

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**LETÍCIA KURCHAITT PINHEIRO CAMARGO**

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE BATATA-DOCE DO BANCO DE  
GERMOPLASMA DA UNICENTRO, PR**

**CURITIBA/PR**

**2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**LETÍCIA KURCHAITT PINHEIRO CAMARGO**

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE BATATA-DOCE DO BANCO DE  
GERMOPLASMA DA UNICENTRO, PR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Átila Francisco Mógor

Co-orientadores: Prof. Dr. Juliano T. Vilela de Resende  
Prof. Dr. Paulo Roberto da Silva

**CURITIBA/PR**

**2013**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL



## PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pela candidata **LETICIA KURCHAIT PINHEIRO CAMARGO**, sob o título "**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE BATATA-DOCE DO BANCO DE GERMOPLASMA DA UNICENTRO, PR.**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

Curitiba, 05 de Março de 2013.

Professora Dra. Louise Larissa May De Mio  
Coordenadora do Programa

Professor Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
Primeiro Examinador

Professor Dr. Paulo Roberto da Silva  
Segundo Examinador

Professor Dr. João Carlos Bepalhok Filho  
Terceiro Examinador

Professor Dr. Ricardo Augusto de Oliveira  
Quarto Examinador

Professor Dr. Atila Francisco Mógor  
Presidente da Banca e Orientador

**“A motivação é o que nos faz começar. O hábito é o que nos mantém no caminho.”**

**(Jim Ryun)**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço do fundo do coração...

A Deus, Nossa Senhora e aos anjos da guarda, por estarem sempre presentes no meu coração e na minha alma.

Minha família que sempre me incentivou e me encorajou a não desistir, mesmo nas dificuldades.

Minha filha Izadora, que ainda nem nasceu e já me enche de forças para finalizar mais essa etapa da vida acadêmica e poder aproveitar ao máximo a maternidade!

Meu marido, que pacientemente e com muito amor superou todas as ausências, as incontáveis noites mal dormidas por conta das viagens de madrugada de Guarapuava para Curitiba, que insubstituívelmente me auxiliou nos experimentos de campo e laboratório, enfim, que me ajudou como ninguém mais!

Minha mãe, fundamental como sempre! É de praxe dizer que sem a mãe nada seria possível, mas no meu caso, todos sabem que essa máxima é muito verdadeira! Minha amiga, companheira de muitas viagens, incentivadora, enfim, uma super mãe!

Minha vó, que certamente é uma das pessoas que mais tem orgulho de mim, por estudar tanto e não desistir nunca, levando tudo sempre muito a sério, do jeitinho que ela ensinou!

Meu orientador, Professor Átila, que sempre esteve disposto a ajudar e ensinar.

Meus co-orientadores, Juliano e Paulo Roberto, que antes de mais nada, tenho como amigos, companheiros de trabalhos, incentivadores da pesquisa na minha vida. Sem dúvida nenhuma, sem toda a orientação de vocês, todo tempo dispensado comigo, esse trabalho não teria sentido. Muito obrigada por poder compartilhar do conhecimento de vocês!

Aos meus chefes, que me permitiram a ausência para concretizar mais esse sonho, Prof. Zanette, Prof. Paulo Rogério, Prof. Cláudio e Marcão!

A toda família PROPESP, por sempre torcerem por mim!

Ao Prof. Romano, uma pessoa muito especial que eu tive o prazer de conhecer melhor e que foi fundamental para viabilizar os 1.000 quilômetros por semana entre Guarapuava e Curitiba quando do cumprimento dos créditos!

Às minhas queridas amigas feitas na Pós-Graduação da UFPR, Helena e Francelize! Meninas, foi muito bom nosso tempo juntas, nossas conversas animadas, almoços, cafés, trabalhos. Vocês foram essenciais para os dias tornarem-se mais leves em Curitiba! Mesmo distante

algumas centenas de quilômetros, cada uma em um canto do Paraná, estarão sempre no meu coração!

Aos alunos de Agronomia da UNICENTRO que me auxiliaram nos experimentos!

Certamente sem eles tudo seria mais trabalhoso e difícil, Daniel, Édina e Juliane

A todos os professores que tive no doutorado na UFPR, meu respeito e minha consideração.

Aos membros da banca de defesa por toda colaboração dada ao trabalho.

À UNICENTRO que me permitiu e auxiliou na realização de toda a pesquisa.

À UFPR e ao PGAPV, por me possibilitarem hoje estar concluindo mais uma etapa da vida acadêmica.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho!

Muito obrigada!

## RESUMO

A batata-doce é uma hortaliça tipicamente tropical e subtropical, rústica, de fácil cultivo, apresenta boa resistência a seca e ampla adaptação, além de ser considerada uma cultura alimentícia de grande valor, por ser rica em carboidratos. Sua importância econômica e social está ligada à produção por agricultores familiares, que em pequenas propriedades tem na cultura sua subsistência. O sul do Brasil é responsável por mais da metade da produção de batata-doce do Brasil. Há anos a batata-doce é utilizada na alimentação humana e alimentação animal, porém, na última década foi dada ênfase para mais uma aptidão da raiz tuberosa, a produção de álcool. Com objetivo de resgatar materiais genéticos em diversas regiões do Estado do Paraná e subsidiar programas de melhoramento da cultura, foi montado o Banco de Germoplasma de Batata-Doce da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO em Guarapuava, PR. O objetivo desse trabalho foi realizar caracterização agrônômica, morfológica, molecular e físico-química de 40 acessos desse germoplasma a fim de verificar o potencial produtivo dos materiais, a divergência genética e também atributos de interesse alimentício para indicar a aptidão dos acessos à alimentação humana, alimentação animal e produção de álcool. Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa é possível concluir que dentre os acessos avaliados, a maioria demonstrou bom potencial produtivo para a região em estudo e ainda, os valores obtidos para massa fresca e seca das ramas, pecíolos e folhas indicam que os mesmos podem ser fornecidos na alimentação animal, agregando valor proteico à dieta. A caracterização morfológica e molecular dos acessos do Banco de Germoplasma da UNICENTRO demonstrou haver variabilidade entre os acessos com base em descritores de parte aérea e raízes e também em marcadores ISSR, utilizando-se da análise multivariada para fornecer dados que podem subsidiar programas de melhoramento genético da espécie. A caracterização físico-química dos acessos de batata-doce avaliados identificou materiais com altos teores de betacaroteno (polpas amarela e laranja) e consequentemente ricos em vitamina A. O rendimento de amido por hectare, característica relevante para a indústria alimentícia e de produção de etanol, na média foi considerado alto para a maioria dos acessos se comparados a outras tuberosas amiláceas. Acessos de batata-doce promissores para as aptidões alimentação humana, animal e produção de álcool, para cultivo em regiões de altitude do Sul do Brasil, foram identificados utilizando-se o índice de aptidão, que se mostrou uma ferramenta útil para identificação de aptidões em acessos de batata-doce. Dentre os acessos analisados, 29 não se apresentaram aptos para nenhuma das aptidões propostas, 6 acessos apresentaram múltiplas aptidões, sendo que UGA 07, UGA 49 e UGA 65 foram considerados aptos para produção de álcool e alimentação humana e, UGA 08, UGA 71 e UGA 77 apresentaram aptidão para todas as finalidades propostas (produção de álcool, alimentação humana e alimentação animal).

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* L., diversidade genética, biocombustíveis, amido, aptidão.

## ABSTRACT

The sweet potato is a typically tropical and subtropical vegetables, rustic, easy to grow, good resistance to drought and wide adaptation and is considered a valuable food crop, it is rich in carbohydrates. Its economic and social importance is linked to the production by farmers who have small properties to subsistence culture. The south of Brazil is responsible for more than half of the production of sweet potato in Brazil. For years, the sweet potato is used for human food and animal feed, but during the last decade more than one ability was determined for the tuberous root, the production of alcohol. In order to rescue genetic material in various regions of the Parana State and programs aimed at improving the culture, was mounted the Genebank of the Sweet Potato of State University of Center-West/UNICENTRO in Guarapuava, PR. Was performed to characterize agronomic, morphological, molecular and physical chemistry of 40 accesses of germplasm to verify the productive potential of the materials, the genetic divergence of interest and also food attributes to indicate the suitability of accesses for human consumption, animal feed and alcohol production. Based on the results obtained in this study it can be concluded that among the accesses, the majority showed good yield potential for the region under study and also the values, obtained for fresh and dry masse of branches and leaf indicate that they may be provided in the feed, adding value to proteic diet. The morphological and molecular characterization of the accessions of the Germplasm Bank of UNICENTRO have demonstrated variability among genotypes based on descriptors of shoots and roots and also in ISSR, using multivariate analysis to provide data that can support breeding programs species. The physicochemical characterization of sweet potato accesses evaluated identified with high levels of beta carotene (yellow and orange squashes) and consequently rich in vitamin A. The yield of starch per hectare, feature relevant for food and alcohol production, the average was high for most accesses compared to other starchy tuberous. Accesses of sweet potato promising skills for food, feed and alcohol production, for cultivation in high altitude regions of southern Brazil, were identified using the selection index, which proved to be a useful tool for identifying uses accesses of sweet potato. Among the materials analyzed, 29 showed no suitable proposals for any of the uses, 6 accesses showed multiple uses, and UGA 07, UGA 49 and UGA 65 were considered suitable for alcohol production and feed and, UGA 08, UGA 71 and UGA 77 showed initial proposals for all purposes (alcohol production, food and animal feed).

**Keywords:** *Ipomoea batatas* L., genetic diversity, biofuel, starch, aptitude.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURE 1.1** - A map of the sampling sites of the 116 genotypes of *Ipomea batatas* L. that comprise the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná state. Stars indicate the county sampled. The square indicates the county of Guarapuava, where the bank is being maintained. The triangle indicates the state capital Curitiba. The dotted line marks the region of high altitude of the state for which the bank is representative of genetic variability.....47
- FIGURE 1.2** – Relationship between the number of polymorphic loci and the polymorphism information content (PIC). **a)** Frequency distribution of polymorphic ISSR loci in *Ipomea batatas* germplasm; **b)** Frequency distribution of PIC value.....48
- FIGURE 1.3** – UPGMA dendrogram for of 40 *Ipomea batatas* genotypes from the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná state based on data from 67 polymorphic ISSR loci from 10 primers.....49
- FIGURE 1.4** - Principal component analysis (PCA) of 40 *Ipomea batatas* genotypes from the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná state based on data from 67 polymorphic ISSR loci.....49
- FIGURA 2.1** - Mapa dos locais de amostragem dos acessos de batata-doce que integram o Banco de Germoplasma da UNICENTRO. O quadrado indica o município de Guarapuava, onde o banco está sendo mantido; o triângulo indica a capital do Estado do Paraná, Curitiba e a linha pontilhada demarca a região de elevada altitude do Estado.....59
- FIGURA 2.2** - Diferentes características relacionadas à folha, pecíolo e rama de batata-doce.....63
- FIGURA 2.3** - Diferentes características relacionadas à raiz tuberosa de batata-doce.....64

## LISTA DE TABELAS

<b>TABLE 1.1</b> – Genotypes that comprise the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná state. The shaded genotypes are those used for molecular analyses.....	50
<b>TABLE 1.2</b> – ISSR primers used in molecular analyses of sweet potato ( <i>Ipomea batatas</i> L.) genotypes.....	54
<b>TABLE 1.3</b> – Parameters calculated for the 10 ISSR primers used in evaluating 40 genotypes of sweet potato from the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná.....	55
<b>TABLE 1.4</b> – Results of principal component analysis (PCA) using data from 10 ISSR primers.....	56
<b>TABELA 2.1</b> - Dados do local de coleta dos 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR, município de origem, estado e região brasileira.....	61
<b>TABELA 2.2</b> - Autovalores e variância acumulada (%) dos componentes principais extraídos de descritores morfológicos da parte aérea e raiz de 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO,PR.....	71
<b>TABELA 2.3</b> - Autovetores obtidos para os dois primeiros componentes principais de acordo com os descritores morfológicos avaliados da parte aérea e raiz de 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR e ordenação dos descritores quanto ao seu poder discriminatório indicada entre parênteses.....	73

<b>TABELA 2.4</b> - Agrupamento estabelecido pelo método de Tocher entre 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR, avaliados por 21 descritores morfológicos da parte aérea e raiz.....	74
<b>TABELA 3.1</b> - Valores médios de produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), produção comercial ( $t\ ha^{-1}$ ), massa média de raízes (g), massa fresca de parte aérea ( $t\ ha^{-1}$ ) e massa seca de parte aérea (%) de 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO em regiões de elevada altitude.....	89
<b>TABELA 4.1</b> – Valores médios de cor ( $L^*a^*b$ ), textura (kgf), massa seca (%), amido (%) e rendimento de amido ( $t\ ha^{-1}$ ) de 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR.....	101
<b>TABELA 5.1</b> – Pesos atribuídos às características avaliadas em acessos de batata-doce para cada aptidão proposta.....	112
<b>TABELA 5.2</b> - Índice de seleção e classificação de acessos de batata-doce utilizados quanto às aptidões para alimentação humana, alimentação animal e produção de álcool.....	113

## LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1.1** - Características utilizadas como descritores morfológicos de parte aérea de acessos de batata-doce, adaptado de Huamán (1991).....64
- QUADRO 1.2** - Características utilizadas como descritores morfológicos de raízes tuberosas de acessos de batata-doce, adaptado de Huamán (1991).....67

