico para receber a massa crua, tecido de algodão para extração do amido, tambor de plástico com capacidade para 200 L para receber o líquido leitoso de amido, gamela para receber a massa peneirada, forno para desidratação e torragem da massa, remo para mexer a massa sobre o forno, lenha como fonte de aquecimento do forno.

Processo de produção de farinha e extração de amido

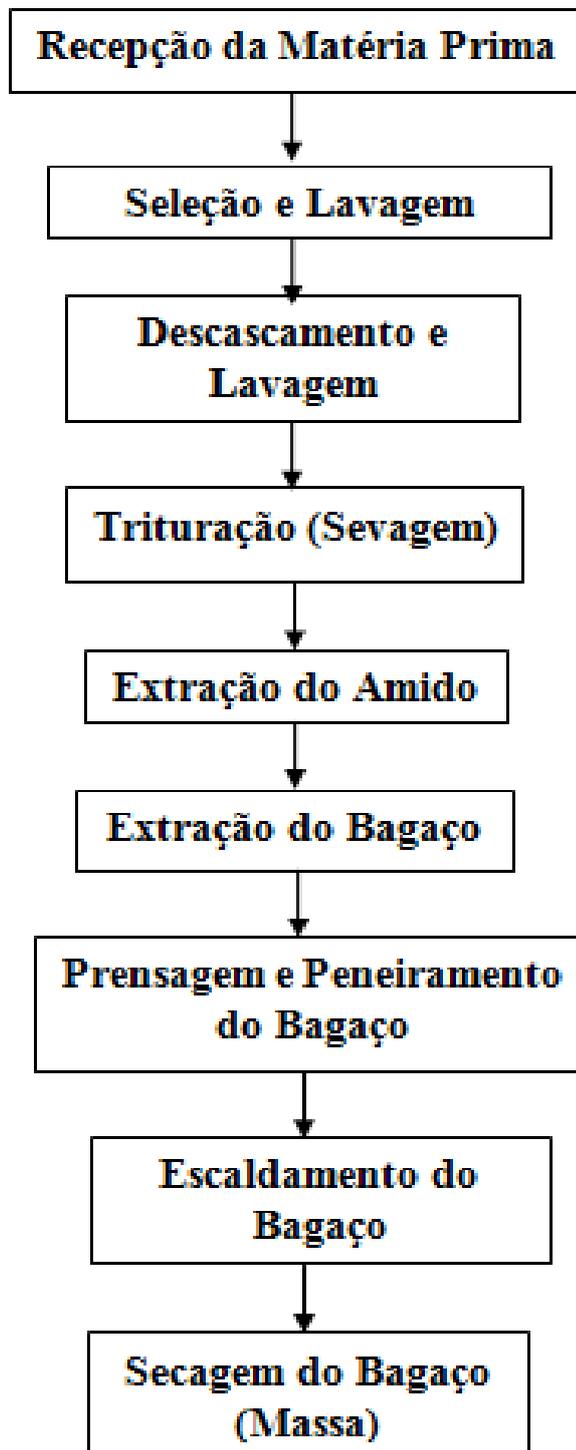


Figura 2. Fluxograma para obtenção da farinha e amido de raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) em casa de farinha de pequeno agricultor, assentamento Iporá-AM.

Recepção da matéria-prima, Seleção e Lavagem

As raízes tuberosas vindas do campo foram recebidas em ambiente previamente preparado com lona para as primeiras triagens (Figura 3-a). Posteriormente selecionadas em tamanhos diferentes, separadas de sujidades grosseiras, rejeitando-se aquelas com podridões ou outros defeitos que comprometessem a qualidade do produto, sendo lavadas, imersas em água acondicionadas em tanques de plástico e submetidas a lavagem manual utilizando escovas com cerdas de *nylon* para retirada dos vestígios de solo (Figura 3-b), em seguida sanitizadas em uma solução de cloro a 100 mg/L, durante 20 minutos, e novamente lavadas para retirar os vestígios do cloro, sendo enxaguadas em água potável, e mantidas em locais limpos, arejados isentos da presença de insetos, até o início do descasque.



(a)



(b)

Figura 3. Aspectos das raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.): a) antes e b) após a lavagem.