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. A BATATA-DOCE.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1. BOTÂNICA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. IMPORTÂNCIA DO CULTIVO DA BATATA-DOCE.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1. Econômica e Social.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2. Nutricional.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. CULTIVO DA BATATA-DOCE.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1. Aspectos de clima e solo.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. POTENCIAIS DE UTILIZAÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1. Alimentação humana.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2. Alimentação animal.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3. Produção de álcool.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5. BANCO DE GERMOPLASM DE BATATA-DOCE.....</b>	<b>24</b>
<b>2.6. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA.....</b>	<b>26</b>
<b>2.7. CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA.....</b>	<b>28</b>
<b>2.8. CARATERIZAÇÃO MOLECULAR.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8.1. Marcadores Moleculares ISSR.....</b>	<b>31</b>
<b>3. CAPÍTULO I: ESTABLISHMENT AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF A SWEET POTATO GERMPLASM BANK FROM THE HIGHLANDS OF PARANA STATE, BRAZIL.....</b>	<b>33</b>
<b>4. CAPÍTULO II: DIVERSIDADE GENÉTICA DE ACESSOS DE BATATA-DOCE DETERMINADA POR MEIO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS UTILIZANDO PROCEDIMENTOS MULTIVARIADOS.....</b>	<b>57</b>
<b>5. CAPÍTULO III: DESEMPENHO PRODUTIVO DE ACESSOS DE BATATA-DOCE EM REGIÃO DE ELEVADA ALTITUDE.....</b>	<b>79</b>
<b>6. CAPÍTULO IV: DETERMINAÇÃO DE ATRIBUTOS DE INTERESSE ALIMENTÍCIO EM ACESSOS DE BATATA-DOCE DO BANCO DE GERMOPLASMA DA UNICENTRO.....</b>	<b>92</b>
<b>7. CAPÍTULO V: APTIDÃO DE ACESSOS DE BATATA-DOCE PARA ALIMENTAÇÃO HUMANA, ALIMENTAÇÃO ANIMAL E PRODUÇÃO DE ÁLCOOL.....</b>	<b>105</b>

<b>8. CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>115</b>
<b>9. RECOMENDAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>116</b>
<b>10. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>130</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Possivelmente originária das Américas Central e do Sul, a batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) pode ser encontrada desde a Península de Yucatan no México até a Colômbia, embora alguns autores relatem que essa espécie olerícola teve origem na Ásia ou África (BARRERA, 1986).

No Brasil e no Estado do Paraná, o cultivo da batata-doce é antigo e, relativamente bem disseminado, principalmente nas pequenas propriedades (SOUZA, 2000).

O Sul do Brasil é responsável por 50,44% da safra nacional de batata-doce, embora a média de produtividade dessa região fique em torno de 14,21 t ha<sup>-1</sup>. O Paraná perde apenas para Santa Catarina em termos de rendimento por área, com uma produtividade média de 17,71 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2011).

A batata-doce é uma hortaliça tipicamente tropical e subtropical, rústica, de fácil cultivo, boa resistência a seca e ampla adaptação e, grande importância por ser fonte de calorias e apresentar alto conteúdo de vitaminas e minerais. Apresenta custo de produção relativamente baixo, com investimentos mínimos e de retorno elevado se bem conduzida (SILVA et al., 2004).

Na alimentação humana, pode ser usada no preparo de doces, na fabricação de farinhas, hidrolisados, fermentados e como fonte de amido, além de ser rica em vitamina A. Utilizada na alimentação animal é mais uma fonte de renda valiosa ao produtor, sendo que o resíduo do processamento das raízes e os refugos de comercialização que são produtos que tem baixo valor agregado podem ser aproveitados e incorporados à ração animal, além das próprias folhas e brotos poderem ser fornecidas para aves e peixes (SILVEIRA, 2007).

A baixa lucratividade da cultura, por não ter o mínimo de investimento em tecnologia, levou à necessidade da busca de caminhos mais atrativos para exploração da batata-doce. Com isso, tem sido cotada para complementar a cana-de-açúcar na produção de biocombustível, pois além de ser muito eficiente na conversão de energia solar em química, rústica e bastante adaptável, tem o intuito de resgatar o incremento na geração de empregos, reduzir os danos ambientais causados pelo cultivo da cana e privilegiar os pequenos produtores (CHAVES, 2003).

Apesar de apresentar grande potencial de uso para a alimentação humana, animal e industrial e ter um custo de produção relativamente baixo, a espécie ainda deve ser melhor estudada e se torna importante conhecer a adaptação de diferentes acessos em cada região de cultivo, a fim de explorar ao máximo seu potencial.

No estado do Paraná, a região do segundo planalto está localizada em uma faixa que corta o Estado de nordeste a centro-sul. Esta região possui relevo acidentado e altitudes acima de 900 m. Esta altitude faz com que a região apresente um clima bastante diferenciado das demais regiões do estado. As características do relevo impossibilitam a mecanização, assim, na região há predomínio de grandes fazendas de gado ou agricultores familiares que cultivam a terra basicamente pela força animal. Estas características fazem desta, uma região agrícola que necessita de culturas adaptadas às condições climáticas e de mão de obra disponíveis, que tenham uma influência positiva no desenvolvimento econômico e social. Além das condições climáticas e de relevo diferenciadas esta região possui um dos menores IDHs do Paraná e do Brasil. Neste contexto destaca-se a batata-doce, que requer pouca tecnificação. Assim o desenvolvimento de materiais adaptados à região e com boa qualidade e rendimento podem ajudar nas condições sociais da população desta região.

Assim, propõe-se neste trabalho caracterizar acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, nas condições de Guarapuava, PR, quanto a diversidade genética, diversidade fenotípica e ao potencial produtivo, a fim de indicar a aptidão para alimentação humana, alimentação animal e produção de álcool.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A BATATA-DOCE

#### 2.1.1. BOTÂNICA

A batata-doce é uma dicotiledônea pertencente à família Convolvulaceae, gênero *Ipomoea* e espécie *Ipomoea batatas* (L) Lam.

O caule ou rama possui hábito de crescimento que pode ser rasteiro, trepador ou ereto, de constituição herbácea, verde ou arroxeado, podendo alcançar até 5 metros de comprimento (SOARES et al., 2002). As folhas são simples, alternas, dispostas em espiral em torno do caule, pubescentes ou glabras. O pecíolo é longo, de cor e pubescência semelhante ao caule, podendo apresentar ou não pigmentação na inserção do caule. O limbo foliar e as nervuras têm coloração e formato bastante variáveis, podendo ser cordiforme, cordiforme-arredondado, sagitado, hastado, lobado, lanceolado e às vezes fendido ou partido (FOLQUER, 1978). As flores são perfeitas, ou seja, completas e andrógenas, de coloração que varia do branco, lilás a diversas tonalidades do roxo.

A maior parte das raízes se desenvolvem nos primeiros 10 cm de profundidade do solo, havendo, entretanto, uma raiz pivotante que atinge profundidade de até 1,30 m. A batata-doce possui dois tipos de raízes, as de reservas ou tuberosas, que constituem a principal parte de interesse comercial e as raízes absorventes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes pelo solo (SILVA et al., 2002).

As raízes tuberosas ou batatas, se formam desde o início do desenvolvimento da planta são facilmente identificadas pela maior espessura, pela pouca presença de raízes secundárias e por se originarem dos entrenós que se enraizaram, através do acúmulo de amido e açúcares. As raízes absorventes se formam a partir do meristema cambial, tanto nos nós, quanto nos entrenós (SILVA et al., 2002).

As batatas são revestidas por uma pele fina, formada por poucas camadas de células, uma camada de aproximadamente 2 mm denominada de casca e a parte central denominada de polpa ou carne. A película externa ou pele se destaca facilmente da casca, mas a divisão entre a casca e a polpa nem sempre é nítida e facilmente separável,

dependendo da variedade, do estágio vegetativo da planta e do tempo de armazenamento (SILVA et al., 2002).

As raízes podem apresentar formatos variados, redondo, elíptico-redondo, elíptico, oval, oboval, oblongo, oblongo-longo, elíptico-longo, longo irregular, fusiformes ou alongados (CEAGESP, 2011).

Tanto a pele, quanto a casca e a polpa, podem apresentar coloração variável de púrpura, roxo, salmão, alaranjada, amarelada, creme ou branco. A coloração arroxeadada é formada pela deposição do pigmento antocianina, que pode se concentrar na pele, na casca ou ainda constituir manchas na polpa. O tecido colorido se torna cinza escuro durante o cozimento, e parte do corante se dissolve na água, causando o escurecimento de outros tecidos expostos (SILVA et al., 2002).

## **2.2. IMPORTÂNCIA DO CULTIVO DA BATATA-DOCE**

### **2.2.1. ECONÔMICA E SOCIAL**

Segundo o CIP - International Potato Center (2006), a batata-doce está entre os cultivos de maior importância no mundo. Com uma produção anual superior a 133 milhões de toneladas, ocupa o quinto lugar - atrás do arroz, trigo, milho e mandioca - entre os cultivos com maior produção de peso fresco nos países em desenvolvimento.

É cultivada em 111 países, sendo que aproximadamente 90% da produção é obtida na Ásia, apenas 5% na África e 5% no restante do mundo. E apenas 2% da produção estão em países industrializados como os Estados Unidos e Japão (FAO, 2001).

De acordo com dados da FAO - Food and Agriculture Organization (2006), a China é a maior produtora de batata-doce, tendo produzido em 2005, mais de 100 milhões de toneladas, o que equivale a aproximadamente 75% da produção mundial. Na América do Sul, o Brasil é o principal produtor, que em 2005 ocupou o 10º lugar entre os países que mais produziu batata-doce no mundo (CASTRO et al., 2009).

Segundo a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (2011) a batata-doce é a sexta hortaliça mais cultivada no Brasil com uma área de cultivo estimada em 43.789 hectares e uma produção anual de 544.820 toneladas. Em 2008, na CEAGESP, a batata-

doce ocupou a 35ª posição em tonelagem (0,6%) e a 54ª posição em volume financeiro, R\$ 13.000.000,00 (0,4%).

É um cultivo de grande repercussão socioeconômica para a Região Sul, responsável por 50,44% da safra nacional, seguida pelo Nordeste (33,6%) e pelo Sudeste (15,16%) (CASTRO et al., 2009).

Em 2003, a produção brasileira de batata-doce estava assim distribuída: Rio Grande do Sul (30,70%), Paraná (11,81%), São Paulo (9,36%), Paraíba (8%), Santa Catarina (7,93%) e Sergipe (6,70%) (IBGE, 2003).

Atualmente, Santa Catarina é o estado produtor do Sul, com maior rendimento médio, de 17,92 t ha<sup>-1</sup>, seguido pelo Paraná (17,71 t ha<sup>-1</sup>) e Rio Grande do Sul (12,97 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2011).

No ano agrícola de 2011, a lavoura temporária de batata-doce movimentou no Estado do Paraná R\$ 26.049.000,00 em uma área colhida de 2.546 hectares, o que produziu 45.102 toneladas da raiz tuberosa. Para efeitos de comparação, os dados da produção brasileira no mesmo ano (2011), foram de 544.820 toneladas em uma área colhida de 43.843 hectares, resultando no valor da produção em R\$ 354.375.000,00 (IBGE, 2011).

Os números relativos à batata-doce no Estado do Paraná caracterizam a expansão do cultivo e uma forte tendência de agregação de valor, o que pode ser ainda maior se amparado pela pesquisa científica.

A produtividade média brasileira é menor que 10 t ha<sup>-1</sup> (500 caixas), enquanto que, utilizando-se apenas cerca de US\$ 1.300, que é o custo médio para adotar um sistema tecnológico acessível a qualquer nível de produtor, obtém-se a produtividade de 22 t ha<sup>-1</sup> (1.100 caixas ha<sup>-1</sup>). Considerando o preço médio pago por caixa, estima-se o retorno do triplo do capital investido em quatro ou cinco meses, o que raramente se obtém em outra atividade produtiva. Além do bom nível de retorno econômico, o uso da tecnologia resulta na melhoria substancial da qualidade do produto, melhorando a sua aceitação e aumentando o poder de barganha no momento da comercialização (SILVA et al., 2004).

A batata-doce é uma hortaliça frequentemente cultivada em países em desenvolvimento, considerada de grande importância social, contribui decisivamente para o suprimento alimentar das populações mais pobres. No Brasil, especialmente no Nordeste, é a principal hortaliça consumida (SOARES et al., 2002).

As hortaliças de pequena escala, como a batata-doce, geralmente são cultivadas com pouco uso de tecnologia e sem orientação profissional, o que acaba gerando um produto de baixa qualidade e produtividade (SILVA et al., 2004). A batata-doce é um bom exemplo disso, pois é cultivada por famílias rurais, em pequenas propriedades, em conjunto com diversas outras culturas, visando principalmente a subsistência.

Como a espécie tem melhor adaptação em áreas tropicais, onde vive a maior parte da população pobre, constitui-se em um alimento de bom conteúdo nutricional para as famílias e de grande importância na alimentação dos animais da propriedade.

### 2.2.2. NUTRICIONAL

A batata-doce é uma raiz tuberosa bastante rica em termos nutricionais, tanto para alimentação humana como animal. Altamente energética, a batata-doce é rica em carboidratos com teores que variam de 13,4 a 29,2%, principalmente amido, 4,8 a 7,8% de açúcares solúveis, 2,0 a 2,9% de proteínas e 0,3 a 0,8% de gorduras (SOARES et al., 2002).

Ao ser colhida, a batata-doce apresenta cerca de 30% de massa seca que contém em média 85% de carboidratos. Comparada a outros vegetais amiláceos, possui maior teor de massa seca, carboidratos, lipídios, cálcio e fibras que a batata (*Solanum tuberosum*), mais carboidratos e lipídios que o taro (*Colocasia esculenta* L.) e mais proteína que a mandioca (*Manihot esculenta*) (WOOLFE, 1992).

Além do seu elevado teor de massa seca, a batata-doce apresentou em trabalho realizado por Leonel & Cereda (2002) os maiores teores de açúcares totais e redutores em base úmida (6,99 e 5,74%) quando comparada com outras tuberosas amiláceas como açafrão, araruta, biri, inhame e mandioquinha-salsa.

Também são excelentes fontes de vitamina A, vitaminas do complexo B, cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, enxofre e sódio (SOARES et al., 2002).

Os carotenóides, precursores da vitamina A, presentes na batata-doce, particularmente as de polpa alaranjada, vêm sendo estudados sob vários aspectos no que diz respeito à sua ação fisiológica, qualificação e quantificação. Eles têm sua principal função atribuída à capacidade de conversão em vitamina A que por sua vez está relacionada à visão, ao crescimento ósseo e à diferenciação de tecidos (CAMPOS et al., 2006). Segundo pesquisa de Ramalho et al. (2002), a deficiência de vitamina A é um

problema de saúde pública nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba, Bahia e Amazonas.

Recentemente, os estudos associados aos carotenóides estão voltados para prevenção e tratamento de alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares, catarata, distúrbios fotossensíveis e do sistema imunológico (TAPIERO et al., 2004).

A batata-doce vem sendo apontada como um alimento funcional, por possuir em sua composição, fibras dietéticas (LIN et al., 2005), antocianinas (HAGIWARA et al., 2001) e betacaroteno (ÇINAR, 2005). Essas macromoléculas possuem atividade biológica vinculada aos efeitos de redução dos níveis de colesterol total plasmático e do LDL (KALRA & JOOD, 2000), controle da hiperglicemia (BOURDON, 1999), imunestimulatório e antitumor (ZHAN et al., 2005).

A composição química da batata-doce varia com a cultivar, condições climáticas, época e estágio de colheita, duração e condições de armazenamento e tratamentos culturais (CEREDA et al., 1984).

Apesar de ser muito nutritiva, a batata-doce ainda é pouco consumida no Brasil, onde seu consumo per capita é de 2,75 kg ano<sup>-1</sup> habitante<sup>-1</sup>, se comparado a alguns países da África, como Ruanda e Uganda, que consomem 160 e 95 kg ano<sup>-1</sup> habitante<sup>-1</sup>, respectivamente (CIP, 2010).

Muitos trabalhos abordam as características sensoriais mais desejadas pelos consumidores de batata-doce e que estão relacionadas a aparência, umidade da polpa, doçura da polpa, coloração da polpa, textura da polpa e dificuldade de deglutição (SOUZA, 2000; CARDOSO et al., 2007; CASTRO et al., 2009).

Não somente as raízes tuberosas da batata-doce podem ser aproveitadas na alimentação humana, mas as folhas também. Em países africanos, as folhas são consumidas em grande escala e são fonte de proteínas, glicídios, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas A e C (XIAODING, 1995). Diferentemente da mandioca, as folhas de batata-doce não possuem princípios tóxicos, os chamados compostos cianogênicos, não sendo necessária a detoxificação antes do uso. Por unidade calórica, as folhas de batata-doce superam em teor de proteína até mesmo o feijão, uma das principais fontes proteicas da população brasileira de baixa renda (GONÇALVES NETO, 2010).

### 2.3. CULTIVO DA BATATA-DOCE

Comparada com culturas como arroz, banana, milho e sorgo, a batata-doce é um dos cultivos mais eficientes em aproveitar a energia solar e convertê-la em energia química. A batata-doce é a hortaliça com maior índice de produtividade em kcal ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e a energia líquida produzida por unidade de área e de tempo é grande, isso porque produz grande volume de raízes em um ciclo curto, a um baixo custo, durante o ano inteiro (BARBOSA, 2005).

O investimento na cultura da batata-doce é muito baixo, o que é explicado pelos produtores pelo fato da lucratividade ser considerada baixa. A batata-doce hoje é considerada uma cultura marginal que com pouco investimento na produção, gera um produto de baixa qualidade que sofre restrição na comercialização, com redução do preço pago e refugo por parte dos consumidores (SILVEIRA, 2007).

Muitos produtores utilizam como material vegetal, acessos, clones ou cultivares oriundos de propriedades próximas, de vizinhos, parentes ou mesmo dos órgãos de assistência técnica rural. Depois de colhidas, muitas raízes tuberosas ainda ficam no campo (soqueira), gerando um novo ciclo, o que pode ocasionar doenças e prejudicar a produção no ano subsequente (SILVA et al., 2004).

Assim, quando compara-se a produtividade e os custos de produção, percebe-se claramente que ainda existe uma lacuna na pesquisa científica para a batata-doce.

Para obtenção de produtividades mais adequadas de batata-doce, são necessários estudos de adaptação de acessos ou clones nas condições regionais de cultivo e de melhorias das tecnologias de produção (SOUZA, 2005). Assim, a identificação de potencialidades de diferentes acessos de batata-doce também é uma forma de garantir o sucesso do cultivo. Nesse sentido, Souza (2000) vem desenvolvendo em Ponta Grossa (PR), desde 1984, trabalhos para avaliar introduções regionais de batata-doce quanto à produtividade, características comerciais e culinárias.

Deve-se ainda levar em consideração que maiores produtividades evidenciam um potencial mais elevado de produção de álcool (TAVARES, 2006). E como as condições climáticas da região Centro-Sul do Paraná limitam o desenvolvimento da maior fonte de matéria-prima para produção de álcool, que é a cana-de-açúcar, devem-se buscar novas alternativas.

Os ganhos competitivos e comparativos da batata-doce são vários, dentre eles a ausência de queimadas, a rusticidade da cultura e o envolvimento do sistema de agricultura familiar (SILVEIRA, 2007).

O desenvolvimento de pesquisas com batata-doce pode servir como alternativa para obter resultados que permitirão a integração econômica e social da região.

### **2.3.1 ASPECTOS DE CLIMA E SOLO**

Devido às suas características marcantes de rusticidade e capacidade de adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, a batata-doce pode ser cultivada em regiões localizadas desde a latitude de 42°N até 35°S, desde o nível do mar até 3.000 m de altitude. É cultivada em locais de climas diversos como o da Cordilheira dos Andes, da Amazônia, do Rio Grande do Sul e até desértico, como o da costa do Pacífico (SILVA et al., 2004).

A cultura se desenvolve melhor em locais ou épocas em que a temperatura média é superior a 24°C, pluviosidade anual média de 750 a 1.000 mm com necessidade de 500 mm na fase de crescimento, não suporta geada, mas pode ser cultivada em regiões subtropicais, nos períodos de primavera e verão, quando a temperatura elevada e a alta radiação solar favorecem o desenvolvimento da cultura (SILVA et al., 2004).

A batata-doce é uma cultura que se desenvolve bem em qualquer tipo de solo, desde os francos arenosos até os mais argilosos, entretanto consideram-se como ideais aqueles leves, soltos, bem estruturados, permeáveis, com fertilidade de média a alta, bem drenados e com boa aeração (SILVEIRA, 2007). A produção é prejudicada em solos encharcados ou muito úmidos, onde a aeração deficiente retarda a formação da batata. Solos compactados ou mal preparados causam alterações no formato e uniformidades das raízes tuberosas, diminuindo o seu valor comercial (SILVA et al., 2004).

O pH ideal está na faixa de 5,6 a 6,5, porém a planta pode crescer e produzir bem em solos com pH 4,5 a 7,7. Ou seja, o melhor solo para a batata-doce é o que apresenta boa drenagem, textura arenosa ou areno argilosa, levemente ácido ou neutro (SOARES et al., 2002).

## **2.4. POTENCIAIS DE UTILIZAÇÃO**

Por ser uma matéria-prima muito versátil, com grande número de acessos existentes no mercado, com características diferentes, a potencialidade de uso é cada vez maior (FABRI et al., 2008). A batata-doce pode ser utilizada na alimentação humana na forma de doces, frita, assada, cozida, transformada em farinha e como fonte de amido, além de poder ser destinada à alimentação animal e ainda convertida a álcool.

### **2.4.1. ALIMENTAÇÃO HUMANA**

A recomendação de cultivares de batata-doce para mesa está mais relacionada com a aceitação e a preferência do mercado onde será comercializada, variando de região para região. A maior parte da batata-doce encontrada no comércio tem a casca branca, rosa ou roxa e a polpa branca ou creme, porém, são encontradas também aquelas de casca amarela ou roxa e polpa amarela, salmão ou roxa.

Diversos trabalhos científicos têm buscado conhecer a preferência dos consumidores quanto às características sensoriais como aparência, umidade, doçura e coloração da polpa. Souza (2000) constatou que acessos com polpa mais seca, de coloração amarela forte e com grau de doçura entre o médio e forte foram preferidos pelos julgadores em análise sensorial. De acordo com Cardoso et al. (2007) a aparência da raiz tuberosa é um aspecto bastante considerado pelo consumidor e pode ser usado como forma de determinação de um padrão comercial de batata-doce. Ainda, segundo Miranda et al. (1995), as batatas mais preferidas são as lisas, bem conformadas e de formato alongado.

Tem-se observado que a cor da polpa é decisiva na escolha da cultivar que produz os maiores teores de massa seca pela indústria de amido, por exemplo. Jones et al. (1977) já mostravam que a massa seca foi significativamente correlacionada com a cor da polpa – branca ou creme.

O amido que é a principal substância de reserva da raiz tuberosa da batata-doce é utilizado na sua maioria pela indústria alimentícia, mas o polímero também pode ser usado em muitos processos industriais, destacando seu uso pelas indústrias químicas e têxteis (LEONEL & CEREDA, 2002). Com mudanças impostas pela legislação aos amidos modificados, cresce cada vez mais o interesse pelos amidos naturais

(BEMILLER, 1997; BERMUDEZ, 1997) e nesse ponto o Brasil tem grande vantagem por possuir uma grande variedade de amiláceas.

A indústria de amido vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à necessidade de produtos com características específicas que atendam as exigências do mercado, o que possibilita o processamento de matérias-primas amiláceas ainda pouco exploradas (LEONEL & CEREDA, 2002). Da relação do teor de amido com dados da produtividade agrícola, pode-se estimar o rendimento potencial de amido por hectare.

Além do amido, a batata-doce apresenta um elevado teor de açúcares totais e redutores o que a torna uma matéria-prima utilizável para a produção de hidrolisados e fermentados (LEONEL & CEREDA, 2002).

Outra forma de agregar valor à batata-doce é o uso do processamento mínimo que pode suprir o mercado de produtos de fácil e rápida utilização como farinhas pré-gelatinizadas, cereais pré-cozidos e “snacks”. A desidratação osmótica, a secagem a alta temperatura e curto tempo (HTST) e a extrusão termoplástica (*chips*) também são alternativas tecnológicas que permitem a industrialização e uma maior exploração da cultura (TAKEITI & ANTONIO, 2009). Nesse sentido, segundo Becker (2001), acessos de batata-doce com maior teor de amido e menor teor de mono e dissacarídeos têm sido desenvolvidas de modo a permitir a produção de chips e batatas-fritas em substituição à batata inglesa.

A indústria de alimentos brasileira utiliza as batatas de polpa amarela, creme ou salmão para o preparo do doce conhecido como “marrom glacê”, porém, o ideal seria a utilização de batatas de polpa alaranjada, evitando assim a adição de corantes artificiais (CEREDA et al., 1984).

A farinha de batata-doce está sendo bastante utilizada atualmente, principalmente a farinha feita a partir de cultivares de polpa alaranjada. A composição centesimal da farinha de batata-doce é semelhante à de mandioca que é amplamente utilizada no país. O processo de produção de farinha de batata-doce é simples e de baixo custo, o que pode ser útil para a agricultura familiar. Com potencial para a indústria de panificação e de macarrão, podendo substituir em até 65% a farinha de trigo em receitas tradicionais (GREENE, 2010).

Mais uma das finalidades da batata-doce é em dietas de baixo custo para combate à desnutrição infantil. De acordo com Espinola (1998) no Peru, país onde 25%

das crianças com menos de cinco anos de idade sofrem de desnutrição infantil, foram desenvolvidas formulações balanceadas instantâneas à base de batata-doce e soja para a alimentação de crianças na fase de desaleitamento (entre seis meses e três anos de idade). As folhas da batata-doce também são empregadas em multimisturas para combate à desnutrição.

#### **2.4.2. ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

A batata-doce pode ser utilizada na alimentação de várias espécies de animais, como suínos, bovinos, aves, coelhos e peixes. Em países como a China, Vietnã, Indonésia, Filipinas, Papua Nova-Guiné e Uganda é muito comum a prática da alimentação de animais com a batata-doce (PETERS et al., 2011). Na alimentação animal, podem ser utilizadas raízes, ramas, folhas e brotos.

As raízes utilizadas são aquelas fora dos padrões comerciais, deformadas ou defeituosas, na forma de raspas integrais, farinha de raspas, *pellets* e farelo de fécula. São utilizadas essencialmente como fonte de energia, pois o teor de proteína destas é baixo (PETERS et al., 2005).