Descascamento, Lavagem e Trituração

No descasamento retiraram-se as extremidades das raízes tuberosas, e procedeu-se o início do descasque, com auxílio de facas de aço inoxidável, gerando 16 kg de casca. Em seguida, ocorreu novamente a lavagem das raízes tuberosas, e corte longitudinalmente em 10 cm de largura por 8 cm de altura e levadas para trituração (sevagem) (Figura 4-b).

O procedimento de corte nas raízes facilita a passagem pelo triturador (tarisca de sevação). As raízes tuberosas menores não necessitaram de corte longitudinalmente. Na

Figura 4-a e b é perceptível os cortes longitudinais, assim como, o momento em que acontece a trituração (sevadas) na bancada de sevação.



(a)



(b)

Figura 4. Aspectos das raízes tuberosas de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) em bancada com tarisca própria para sevar mandioca em: a) cortes longitudinais, e b) processo de trituração.

Extração do amido

Após a passagem das raízes pela bancada de sevagem foi gerada massa com grande quantidade de material líquido. Essa massa foi espremida em pano de algodão, com apoio de uma peneira para a extração do amido. Observa-se na Figura 5-a e 5-b a massa sevada com grande quantidade de líquido gerado na sevação e a fase de coagem para extração do líquido leitoso que resultou no amido. Este líquido leitoso permaneceu no recipiente por 5 horas para sua completada decantação, posteriormente retirado com balde de plástico. O amido ainda úmido, permaneceu sob um pano de algodão para parcial secagem, cujo processo de enxugamento foi repetido por duas vezes, para o amido ficar pronto.



(a)



(b)

Figura 5. Extração do amido de massa de raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) recém-sevada: a) Massa vinda da bancada de sevação sem acréscimo de água; b) Extração do amido.

Extração, Prensagem e Peneiramento do bagaço

Depois de extrair o amido da raiz triturada, foi extraído o bagaço (massa que ainda contém amido). A prensagem do bagaço ocorreu em uma prensa rústica de madeira, típica para prensagem de massa de mandioca (Figura 6-a). A prensagem destina-se a reduzir ao máximo a umidade da massa. A massa permaneceu por uma noite na prensa, e no dia seguinte foi peneirada. Na Figura 6-b verifica-se a massa da raiz tuberosa de feijão-macuco vinda da prensa.



(a)



(b)

Figura 6. Massa da raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) após a extração do amido: a) Acomodação da massa na prensa; b) Massa após ser retirada da prensa.

Por ter sido submetida à fortíssima compressão durante a prensagem, a massa estava muito compactada precisando ser esfarelada para facilitar o peneiramento. A massa das raízes tuberosas de feijão-macuco, peneirada foi fundamental para uniformizar seus grânulos, gerando pouca crueira (fragmentos maiores) que pode ser vista na Figura 7- a,b.



(a)



(b)

Figura 7. Processo de peneiramento da massa após sair da prensa: a) Peneirando massa em peneira de arumã; b) Massa recém-peneirada em condições de ir ao forno.

Escaldamento do bagaço (massa)

Para o escaldamento a massa foi levada ao forno (Figura 9-a), ainda contendo alguma quantidade de amido em sua composição, condição essa, fundamental para o escaldamento eficaz. A massa foi peneirada e levada ao forno bem aquecido, com mexidas rápidas com remo de madeira. Este procedimento gera uma massa (bagaço) com aparência de cozida (Figura 9-b), fundamental para produção de farinha de melhor aparência.



(a)



(b)

Figura 8. Massa em processo de escaldamento em forno de casa de farinha tradicional do assentamento Iporá, AM.

Secagem do bagaço

A secagem ocorreu em forno com temperatura baixa, com objetivo de retirar ao máximo a umidade da massa (bagaço), sendo novamente peneirada ainda no forno (Figura 9). Para isso, a temperatura foi controlada por meio visual, retirando e acrescentando lenha de acordo com o aumento ou diminuição do calor no forno. A lenha utilizada no forno foi proveniente de galhos de ingazeiras e outras espécies vegetais mortas encontradas no sítio.



Figura 9. Peneiramento da massa (bagaço) da raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) ainda no forno.

Resultados e Discussão

Para farinha a raiz tuberosa de feijão-macuco gerou 7 Kg, equivalente a 8% do total (Figura 11), na cor creme, granulometria fina e grossa (Figura 10-a,b). Silva (2010) produzindo farinha de batata-doce obteve rendimento de aproximadamente 24 a 26%, nas cores brancas e rosa. Para Velthem e Katz (2012) geralmente as farinhas de mandioca na Amazônia podem ter cor amarela, branca ou ser amarronzadas, com grãos grossos ou finos, d'água e seca, sendo pertinentes as variações entre e dentro das espécies, além da tecnologia utilizada.