As ramas da batata-doce podem ser utilizadas in natura ou na forma de silagem (MIRANDA et al., 1995). O processo de ensilagem reduz o nível do inibidor de tripsina e permite o armazenamento do material por até cinco meses com condições de anaerobiose. Estudos recentes verificaram que silagem de raízes cruas de batata-doce promoveu ganho de peso em suínos igual ao ganho promovido pelas raízes cozidas, com a vantagem de eliminar o cozimento, economizando mão-de-obra e capital (PETERS et al., 2005) e que o fornecimento de raízes e ramas de batata-doce na forma de silagem teve maior incremento de massa seca e proteína em relação ao material fresco, também para suínos (ZUOHUA et al., 2004).

Dapeng & Xiu-Qing (2004) relataram que pesquisas realizadas na década de 90 pelo CIP- International Potato Center (Peru) e a Universidade do Estado da Carolina do Norte (EUA), avaliaram a possibilidade de aumentar a eficiência alimentar da batata-doce na alimentação animal e os resultados mostraram que características como teor de massa seca, fécula, proteína, inibidor de tripsina e digestibilidade da fécula têm grande variabilidade nos acessos, o que torna possível o melhoramento vegetal da espécie, com vistas à melhoria da qualidade nutricional.

Apesar da elevada utilização na alimentação de animais, a raiz tuberosa tem baixo teor de proteínas, pois mais de 40% do nitrogênio total é não-protéico (PURCELL et al., 1976). Existe ainda um outro fator que restringe a utilização de raízes cruas de batata-doce, a presença de inibidores de tripsina, que reduzem a digestibilidade de proteínas. Os produtores que optam por alimentar os animais com raízes cruas de batata-doce obtêm menor desenvolvimento do rebanho e conseqüentemente, menor retorno financeiro.

### **2.4.3. PRODUÇÃO DE ÁLCOOL**

Um destino promissor para a batata-doce é a produção de álcool com graduação de 94 a 98° GL, que pode ser usado pela indústria alimentícia (bebidas destiladas), pela indústria química (farmácia, perfumaria e biotecnologia) ou ainda como biocombustível veicular.

A utilização dos “combustíveis limpos”, não derivados de petróleo e fontes minerais, pode impulsionar a produção de álcool a partir da batata-doce no Brasil (ABAM, 2007). O Brasil já tem conhecido sucesso na tecnologia de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. Esse combustível, considerado de primeira geração, ocupa um nicho privilegiado de terras férteis e muito valorizadas, evidenciando a necessidade de buscar novas matérias-primas que possam ocupar uma faixa de solo menos valorizada e produzir os biocombustíveis de segunda geração (SILVEIRA, 2007).

A produção do álcool a partir da batata-doce é desejada não só pela larga possibilidade de cultivo deste produto no território brasileiro, mas também pela diversificação das fontes de matérias-primas para produção de álcool no país. Essa diversificação da matriz bioenergética é também uma oportunidade de emprego e geração de renda, oferecendo mais opções para as diferentes realidades do país, principalmente a agricultura familiar (SILVEIRA, 2007).

Outra característica marcante e muito competitiva da cultura da batata-doce é a ausência de queimadas, principalmente se considerarmos as fortes evidências das mudanças climáticas pela qual o mundo vêm passando (SILVEIRA, 2007).

Para a produção de álcool, a característica considerada mais importante é o elevado teor de massa seca, pois a indústria paga pelos teores de amido, que por sua vez está correlacionado com a massa seca, comprovado por estudos de Wang (1982).

O processo de destilação de álcool a partir do amido da batata-doce pode produzir de 170 a 200 litros de álcool por tonelada da raiz, em razão do seu teor de açúcares e ainda pode-se aproveitar a torta protéica (co-produto), resultante do processo, como componente da ração animal, industrializado com complemento alimentar humano ou na compostagem para fertilizar a própria área de plantio (SILVEIRA, 2007). Para cada tonelada de batata-doce processada, 150 kg de ração são obtidos no processo (TAVARES et al., 2006).

Atualmente o país conta com uma usina experimental na Fundação Universidade Federal do Tocantins. O processo utilizado para produção de álcool é o da conversão do amido gelatinizado em açúcares fermentáveis pela sacarificação enzimática. Em razão do uso de enzimas de última geração o processo de conversão é rápido e eficiente, com menor risco de infecção devido à temperatura e ao pH, permitindo a maior produtividade em álcool mediante menor perda de amido residual no fluxo industrial (SILVEIRA, 2007).

Contrariando as indicações dos custos elevados de se produzir álcool a partir de fontes amiláceas, Silveira (2007) apresentou resultados que demonstram a viabilidade do sistema para implantação de miniusinas com capacidade de 1.200 litros dia<sup>-1</sup> voltadas para o sistema de agricultura familiar. O custo de implantação da miniusina é compatível com os valores disponíveis para financiamento para essa classe de renda.

Apesar de todas as vantagens nutricionais, do potencial de uso na alimentação humana, animal e industrial, a batata-doce ainda é pouco estudada e dessa maneira torna-se necessário conhecer as múltiplas aptidões da cultura, desenvolvendo e selecionando acessos específicos para cada finalidade.

## **2.5. BANCO DE GERMOPLASMA DE BATATA-DOCE**

Os bancos de germoplasma tem a função de conservar a diversidade genética de uma espécie e estes germoplasmas podem ser conservados *ex situ* e *in situ* (BORÉM & MIRANDA, 2005). Os bancos de germoplasma são a conservação *ex situ*, ou seja, as amostras de determinada espécie são mantidas em condições artificiais, fora do seu habitat natural.

A formação deste tipo de coleção é muito comum quando se trata da batata-doce. Algumas instituições, centros de pesquisa e universidades mantêm bancos de

germoplasma de batata-doce. Geralmente os bancos de germoplasma de batata-doce são formados por acessos oriundos de coletas realizadas em diferentes regiões do país e até mesmo de outros países. As coletas podem ocorrer em feiras livres, supermercados, campos de produtores, assentamentos e reservas indígenas.

Considerando que a forma de multiplicação da batata-doce é essencialmente por meio de propagação vegetativa, é possível que parte dos acessos que integram um banco de germoplasma sejam duplicatas, o que encarece e dificulta a manutenção adequada do material (RITSCHHEL & HUAMÁN, 2002).

O Brasil é conhecido por ser um dos centros secundários da espécie, devido a grande variabilidade genética encontrada nos bancos de germoplasma do país (RITSCHHEL et al., 1999). O uso eficiente dessa variabilidade genética depende da caracterização de cada acesso dos bancos de germoplasma.

A caracterização de coleções de batata-doce vem sendo realizada por diversos autores no Brasil e no mundo (PEETERS & WILLIAMS, 1984; AUSTIN, 1988; PEETERS & MARTINELLI, 1989; BEUSELINCK & STEINER, 1992; KRESOVICH & McFERSON, 1992; OLIVEIRA et al., 2000; DAROS et al., 2002; RITSCHHEL & HUAMÁN, 2002; CAVALCANTE, 2003; CASTRO et al., 2009; FABRI, 2009).

A determinação da variabilidade genética disponível em um banco de germoplasma é um passo importante em um programa de melhoramento de batata-doce, pois evita o plantio de formas genômicas idênticas ou semelhantes e o consequente estreitamento da base genética das cultivares (OLIVEIRA et al., 2002). Como diversas introduções de acessos de batata-doce estão sendo feitas nos últimos anos é importante a sua caracterização, a fim de subsidiar os programas de melhoramento genético da cultura.

A caracterização pode ser feita utilizando descritores, que são as características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas ou moleculares (BORÉM, 2005). Os descritores varietais que conferem identidade a uma dada cultivar de qualquer espécie de planta são o ciclo, cor das sementes, caracteres morfológicos, reação a doenças, produção de grãos e padrões isoenzimáticos ou de ácidos nucleicos. Os caracteres varietais que determinam a identidade, a uniformidade e a estabilidade, diferem para cada espécie e cada variedade.

Os estudos de variabilidade genética em bancos de germoplasma são de grande importância para os programas de melhoramento. Características morfológicas como

coloração de flores, tamanho e forma de folhas, altura de plantas são usadas para determinar a variabilidade e o parentesco em populações de plantas (FABRI, 2009). Porém, com a facilidade e a rapidez que os marcadores moleculares têm em obter dados de variabilidade genética, estes apresentam diversas vantagens em relação aos caracteres morfológicos, podendo citar o elevado nível de resolução genética e a confiabilidade na discriminação entre linhagens ou variedades de base genética estreita (BORÉM, 2005), além de serem neutros em relação a efeitos fenotípicos (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1996).

O conhecimento da diversidade e/ou da similaridade genética do banco de germoplasma de uma espécie pode indicar aqueles acessos mais recomendados para programas de policruzamentos no desenvolvimento de cultivares melhoradas, identificando acessos com características desejadas, além de facilitar e tornar eficiente a amostragem e utilização do banco de germoplasma.

## **2.6. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA**

A caracterização morfológica, base atual para o registro de cultivares, é geralmente a forma mais acessível de determinação da diversidade genética de um banco de germoplasma e consiste em fornecer uma identidade para cada acesso pelo conhecimento de uma série de dados que permitem estudar a variabilidade genética de cada amostra (DAROS et al., 2002). Mesmo sendo uma das formas de caracterização mais utilizadas pelos estudos científicos, na batata-doce, têm se observado uma grande variabilidade fenotípica entre os acessos avaliados por estes descritores, o que pode chegar até a 60% do total de coleções avaliadas (CONTRERAS et al., 1995), provavelmente por influências ambientais.

A utilização de descritores morfológicos tem alguns inconvenientes que são a necessidade de um elevado número de descritores e a considerável influência ambiental, tornando o método pouco eficiente, principalmente no que diz respeito a caracteres métricos, influenciados por um grande número de genes (JESUS, 2006).

Os descritores morfológicos mais usados para a batata-doce são os de parte aérea e de raiz. Em trabalho de Huamán (1991), foram definidos 21 atributos morfológicos para a batata-doce de acordo com uma escala de notas. Os descritores da parte aérea são: comprimento da haste, cor predominante de rama, cor secundária da rama, formato

geral da folha madura, tipos de lóbulos da folha, número de lóbulos da folha, formato do lóbulo central, tamanho da folha madura, pigmentação das nervuras, cor da folha madura, cor da folha imatura, comprimento do pecíolo e pigmentação do pecíolo. Os descritores da raiz são: formato das raízes, defeitos da superfície da raiz, cor predominante da pele, intensidade da cor da pele, cor secundária da pele, cor predominante da polpa, cor secundária da polpa e distribuição da cor secundária da polpa.

Ritschel e Huamán (2002) utilizaram marcadores morfológicos para descrever a variabilidade da coleção de germoplasma mantida pela Embrapa Hortaliças, sendo que foram avaliados 324 acessos de batata-doce, utilizando-se 25 características morfológicas. Foi possível identificar 256 tipos morfológicos, sendo 223 acessos com morfologia única e 33 grupos de acessos morfológicamente duplicados.

Veasey et al. (2007) visando verificar a diversidade fenotípica de batata-doce em propriedades do Vale do Ribeira, SP, avaliaram um total de 74 acessos. Nove descritores fenológicos e florais, nove descritores morfológicos da parte aérea e cinco da raiz foram estudados. Observou-se grande variação fenotípica na região estudada, indicando que os agricultores tradicionais do Vale do Ribeira cultivam em suas áreas grande diversidade morfológica de batata-doce, cuja origem pode ter sido gerada pelo amplo sistema de trocas entre agricultores em âmbito local e regional, e por eventuais mutações somáticas.

Oliveira et al. (2000) avaliaram a divergência genética entre 51 clones de batata-doce provenientes de diferentes regiões do Brasil (Janaúba, MG; Viçosa, MG; Bom Jardim de Minas, MG; Linhares, ES; Ponte Nova, MG; Gurupi, TO; Venda Nova do Imigrante, ES; Santo Antônio da Platina, PR; Londrina, PR; Holambra, SP; Vitória da Conquista, BA; Uberlândia, MG; Dourados, MS; São José do Rio Preto, SP; Paula Cândido, MG e Mocambinho, MG, utilizando descritores morfológicos preconizados pelo IBPGR – International Board for Plant Resources. Utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e o método de otimização de Tocher, aqueles autores agruparam os clones avaliados em 7 grupos. Foi observada a presença de um mesmo clone em mais de um grupo, o que indica a possibilidade de ocorrência de acessos duplicados entre o conjunto de clones avaliados. Ainda, foi utilizado pelos autores a metodologia de Singh (1991) que dá a contribuição relativa de cada característica morfológica para a divergência genética e com isso, foram descartadas 9 características

em razão de não terem influenciado a formação dos grupos originais. Esse dado é bastante importante, pois em estudos futuros, estas características podem ser suprimidas, reduzindo sobremaneira o levantamento de dados.

Em trabalho realizado por Mok & Schmiediche (1998) comparando a variação entre bancos de germoplasma de províncias da Indonésia quanto à cor da polpa dos acessos de batata-doce, foi observado que a cor de polpa mais frequente na Província de Irian Jaya era creme, com 176 observações de 373, seguida por amarelo pálido (87 de 373 observações). A menor ocorrência foi para polpa de coloração alaranjado forte, quando somente uma observação foi realizada. Já na Província de Muara, os resultados encontrados foram bastante diferentes, com 202 observações de polpa de coloração branca de um total de 486, seguida por 99 observações de polpa amarelo pálido. As menores ocorrências foram para polpas fortemente pigmentadas com antocianinas (5 observações) e também não foi feita nenhuma observação com polpa creme escuro. Assim como ocorre no Brasil, em outros países, pode-se observar a grande variação fenotípica dos acessos de batata-doce.

## **2.7. CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA**

A caracterização agronômica fornece informações para o melhoramento genético, para o cultivo comercial e na determinação da finalidade de uso dos acessos.

Esse tipo de caracterização leva em consideração características desejáveis pelos produtores e que atendam às exigências do mercado consumidor. Para a batata-doce podem ser citadas como exemplos a produtividade total e comercial, a população de plantas na parcela ou densidade de plantio, a adaptabilidade e a estabilidade dos acessos em determinada região de cultivo, os métodos de plantio, a forma de inserção das raízes o que determina o grau de dificuldade na colheita, a ocorrência de defeitos na pele, a resistência a insetos-praga, entre outras (AZEVEDO et al., 2000; SOUZA, 2000; DAROS & AMARAL JÚNIOR, 2000).

Azevedo et al. (2000) testaram 11 clones, uma cultivar comercial (Brazlândia Branca) e o clone Surpresa quanto à produção total, comercial, peso médio de raízes comerciais e resistência a insetos de solo. A maior produção total obtida foi de 33,51 t ha<sup>-1</sup> (clone 92762) e a menor de 8,21 t ha<sup>-1</sup> (clone 92676), sendo que a maior produção comercial não foi de nenhum destes clones (19,55 t ha<sup>-1</sup>, clone 92010). As raízes

comerciais foram classificadas por aqueles autores, de acordo com seu peso médio (entre 150 e 300 gramas) percebendo-se variação de até 50% em relação ao peso médio dos materiais avaliados. Quanto à resistência, notou-se grande variabilidade, sendo que apenas 5 clones (92676, 92010, 92001, 92826 e Surpresa) destacaram-se, podendo servir de doadores de alelos que conferem resistência a insetos de solo em programas de melhoramento.

Nesse mesmo trabalho, Azevedo et al. (2000) avaliaram quatro diferentes métodos de plantio das ramas de batata-doce e sua influência nas variáveis produção total e produção comercial. O enterrio parcial das ramas com uma das extremidades descoberta foi aquele que levou a maior produção total (22,77 t ha<sup>-1</sup>) e comercial (17,27 t ha<sup>-1</sup>) de raízes. O método que utilizou o enterrio total das ramas, além de exigir maior mão-de-obra, apresentou o pior desempenho produtivo (produção total de 15,72 t ha<sup>-1</sup> e produção comercial de 13,38 t ha<sup>-1</sup>), provando que existe variação na resposta dos acessos avaliados frente aos diferentes métodos de plantio.

A variação entre os caracteres agronômicos de diferentes acessos de batata-doce ocorre em todas as regiões onde são cultivadas, a exemplo disso, Tairo et al. (2008) estudaram 136 acessos de batata-doce de três zonas agroecológicas da Tanzânia e concluíram que há grande variação entre o número de raízes por planta das regiões avaliadas, variando entre 2,25 (Zona Oriental) e 4,47 (Bacia do Lago Vitória). Outra variável que sofreu influência da região de cultivo foi o peso médio de raiz, que variou de 389,97 g (Zona Oriental) a 888,58 g (Bacia do Lago Vitória). Os acessos cultivados na região Sul do Planalto foram aqueles que tiveram os valores intermediários para as características avaliadas. O trabalho comprova a variação de estabilidade e adaptabilidade entre acessos de batata-doce nas diferentes regiões de cultivo, sendo necessário seu conhecimento para indicação de plantio.

Mok & Schmiediche (1998) avaliaram acessos de batata-doce de bancos de germoplasma de duas Províncias na Indonésia, Irian Jaya e Muara quanto a resistência a insetos de solo e observaram que a maior frequência de acessos com alta resistência ocorreu no banco de germoplasma de Irian Jaya (301 de 381 observações), enquanto os acessos do banco de germoplasma de Muara se dividiram entre altamente resistentes, moderadamente resistentes e muito susceptíveis. Mais uma vez, os trabalhos encontrados na literatura comprovam a variação entre os caracteres desejáveis agronomicamente existentes na cultura da batata-doce.

A caracterização morfoagronômica das espécies ainda pode evitar o plantio de formas genômicas idênticas ou semelhantes, o que causa o estreitamento genético da espécie (FABRI, 2009).

## **2.8. CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR**

A caracterização molecular permite separar e identificar acessos indistinguíveis morfológicamente e pode fornecer parâmetros mais confiáveis para o registro de cultivares nacionais ou introduzidas, auxiliando no controle varietal para produção de mudas.

A caracterização de acessos de bancos de germoplasma por meio de marcadores de DNA tem sido muito usada pelo elevado nível de resolução genética e pela confiabilidade que geram, possibilitando discriminar linhagens ou variedades com base genética estreita (BORÉM, 2005).

Usados individualmente ou em complementação às caracterizações morfológicas e agronômicas, os marcadores moleculares tem inúmeras vantagens. São neutros com relação a efeitos fenotípicos, ou seja, não são influenciados pelo ambiente; podem ser codominantes, o que resulta em maior quantidade de informação genética por loco (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1996); podem ser identificados em mudas, células ou tecidos, o que no caso de plantas frutíferas com período juvenil longo reduz o tempo para caracterização de novos híbridos (GOULÃO & OLIVEIRA, 2001).

Os marcadores moleculares são usados para marcar alelos cuja expressão seja de difícil identificação e adicionalmente, estes marcadores tem sido usados em estudos de divergência genética, testes de paternidade, identificação de cultivares, mapeamento genético, entre outros (RAMALHO et al., 2004).

Existem diversas técnicas atualmente que utilizam o DNA como marcador a nível molecular, tais como RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), RAPD (Random Amplification of Polymorphic DNA), ISSR (Inter Single Sequence Repeats), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) e, SSR (Simple Sequence Repeats) ou microssatélites. Em batata-doce, trabalhos de diversidade genética utilizando marcadores RAPD (GICHUKI et al., 2003), AFLP (ZHANG et al., 2004) e microssatélites (HU et al., 2004; VEASEY et al., 2008) são os mais usados.

Para o sucesso da técnica utilizando marcadores moleculares em culturas tuberosas, como é o caso da batata-doce, o processo de extração deve ser bastante apurado. Segundo Sharma et al. (2008) a extração de DNA de plantas tuberosas é dificultado pela presença de compostos fenólicos, que oxidam e se ligam irreversivelmente ao DNA, e pela alta concentração de polissacarídeos nas folhas, que precipitam com os ácidos nucléicos impedindo uma extração eficiente. As análises moleculares em batata-doce são limitadas devido à presença de amido, fenóis e pigmentos que interferem severamente na purificação do DNA (POREBSKI et al., 1997; KIM & HAMADA, 2005). Borges et al. (2009) relatam que métodos práticos de extração de DNA para *Ipomoea batatas* precisam ser previamente estudados para assegurar uma boa qualidade e quantidade de DNA extraído.

### **2.8.1. MARCADORES MOLECULARES ISSR**

O marcador ISSR (Inter Single Sequence Repeats) foi desenvolvido a partir dos microssatélites (SSR) e suas análises envolvem amplificações do DNA genômico por PCR utilizando seqüências repetidas de di-nucleotídeo, tri-nucleotídeo, tetra-nucleotídeos ou penta-nucleotídeos.

O ISSR possibilita a determinação da diversidade inter e intra-específica, confecção de mapas genéticos, estudos filogenéticos, além de caracterização e avaliação do germoplasma (HUANG & SUN, 2000). Este marcador é composto por regiões entre dois microssatélites, e não requer a informação da seqüência do iniciador, e a sua segregação consiste com a herança mendeliana dominante, podendo esta ser considerada uma característica desvantajosa da técnica. Entretanto, este método possui alta reprodutibilidade, grande flexibilidade, uso de pequenas quantidades de DNA, e alto nível de polimorfismo (JOSHI et al., 2000).

As seqüências de repetições e de nucleotídeos ancorados são selecionadas aleatoriamente. Embora ISSR sejam marcadores dominantes, têm a vantagem de analisar loci múltiplos em uma única reação (GOULÃO & OLIVEIRA, 2001).

Em estudo realizado por Hu et al. (2003), oito iniciadores polimórficos foram selecionados para estimar a diversidade genética entre 34 acessos de *Ipomoea* (28 acessos de batata-doce e seis acessos de espécies silvestres), gerando 81 marcas polimórficas. Os acessos foram agrupados em três grupos maiores, com o objetivo de

determinar a relação filogenética entre as espécies. Constatou-se que marcadores ISSR são eficientes para a detecção de polimorfismo e posterior obtenção de mapas de ligação relacionando a batata-doce cultivada a espécies silvestres.

He et al. (2007) trabalhando com 100 acessos de batata-doce, obtiveram 239 marcas polimórficas usando 14 iniciadores de ISSR, com uma média de 17 bandas polimórficas por iniciador. Este elevado polimorfismo pode ser justificado pela procedência dos acessos, que foram coletados na China, Nova Guiné e Indonésia, que são considerados centros secundários de diversidade genética de batata-doce.

Nesse sentido, torna-se importante conhecer a diversidade genética dos acessos que integram um banco de germoplasma.

### **3. CAPÍTULO I: ESTABLISHMENT AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF A SWEET POTATO GERMPLASM BANK FROM THE HIGHLANDS OF PARANÁ STATE, BRAZIL**

**ABSTRACT** The sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is a crop of high importance in developing countries. Thus, the development of cultivars adapted to specific regions within these countries becomes necessary. To start a breeding program, the first step is the establishment of a germplasm bank. In this work, we describe the establishment and molecular characterization of a sweet potato germplasm bank from the highlands (SPGBH) of Paraná state, Brazil. To establish the SPGBH, we carried out numerous sweet potato-collecting expeditions in regions with an altitude of above 700 meters in the Paraná state; we collected 116 genotypes that comprise the SPGBH. The genetic diversity of the SPGBH was estimated using ISSR (inter simple sequence repeat) markers. Polymorphic information content (PIC), marker index (MI), and resolving power (RP) were calculated to determine the viability of ISSR markers for use in sweet potato genetic studies. The correlation between PIC and MI ( $r^2 = 0.81$ ) and between MI and RP ( $r^2 = 0.97$ ) were positive and significant, indicating that ISSR markers are robust in sweet potato. The ISSR primers 807 and 808 show the best results in all attributes, and thus can be used as representative ISSR primers for the genetic analysis of sweet potato. Cluster analysis (UPGMA) and principal component analysis (PCA) indicate high genetic variability (0.51 of similarity among all genotypes) and genotypes collected in different counties group together. Aspects of establishing SPGBH, markers attributes and genetic variability have been discussed.

**Keywords** *Ipomoea batatas* L.; Plant breeding; Genetic variability; Biofuel

#### **INTRODUCTION**

Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is among the most important foods in the world. Its consumption culture ranks fifth in importance in the developing countries, and is next to rice, wheat, maize, and cassava (CIP 2008). In South America, Brazil is the main producer, and the Southern region is responsible for 50.44% of the national production (Suiza de Castro et al. 2009). The sweet potato is easy to grow and has high nutritional value; these characteristics make sweet potato culture of high social value, contributing decisively to the food supply of poor populations.

The constant search for healthy foods has recently distinguished sweet potato as a nutraceutical food, because of its dietary fiber composition and antioxidant compounds it contains, such as beta-carotene and anthocyanins (Lin et al. 2005). Another promising niche for sweet potato has emerged with the growing importance of clean fuels that are not derived from petroleum. According to the Brazilian Association of Producers of Cassava Starch, ethanol production from sweet potato promises to not only meet the needs of the biofuel industry, but also the chemical industry, especially pharmaceutical and cosmetic, because of the high-quality alcohol generated from sweet potato (ABAM 2007).

Elite cultivars have low genetic variability when compared with wild genotypes. This happens because the breeding process prioritizes the selection of a few genetic characteristics of agricultural importance. One strategy for preserving genetic variability which may be important for future use is the establishment of germplasm banks (Ritschel et al. 2000). A germplasm bank aims to conserve plant genetic resources under semi-natural conditions to ensure the availability of genes for sustainable plant breeding towards providing food for future generations.

In the state of Paraná, south of Brazil, the second plateau region is located in a strip that bisects the state from northeast to south-central (Fig. 2.1). In this region, topographic relief is very irregular, with altitudes above 700 m (Fig. 2.1). This altitude gives the region a climate different from others of the state. The irregular topography makes mechanization impossible, so large cattle farms and family farms cultivated primarily by animal power predominate.

These features make this an agricultural region in need of crops adapted to the local climate and to the available manpower. In addition to differences of climate and topography, this region has one of the lowest HDIs of the state, and of Brazil. The researchers and breeders of UNICENTRO, a Public University maintained by the State Government and located on the second plateau of Paraná, have sought to identify crops that influence the economic and social conditions of the region. Being a family crop which requires little technology for cultivation, the sweet potato fits with this goal. Regionally adapted cultivars with good quality and yields can help in improving the social conditions of the population. In this context, the need for a sweet potato breeding program is self-evident; and to start a breeding program it is essential to obtain a core

germplasm that has good adaption to the region of cultivation and with a known level of genetic variability.