Figura 10. Farinha a partir da raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.): a) Farinha grossa; b) Farinha fina.

No amido, o rendimento foi 10%, equivalente a 8,6 kg (Figura 11). Se comparada à mandioca (25%), o rendimento é baixo (FIORDA *et al.*, 2013). Mas ficou na média, quando comparado com os valores de Cristina *et al.* (2010) avaliando o rendimento de amido das raízes tuberosas de feijão-macuco, obtendo rendimento médio de 14 a 12 %, utilizando filtros de tecido de algodão e sintético, respectivamente. Leonel *et al* (2003) em pesquisa em laboratório, extraíram amido de *P. ahipa* obtiveram 7,68%. A raiz tuberosa de feijão-macuco, quando comparada com a mandioca e outras rízes tuberosas, apresenta vantagens, devida o seu processo de trituração gerar grande quantidade de líquido leitoso natural (Figura 5-a, b). E, considerando que a o processo de produção de amido necessita de grande consumo de água (WOSIACKI e CEREDA, 2002)

Para o líquido residual, o processamento da raiz tuberosa de feijão-macuco gerou 54,31 kg, representando 63% do produto (Figura 10). Wosiacki e Cereda (2002) informam que 30% da matéria-prima procesada em mandioca representa os resíduos líquidos que poderão ser lançados no meio ambiente. Em uma avaliação experimental em laboratório de

tecnologia de alimentos do INPA (não publicada), o cozimento do líquido residual, resultou em um mingau de sabor semelhante ao de banana. Essas avaliações demonstram o potencial qualitativo que precisam ser priorizados em futuros estudos com essa espécie.

A casca gerou 16 kg de matéria fresca, equivalente a 19% da massa bruta da raiz (Figura 10). Esses resíduos gerados da extração de amido ou da farinha, como a casca podem ser utilizados de diferentes maneiras. Vilhalva *et al.* (2011) produziram pães de forma a partir de farinha de casca da mandioca, concluindo que pães com até 15% de substituição de farinha de trigo por farinha de casca de mandioca podem ser uma alternativa viável de inclusão de um produto com fonte de fibras no mercado consumidor. Portanto, os resíduos gerados a partir da produção de farinha e amido podem ser aproveitados na produção de outros produtos usados na alimentação humana, sendo necessário mais estudos que possam comprovar esses usos.

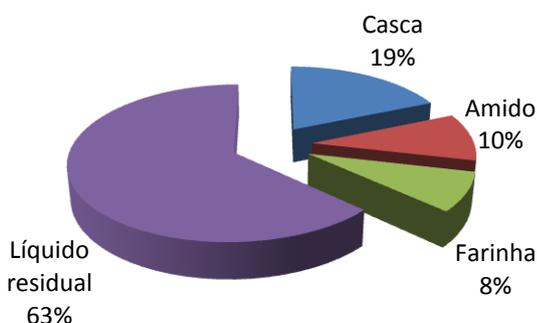


Figura: 11. Percentual de rendimento e resíduos do processo de produção de farinha e amido de raiz tuberosa de feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.).

Conclusões

Foram produzidos 7 kg de farinhas, 8,6 kg de amido, gerando 16 kg de matéria fresca de casca e 54,31kg de líquido residual, equivalente a 8%, 10%, 19% e 63% respectivamente. O amido gerado com a matéria-prima das raízes tem o processo de decantação lento. É possível produzir farinha e extrair amido a partir de raízes tuberosas de feijão-macuco, utilizando a mesma tecnologia empregada na mandioca.