In breeding programs of sweet potato, understanding the genetic variability within the germplasm bank is important because it can prevent the narrowing of the cultivar genetic base and allow breeders to make better use of the available variability. Studies of genetic diversity are considered more reliable when they utilize molecular markers because they cover a large part of the genome and are not influenced by the environment (Goulão and Oliveira 2001; Morales et al. 2011a; Morales et al. 2011b). In sweet potato, the most widely used molecular markers are simple sequence repeats (SSR), random amplified polymorphic DNA (RAPD), amplified fragment length polymorphism (AFLP), and inter simple sequence repeats (ISSR). ISSR markers have high repeatability compared with RAPD, require no prior knowledge of the genome as do SSR markers (Joshi et al. 2000), and are simpler to perform than AFLP markers, based solely on PCR and resolvable on an agarose gel.

In this study, we describe the establishment and molecular characterization of a sweet potato germplasm bank for the development of cultivars adapted to the highlands. We discuss aspects of the establishment of the germplasm bank, the attributes and efficiency of ISSR markers used in the genetic characterization of the bank, and the observed genetic variability.

## **MATERIAL AND METHODS**

### **Establishing the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH)**

With the purpose of starting a sweet potato breeding program for the development of cultivars adapted to high altitude, collecting expeditions in various regions of the Paraná state, Brazil were conducted. We collected genotypes of sweet potato from the county of Coronel Vivida, Guarapuava, Imbituva, Laranjeiras do Sul, Palmeira, Pinhão, Prudentópolis, Quedas do Iguaçu, and Turvo (Fig. 2.1). All sites sampled were located above 700 meters from sea level. The sampled area corresponds to approximately 37000 km<sup>2</sup>, or 18% of the territory of the Paraná state, and 60% of the area above 700 m elevation in the state. In addition to the collected genotypes, part of the germplasm bank is comprised of clones and cultivars from other regions of Brazil (Fig. 2.1). These clones and cultivars were collected and/or developed in regions of high altitude.

The sweet potato genotypes are kept in a greenhouse, planted in pots of 4 dm<sup>3</sup>, filled with 50% natural soil, and 50% Plantmax ® substrate. Drip irrigation is applied

once a day for 20–25 min in summer and for 5–10 min in winter. Phytosanitary control is performed when necessary. Fertilization is 50 g of 04-14-08 fertilizer every 60 days as recommended for sweet potato (Silva et al. 2004).

### **Molecular characterization of the sweet potato germplasm bank**

#### **DNA extraction**

Genetic characterization with ISSR molecular markers was performed on 40 genotypes of sweet potato from the SPGBH. These genotype are representative of most areas sampled (Table 3.1).

Tissue from young leaves collected before sunrise was used for DNA extraction. The protocol of Sharma et al. (2008), with some modification, was applied. The tissue was ground in liquid nitrogen until it became a fine powder; 1 ml of extraction buffer (20 mM EDTA, 100 mM Tris-HCL pH 8.0, 2 M NaCl, 2% CTAB, 2% PVP, 2%  $\beta$ -mercaptoethanol) was added to a tube with 100 mg of tissue and kept in a water bath at 65 °C for 30 min. The DNA was separated from the solution by precipitation with phenol: chloroform: isoamyl alcohol (25:24:1) and centrifugation. Then, successive rounds of precipitation with PEG (polyethylene glycol) and washes with alcohol were performed in order to obtain a highly pure DNA. After extraction, the DNA was resuspended in TE (10 mM Tris-HCl; pH 8.0; 1 mM EDTA), treated with RNase A at 37 °C for 30 min, and stored at -20 °C until use.

#### **ISSR analysis**

For molecular analyses, DNA from each genotype was amplified by polymerase chain reaction (PCR) using 10 ISSR primers (Table 3.2). PCR reactions were performed in a final volume of 12.5  $\mu$ L (20 ng of DNA, 1X PCR buffer, 50 mM  $MgCl_2$ , 2.5 mM dNTP, 10 mM of primer, 1 U Taq DNA polymerase). The programming of the thermocycler for DNA amplification was as follows: 4 min at 94 °C; 35 cycles of 30 s at 94 °C, 45 s at the primer annealing temperature (which varies according to each primer, Table 3.2), 90 s at 72 °C; and a final step of 7 min at 72 °C for complete amplicon extension. The amplification products were separated by electrophoresis on a 1.2% agarose gel. The amplicons were stained using ethidium bromide and visualized under ultraviolet light.

#### **Data analysis**

The reading of gels was performed using the binary system (1 = band present and 0 = band absence). The total number of loci (NTL) was determined by counting all

the amplified loci, regardless of whether they were monomorphic or polymorphic. The number of monomorphic loci (NML) was calculated by subtracting the number of polymorphic loci (NPL) from NTL. Loci that were scored in only 1 genotype were considered unique (number of unique loci - NUL). The sum of the NUL and the loci scored on up to 15% of genotypes were rare loci (number of rare loci - NRL). The loci scored on between 15.1% and 70% of genotypes were considered shared (number of shared loci - NSHL) and the loci scored on more than 70.1% of genotypes were considered similar (number of similar loci - NSL).

The discriminatory power of ISSR primers were evaluated using 3 parameters: (i) polymorphism information content (PIC), (ii) marker index (MI) and (iii) resolving power (RP).

The PIC value for each ISSR loci was computed as  $PIC_i = 2fi(1 - fi)$ ; where  $PIC_i$  is the polymorphic information content of the marker 'i',  $fi$  is the frequency of the amplified locus (band present), and  $1 - fi$  is the frequency of the null allele (Roldan-Ruiz et al. 2000).

The MI was calculated according Varshney et al. (2007):  $MI = PIC \times EMR$ , where EMR is "the effective multiplex ratio ( $E$ ) and is defined as the product of the total number of loci per primer ( $n$ ) and the fraction of polymorphic loci ( $\beta$ ) ( $EMR = n \cdot \beta$ )."

The RP was calculated according Prevost and Wilkinson (1999):  $RP = \sum I_b$ , where,  $I_b$  represents locus informativeness. The  $I_b$  can be translated into a 0–1 scale by using the formule:  $I_b = 1 - (2 \times |0.5 - p|)$ , where,  $p$  is the proportion of the 40 genotypes containing the locus.

The genetic distance between genotypes was calculated using the Jaccard coefficient and clustering was performed following the Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Averages (UPGMA). The similarity matrix generated by UPGMA was used for drawing the dendrogram. Clustering analysis was performed using the NTSYS-pc 2.1 software.

The polymorphic loci were also subjected to principal components analysis, using the software Statgraphics Plus 5.1, where the principal components were extracted, and the eigenvalues and cumulative variance explained (expressed as percentages).

## RESULTS

### Establishing the sweet potato germplasm bank from highlands (SPGBH)

The expeditions for the establishment of the SPGBH resulted in the collection of 116 genotypes from 9 counties of Parana State, Brazil (Fig. 2.1, Table 3.1). In addition, 8 genotypes from the Federal University of Lavras - UFLA, MG; 4 commercial cultivars from EMBRAPA, DF; and 3 cultivars from the Federal University of Tocantins - UFT, TO (Fig. 1). The SPGBH was established with the goal of providing a core germplasm for the development of cultivars adapted to high-altitude regions.

This germplasm bank will be characterized in order to indicate genotype suitability for the main sweet potato applications: food, animal feed and ethanol production. First was the molecular characterization of the SPGBH presented in this study. This characterization aimed to determine the utility of ISSR markers for genetic studies in sweet potato and to estimate the genetic variability available in the SPGBH.

### ISSR features

The information content of the 10 ISSR primers was analyzed using several parameters to determine the potential use of these markers in sweet potato (Table 3.3). The total number of loci (NTL) generated was 81, and 67 (82.72%) of these were polymorphic (NPL) and the remaining 14 (17.28%) were monomorphic (NML). The percentage of polymorphism ranged from 66.67% (primer 809) to 100% (primers 808 and 878) with an average of 80.81%.

Analyzing the frequency distribution of polymorphic loci from the 10 ISSR primers used, it can be affirmed that the greater number of polymorphic loci were in the classes 0.51 to 0.60 (11) and 0.71 to 0.80 (11), followed by 0.81 to 0.90 (10) (Fig. 2.2a). When correlated with the PIC values, it was observed that the most informative loci class was 0.41 to 0.50, when the mean value of PIC was 0.45 (Fig. 2.2b).

The polymorphic loci were categorized further into unique loci (NUL), rare loci (NRL), shared loci (NSHL), and similar loci (NSL) (Table 3.3).

### Unique loci

Unique loci (NUL) were considered to be those that were present in only on 1 genotype. Only 3 unique loci (4.94%) were obtained,—2 from primer 815 (UGA77 - Turvo and UGA51 - Pinhão) and 1 from primer 878 (UGA51 - Pinhão) (Table 3.3). The unique loci were found in genotypes from different origins, Turvo and Pinhão, with unique loci occurring twice in the UGA51 genotype from the county of Pinhão.

### **Rare loci**

The rare loci (NRL) were those observed in less than 15% of genotypes. A total of 5 rare loci were obtained—2 from primer 810 (UGA49 - Laranjeiras do Sul and UGA44 - Pinhão) and 1 from primer 811 (UGA71 - Imbituva), primer 836 (UGA49 - Laranjeiras do Sul) and primer 878 (UGA5 – Palmas, TO) (Table 3.3).

### **Shared loci**

Shared loci (NSHL) were considered to be those present in 15.1 to 70% of genotypes. A total of 31 shared loci were obtained from the analysis of the 10 ISSR primers (Table 3.3). The primers that yielded the highest number of shared loci were 808 (6 loci), 836 (6 loci), and 878 (6 loci). Primers 809 and 811 showed no shared loci.

### **Similar loci**

Similar loci (NSL) were those that occurred in over 70.1% of genotypes (Table 3.3). A total of 28 loci were described as similar, averaging 2.8 loci per primer (Table 3.3). The highest occurrence was found in primers 807 and 809, with 7 and 6 loci respectively. Primers 811, 835 and 873 produce 1 similar locus each (Table 3.3).

### **Marker attributes**

#### **Polymorphism Information Content (PIC)**

PIC values ranged from 0.20 to 0.45, with an average of 0.34 per primer (Table 3.3). The highest average PIC value (0.45) was with primers 808 and 835. The lowest individual value of PIC was 0.05 in a locus from primer 810. Only 12 loci had PIC values below 0.20. Most loci had PIC values ranging from 0.20 to 0.45.

#### **Marker Index (MI)**

The MI was calculated for all 10 ISSR primers. The MI values varied from 0.39 to 4.14, with an average of 2.40 (Table 3.3). The highest marker index (4.14) was obtained from primer 807 and the lowest (0.39) from primer 811. The correlation between MI and PIC value was positive ( $r^2 = 0.81$ ).

#### **Resolving Power (RP)**

The resolving power (RP) indicates the discriminatory potential of each primer used. RP values ranged from 0.44 to 6.18, with an average of 3.52 (Table 3.3). Primers 807 and 808 had the highest resolving powers (6.18), and primer 811 had the lowest (0.44). The correlation between RP and MI was highly positive ( $r^2=0.97$ ).

### **Genetic variability**

Data from all 67 polymorphic loci generated by the 10 ISSR primers were used to estimate the genetic similarity among genotypes. The genetic distance matrix was calculated using the Jaccard coefficient. The genotype grouping was done by the UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). The genetic similarity between pairs of genotypes ranged from 0.09 to 0.88, with an average similarity among all genotypes of 0.51 (Fig. 2.3).

On the dendrogram constructed, it is possible to observe 2 groups (Fig. 2.3). Group I is formed by 11 genotypes (3 from Laranjeiras do Sul, 3 from Pinhão, 2 from Imbituva, 1 from Guarapuava, 1 from Coronel Vivida and 1 from Palmeira). Group II is formed by 28 genotypes (6 from Turvo, 5 from Laranjeiras do Sul, 4 from Coronel Vivida, 4 from Pinhão, 3 from Guarapuava, 2 from Imbituva, 2 from Palmas, 1 from Lavras and 1 from Palmeira) (Fig. 3, Table 1). The genotype UGA97 from Guarapuava not grouped (Fig. 2.3).

The PCA analysis extracted 9 major components, with eigenvalues greater than or equal to 1.0, which explained 84.53% of variance (Table 2.4). The graph generated in 2 dimensions by PCA analysis grouped the genotypes into 3 main groups (Fig. 2.4). Group I had 28 genotypes, group II had 9 genotypes and group III had 2 genotypes. The genotype UGA97 - Guarapuava was not in any group.

## **DISCUSSION**

### **Establishing the sweet potato germplasm bank from highlands (SPGBH)**

The establishment of germplasm banks is important for the conservation and cataloging of diversity within a species in a given region. The SPGBH was established with genotypes collected from the regions of high altitude, so it is expected that genotypes within this bank will have features which facilitate the development of elite cultivars adapted to high altitude regions. A preliminary analysis observed varied morphotypes indicative of a high genetic diversity among these genotypes. The genotypes derived from other regions of Brazil will serve for comparison in characterization studies of the SPGBH.

The SPGBH will be characterized using different approaches, each with specific objectives. Morphological characterization of roots and shoots will serve to complement or compare with the results obtained in the molecular characterization that is presented in this work. The physicochemical characterization will be used to analyze the levels of

starch, sugars and dry mass of each genotype. Agronomic characterization will evaluate the performance of genotypes in the field for yield and production of roots, root weight, fresh mass and dry shoot mass. Finally, sensory analyses will be conducted to check consumer preferences and acceptability of genotypes.

#### **ISSR markers attribute**

The proportion of polymorphic loci amplified by 10 ISSR primers, 67 of 81 loci, is similar to those reported in the literature. Hu et al. (2003) evaluated 34 genotypes of sweet potato and wild species of *Ipomoea* using 8 ISSR primers and found 81 polymorphic loci. An average of 10 polymorphic loci per primer has been reported in the literature, while we obtained an average of 8.1. He et al. (2007) found 17 polymorphic bands per primer with 14 ISSR primers.

The percentage of polymorphism in our study ranged from 66.67% to 100%, with an average of 80.81% per primer. This index can be considered satisfactory when compared to the rates determined in other studies available in the literature: 62.2% with 15 ISSR primers (Huang and Sun 2000), 94.2% with 9 ISSR primers (He et al. 2005) and 94.2% with 7 ISSR primers (Song et al. 2011).

Unlike other studies of the genetic diversity of sweet potato, we describe loci as rare, unique, similar and shared. In this study, the primer 810 can be considered discriminatory for rare loci, producing 2 loci that occur in less than 15% of genotypes. As for the unique loci, those present in only 1 genotype, it is worth mentioning that genotype UGA51, from the county of Pinhão, PR, had unique loci amplified by 2 primers (815 and 878).

The unique and rare loci can be useful tools in differentiating among genotypes within a germplasm bank, and these data can be used in breeding programs for marker-assisted selection and for confirmation of crosses.

Primers 809 and 811 produced no shared loci, whereas primers 811, 835 and 873 produced 1 similar loci. These primers can be considered more discriminatory than others which produced shared and similar loci. The information arising from shared and similar loci can aid in deducing the probable geographic origin of an unknown genotype or germplasm in breeding programs, and in the characterization of genotypes from different geographical regions (Tatikonda et al. 2009).

The PIC value has been used by many authors in studies of genetic diversity of several species (Gupta and Varshney 2000; Varshney et al. 2007). By analyzing the PIC

of ISSR primers used in our study, we can affirm that primers 808 and 835 (both with average PIC values of 0.45, close to the maximum value of 0.50 for dominant markers) are the most recommended for future analyses of sweet potato germplasm. According Tatikonda et al. (2009), the most informative markers, well used in studies of genetic variability, are those with a positive relationship between frequency of higher PIC values and number of polymorphic loci. In our study, no such relationship was observed (Fig. 2.2b). This shows that in sweet potato, a small portion of polymorphic loci contribute most effectively towards differentiation among genotypes. To check whether this is specific to these ISSR primers it will be necessary to study this relationship using other markers.

The MI of the 10 ISSR primers ranged from 0.39 to 4.14 with an average of 2.40 per primer. According Tatikonda et al. (2009), there is no value established for MI, and the results should be analyzed by comparing primers in the study. In our work, based on the MI, the most informative primer was 807 (MI = 4.14) and the least informative 811 (MI = 0.39). The correlation between the mean values of PIC and MI was positive ( $r^2 = 0.81$ ), indicating that the information obtained for *Ipomoea batatas* L. with ISSR marker are robust.

The resolving power (RP) values were between 0.44 and 6.18, with an average of 3.52. As with MI, there is no established value for RP. In this work the primers with higher resolving powers were 807 and 808 (both with RP = 6.18). Again it may be noted that these primers were those with high levels in the other parameters evaluated (PIC the MI), indicating that these ISSR primers are the most informative in sweet potato.

The 40-genotype dendrogram drawn using information from the 2 primers with higher resolving power (primers 807 and 808) was very similar to the dendrogram topology drawn with all 10 primers, basically changing the values of similarity between individuals (data not shown). This observation indicates that separation of sweet potato genotypes can be done with ISSR primers 807 and 808, reducing costs and time for analysis. A significant correlation between the values of MI and PIC ( $r^2 = 0.81$ ), and MI and RP ( $r^2 = 0.97$ ) indicates that any of these parameters can be used to select the most informative ISSR primers for future studies of sweet potato.

### Genetic variability of SPGBH

In the dendrogram constructed by UPGMA, the 40 genotypes of sweet potato from the SPGBH were grouped into 2 groups: group I with 11 genotypes, group II with 28 genotypes and 1 genotype that remained isolated (Fig. 2.3). The largest genetic distance was observed between UGA45 (Laranjeiras do Sul/PR) and UGA6 (Lavras/MG) (0.09 of similarity), and the shortest distance between UGA51 (Pinhão/PR) and UGA84 (Coronel Vivida/PR) (0.88 of similarity). The average genetic similarity was 0.51. The genetic variability of sweet potato is widely studied. He *et al.* (2007) studied 100 genotypes and 8 cultivars from 6 geographic regions of China and found a mean genetic similarity of 0.64. Huang and Sun (2000) studied 40 genotypes of sweet potato and found an average similarity of 0.54. In our study, the average similarity was 0.51. This higher genetic variability can be explained by the fact that Brazil is considered the center of sweet potato dispersion.

The PCA identified 9 principal components with eigenvalue equal or greater than 1.0 and that cumulatively explained 84.53% of the variance. The components extracted were numbered 1 through 9, according to the relative contribution to explaining variance. According Jolliffe (2002), component 1 is the most important factor. In our analysis, component 1 had an eigenvalue of 16.04, which corresponds to an explained variance of 40.16 (Table 3.4). In Fig. 4, the graph in 2 dimensions shows that genotypes were clustered into 3 groups: group A with 9 genotypes, group B with 28 genotypes, group C with 2 genotypes, and 1 genotype which remained isolated (UGA97).

Genotype UGA97 from the county of Guarapuava, PR remained isolated from the others, both by the UPGMA and by PCA, suggesting that this genotype is the most different from the remaining genotypes of the SPGBH that were analyzed in this work. It can also be inferred that genotypes have a wide genetic diversity within the same county of sampling, since in UPGMA and PCA genotypes of the same origin clustered in different groups. The association between geographical origin and genetic similarity in asexually propagated species is not common, because the genotypes are moved from 1 location to another with no exchange of genes through sexual reproduction between local and exogenous materials (Oliveira *et al.* 2000). This may have occurred in the dispersion of sweet potato genotypes studied here.

The results obtained in this study lead to the conclusion that ISSR molecular markers are suitable for assessing the genetic diversity of sweet potato. The primers that

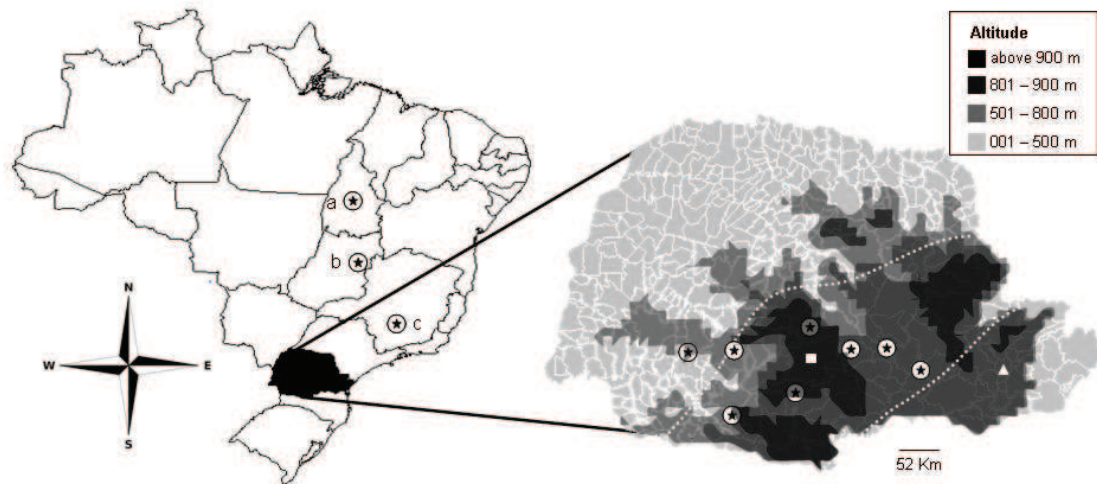
had higher resolving power—807 and 808—can be used as representatives of ISSR primers in the separation of germplasm of *Ipomoea batatas* L., reducing the high cost of molecular analysis and optimizing the time to obtain the results. The 40 genotypes of SPGBH sampled and analyzed with ISSR showed high genetic divergence through cluster analysis (UPGMA) and principal component analysis, indicating high genetic variability to use in genetic breeding program. These genotypes are representative of the genetic diversity of the highlands of Paraná state.

## REFERENCES

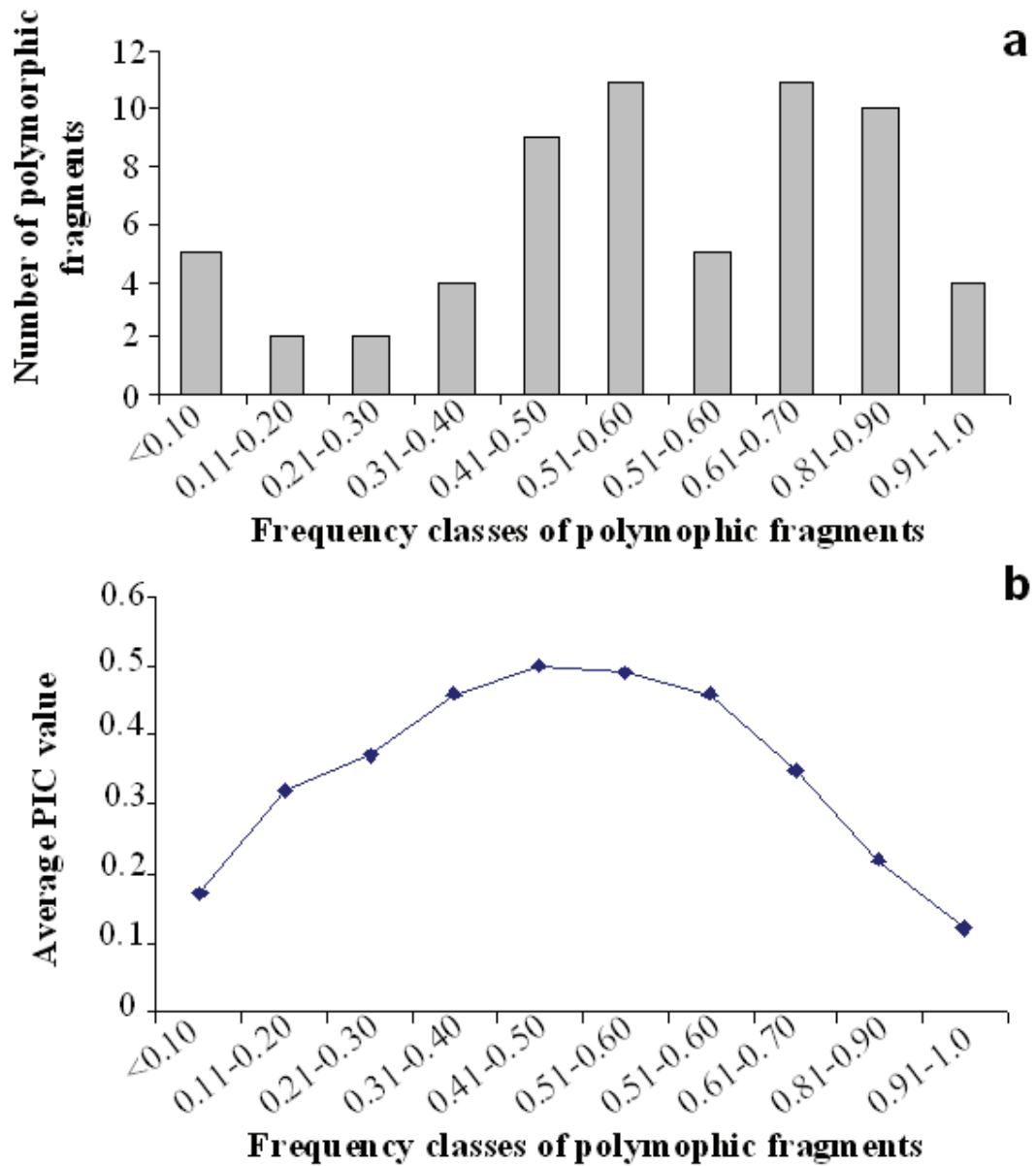
- ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido e Mandioca (2007). Mandioca e batata-doce são novas opções para o álcool. <http://www.abam.com.br/not.php>. Accessed 28 June 2011.
- CIP - Centro Internacional de La Papa. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) (2008). <http://www.cipotato.org/sweetpotato.html>. Accessed 15 May 2011.
- Goulão L an Oliveira CM (2001). Molecular characterization of cultivars apple (*Malus x domestica* Borkh.) using microsatellite (SSR and ISSR) markers. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 50: 429-437
- Gupta PK and Varshney RK (2000). The development and use of microsatellite markers for genetic analysis and plant breeding with emphasis on bread wheat. *Euphytica* 113:163-185.
- He X, Liu Q, Ishiki K, Zhai H, et al. (2007). ISSR analysis of genetic diversity and relationships among sweet potato (*Ipomoea batatas*) landraces in China. *Plant. Genet. Resour. News* 150: 35-41.
- He X, Liu Q, Zhai H, Wang Y (2005). The use of RAPD, ISSR and AFLP markers for analyzing genetic relationships among sweet potato cultivars with Known Origin. *Acta Agron. Sin.* 10: 1300–1304.
- Hu J, Nakatani M, Lalusin AG, Kuranouchi T (2003). Genetic analysis of sweet potato and wild relatives using inter-simple sequence repeats (ISSRs). *Breed. Sci.* 53: 297-304.
- Huang JC and Sun M (2000). Genetic diversity and relationships of sweet potato and its wild relatives in *Ipomoea* series Batatas (Convolvulaceae) as revealed by inter-simple sequence repeat (ISSR) and restriction analysis of chloroplast DNA. *Theor. Appl. Gen.* 100:1050-1060.