Agradecimentos

A FAPEAM pela concessão da bolsa, apoio importantíssimo à execução deste trabalho. Ao INPA, por meio da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, pela oportunidade e apoio durante todo processo e, a coordenação e seus colaboradores da Estação Experimental de Hortaliças do INPA, ao laboratório de microbiologia do solo, pelo apoio e espaço concedido para realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- ALVES, R.M.V.; ITO, D.; CARVALHO, J.L.V.; MELO, W.F.; GODOY, R.L.O. **Estabilidade de farinha de batata-doce biofortificada**. Food Technol. Campinas, 15(1):59-71, 2012.
- BALBIN, I.O.; VASQUEZ, O.D.; CARHUANCA, K.M.; SORENSEN, M.; KVIST, L.P. **El cultivo de Chuin**: uma alternativa para la seguridad alimentaria y reuperación de suelos degradados em la Amazonia Peruana. Biblioteca Nacional del Perú nº 2005-6878, 2005.
- BASTIDAS, C.G.T. **Caracterizacion morfológica y molecular de la diversidad genética de la coleccion de *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. del Catie**.Turriaba, Costa Rica – Centro Agrônômico Tropical deInvestigacion y enseñanza, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Hortalças Não Convencionais**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo – Brasília: MAPA/ACS, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 554, de 30 de agosto de 1995. Aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento, Armazenamento e Transporte da farinha de Mandioca**. Diário Oficial da União, Brasília, DF,1 de set. 1995, seção 1, p.13515, 1995.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Classificação climática de Köeppen**.Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fuvfsv3x02wyiv80166sqfi5balq6.html>. Acesso em: 20 de maio de 2015.
- COSTA, J.M.C.; SCHER, J.; HARDY, J. Influência do nível de hidratação na distribuição: uso da técnica de difração laser. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, 34(2):173-177, 2003.
- CRISTINA, C.; MILANI, S.; OLIVEIRA, S. **Extração e Caracterização de Amido de Jacatupé (*Pachyrhizus tuberosus*)**. III Semana de Ciência e Tecnologia IFMG – Campus Bambuí, 2010.
- EPAMIG. **Hortalças não convencionais**. Prudente de Moraes-MG: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS - Centro Oeste, 2011.
- FIORDA, F.A.; JUNIOR, M.S.S.; SILVA, F.A.; SOUTO, L.R.F.; GROSSMANN, M.V.E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. www.agro.ufg.br/pat - **Pesqu. Agropec. Trop.**, Goiania, 43(4):408-416, 2013.
- FRANÇA, B.S. Energia, sociedade e recursos naturais em projeto de Reforma Agrária: avaliação das condições de vida, possibilidades e dificuldades no assentamento Iporá (Rio Preto da Eva e Itacoatiara – AM). In: **Encontro de Energia no Meio Rural**. São Paulo, 2003.

- HERMANN, M.; HELLER, J. **Andean roots and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon**. Promoting the conservation and use of the underutilized and neglected crops. Rome, v.1, 1997.
- LEONEL, M.; SILENE, B.S.; MARNEY, P.; CAMARA, F.L.A. **Extração e caracterização de amido de jacatupé (*Pachyrhizus ahipa*)**. Ciênc. Tecnol. Aliment, v.23, 2003.
- WOSIACKI, G.; CEREDA, M.P. **Valorização de resíduos do processamento da mandioca**. Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias-UEPG, 8(1):27-43, 2002.
- KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo: *Instituto Plantarum de Estudos da Flora*. 768p., 2014.
- NAZARÉ, R.F.R. **Processamento de derivados de frutas amazônicas**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 140 p., 2003.
- NODA, H.; MACHADO, F.M. Feijão-macuco (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) In: CARDOSO, M.A (Coor.). **Hortaliças não-convencionais da Amazônia**. Brasília: Embrapa-SPI: Manaus: Embrapa-CPAA. 150p., 1997.
- NODA, H. Hortaliças não convencionais da Amazônia. **Horticultura Brasileira**, 12(2):274-276, 1994.
- RIBEIRO, W.G.; NODA, H.; SOARES, J.E.C.; ROCHA, M.Q. Avaliação das características agrônômicas de feijão-macuco. **Horticultura Brasileira**, 29:2902-2908, 2011.
- SILVA, R.G.V. **Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. Dissertação – Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, 64p., 2010.
- VELTHEM, L.H; KATZ, E. **A farinha especial: fabricação e percepção de um produto da agricultura familiar no vale do rio Juruá, Acre**. Emílio Goeldi. Ciênc. Hum. 7(2):1981-8122, 2012.
- VILHALVA, D.A.A.; SOARES JUNIOR, M.; MOURA, C.M.A.; CALIARI, M.; SOUZA, T.A.C.; SILVA, F.A. **Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma**. *Ver Inst Adolfo Lutz*, 70(4):514-21, 2011.