- Jolliffe IT (2002). Principal component analysis. Second ed. Springer Series in Statistics. New York: Springer-Verlag New York.
- Joshi SP, Gupta VS, Aggarwal RK, Ranjekar PK, et al. (2000). Genetic diversity and phylogenetic relationship as revealed by inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism in the genus *Oryza*. *Theor. Appl. Gen.* 100:1311-1320.
- Lin YP, Tsen JH, Chang CY (2005). Textural change and antioxidant properties of broccoli under different cooking treatments. *Food Chem.* 90: 9-15.
- Morales RGF, Resende JTV, Faria MV, Andrade MC, et al. (2011a). Genetic similarity among strawberry cultivars assessed by RAPD and ISSR markers. *Sci. Agri.* 68: 665-670.
- Morales RGF, Resende JTV, Faria MV, Da Silva PR, et al. (2011b). Genetic diversity in strawberry cultivars based on morphological characteristics. *Rev. Ceres* 58: 323-329.
- Oliveira ACB, Sedyama MAN, Sedyama T, Cruz CD (2000) Evaluation of genetic divergence in sweet potato by multivariate procedures. *Acta Sci.* 22: 895-900.
- Prevost A and Wilkinson MJ (1999). A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprint of potato cultivars. *Theor. Appl. Gen.* 98: 107-112.
- Ritschel PS, Huamán Z, Lopes CA, Menezes JE (2000). Catálogo de germoplasma de batata-doce I. Embrapa, Brasília.
- Roldan-Ruiz I, Dendauw J, Van Bockstaele E, Depicker A, et al. (2000). AFLP markers reveal high polymorphic rates in ryegrasses (*Lolium* spp.). *Mol. Breed.* 6:125-134.
- Sharma K, Mishra AK, Misra RS (2008). A simple and efficient method for extraction of genomic DNA from tropical tuber crops. *Afr. J. Biotechnol.* 7:1018-1022.
- Silva JBC, Lopes CA, Magalhães JS (2004). Cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) EMBRAPA, Brasília.
- Song JX, Lei ZG, Ding HB, Li Y (2011). Analysis on genetic diversity of local sweet potato germplasm resources in Ghizou by ISSR. *Hubei Agr. Sci.* 13:009.
- Suita de Castro LA, Treptow RO, Campos AD (2009). Acessos de batata-doce do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado recomendados para mesa e processamento industrial. Embrapa, Pelotas.
- Tatikonda L, Wani SP, Kannan S, Beerelli N, et al. (2009). AFLP-based molecular characterization of an elite germplasm collection of *Jatropha curcas* L. biofuel plant. *Plant Sci.* 176:505-513.

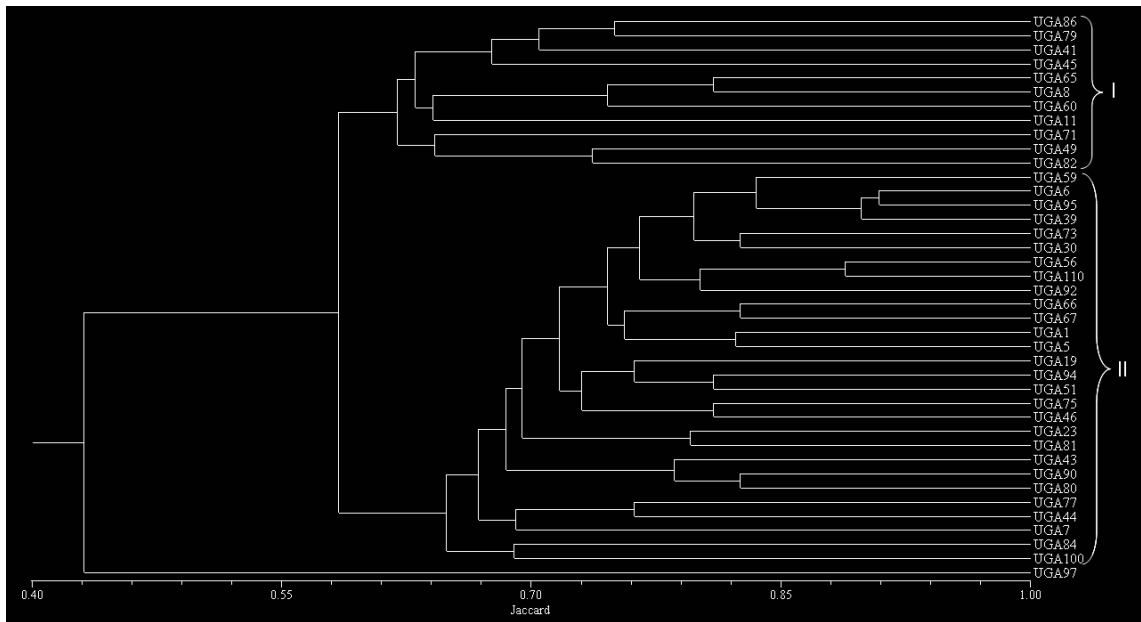
Varshney RK, Chabane K, Hendre PS, Aggarwal RK, et al. (2007). Comparative assessment of EST-SSR, EST-SNP and AFLP markers for evaluation of genetic diversity and conservation of genetic resources using wild, cultivated and elite barleys. *Plant Sci.* 173:638-649.



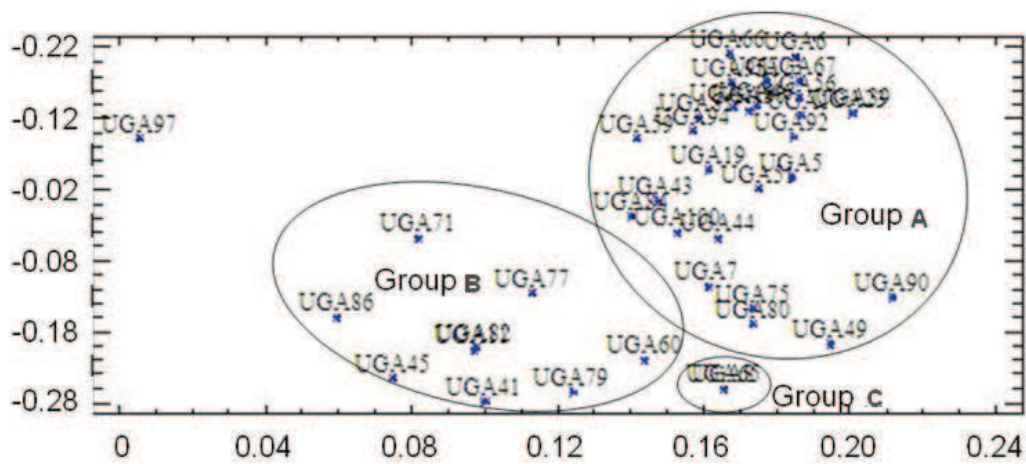
**Figure 1.1.** A map of the sampling sites of the 116 genotypes of *Ipomea batatas* L. that comprise the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná state. Stars indicate the county sampled. The square indicates the county of Guarapuava, where the bank is being maintained. The triangle indicates the state capital Curitiba. The dotted line marks the region of high altitude of the state for which the bank is representative of genetic variability.



**Figure 1.2.** Relationship between the number of polymorphic loci and the polymorphism information content (PIC). **a)** Frequency distribution of polymorphic ISSR loci in *Ipomea batatas* germplasm; **b)** Frequency distribution of PIC value.



**Figure 1.3.** UPGMA dendrogram for of 40 *Ipomea batatas* genotypes from the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná state based on data from 67 polymorphic ISSR loci from 10 primers.



**Figure 1.4.** Principal component analysis (PCA) of 40 *Ipomea batatas* genotypes from the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná state based on data from 67 polymorphic ISSR loci.

**Table 1.1.** Genotypes that comprise the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná state. The shaded genotypes are those used for molecular analyses.

<b>Code</b>	<b>County of origin</b>	<b>State</b>	<b>Region</b>
UGA19	Coronel Vivida	PR	South
UGA20	Coronel Vivida	PR	South
UGA27	Coronel Vivida	PR	South
UGA31	Coronel Vivida	PR	South
UGA32	Coronel Vivida	PR	South
UGA79	Coronel Vivida	PR	South
UGA80	Coronel Vivida	PR	South
UGA81	Coronel Vivida	PR	South
UGA84	Coronel Vivida	PR	South
UGA89	Coronel Vivida	PR	South
UGA96	Coronel Vivida	PR	South
UGA102	Coronel Vivida	PR	South
UGA112	Coronel Vivida	PR	South
UGA8	Guarapuava	PR	South
UGA9	Guarapuava	PR	South
UGA25	Guarapuava	PR	South
UGA36	Guarapuava	PR	South
UGA62	Guarapuava	PR	South
UGA88	Guarapuava	PR	South
UGA90	Guarapuava	PR	South
UGA93	Guarapuava	PR	South
UGA95	Guarapuava	PR	South
UGA97	Guarapuava	PR	South
UGA101	Guarapuava	PR	South
UGA106	Guarapuava	PR	South
UGA110	Guarapuava	PR	South
UGA16	Imbituva	PR	South
UGA48	Imbituva	PR	South
UGA60	Imbituva	PR	South

UGA67	Imbituva	PR	South
UGA68	Imbituva	PR	South
UGA69	Imbituva	PR	South
UGA71	Imbituva	PR	South
UGA73	Imbituva	PR	South
UGA74	Imbituva	PR	South
UGA1	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA2	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA11	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA12	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA14	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA15	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA18	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA39	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA42	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA43	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA45	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA49	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA52	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA59	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA76	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA78	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA83	Laranjeiras do Sul	PR	South
UGA22	Palmeira	PR	South
UGA41	Palmeira	PR	South
UGA61	Palmeira	PR	South
UGA91	Palmeira	PR	South
UGA98	Palmeira	PR	South
UGA105	Palmeira	PR	South
UGA108	Palmeira	PR	South
UGA23	Pinhão	PR	South
UGA28	Pinhão	PR	South
UGA38	Pinhão	PR	South

UGA44	Pinhão	PR	South
UGA47	Pinhão	PR	South
UGA51	Pinhão	PR	South
UGA53	Pinhão	PR	South
UGA56	Pinhão	PR	South
UGA57	Pinhão	PR	South
UGA58	Pinhão	PR	South
UGA65	Pinhão	PR	South
UGA66	Pinhão	PR	South
UGA70	Pinhão	PR	South
UGA82	Pinhão	PR	South
UGA86	Pinhão	PR	South
UGA87	Pinhão	PR	South
UGA99	Pinhão	PR	South
UGA109	Pinhão	PR	South
UGA111	Prudentópolis	PR	South
UGA113	Prudentópolis	PR	South
UGA114	Prudentópolis	PR	South
UGA115	Prudentópolis	PR	South
UGA116	Prudentópolis	PR	South
UGA34	Quedas do Iguaçu	PR	South
UGA37	Quedas do Iguaçu	PR	South
UGA40	Quedas do Iguaçu	PR	South
UGA72	Quedas do Iguaçu	PR	South
UGA64	Quedas do Iguaçu	PR	South
UGA26	Turvo	PR	South
UGA30	Turvo	PR	South
UGA33	Turvo	PR	South
UGA35	Turvo	PR	South
UGA46	Turvo	PR	South
UGA50	Turvo	PR	South
UGA54	Turvo	PR	South
UGA63	Turvo	PR	South

UGA75	Turvo	PR	South
UGA77	Turvo	PR	South
UGA85	Turvo	PR	South
UGA94	Turvo	PR	South
UGA100	Turvo	PR	South
UGA21	Brasília	DF	Midwest
UGA13	Brasília	DF	Midwest
UGA4	Palmas	TO	North
UGA5	Palmas	TO	North
UGA7	Palmas	TO	North
UGA92	Palmas	TO	North
UGA104	Lavras	MG	Southeast
UGA3	Lavras	MG	Southeast
UGA6	Lavras	MG	Southeast
UGA10	Lavras	MG	Southeast
UGA17	Lavras	MG	Southeast
UGA24	Lavras	MG	Southeast
UGA29	Lavras	MG	Southeast
UGA55	Lavras	MG	Southeast
UGA103	Lavras	MG	Southeast
UGA107	Lavras	MG	Southeast

---

**Table 1.2.** ISSR primers used in molecular analyses of sweet potato (*Ipomea batatas* L.) genotypes.

<b>Primer</b>	<b>repetition 5' – 3' <sup>a</sup></b>	<b>annealing temperature (°C)</b>
807	(AG) <sub>8</sub> T	52
808	(AG) <sub>8</sub> C	50
809	(AG) <sub>8</sub> G	55
810	(GA) <sub>8</sub> T	50
811	(GA) <sub>8</sub> C	53
815	(CT) <sub>8</sub> G	53
835	(AG) <sub>8</sub> YC	54
836	(AG) <sub>8</sub> YA	53
873	(GACA) <sub>4</sub>	50
878	(GGAT) <sub>4</sub>	54

<sup>a</sup> Y = C or T

**Table 1.3.** Parameters calculated for the 10 ISSR primers used in evaluating 40 genotypes of sweet potato from the Sweet Potato Germplasm Bank from Highlands (SPGBH) of the Paraná.

Primers	NTL	NML	NPL	% PLP	NUL	NRL	NSL	NSHL	PIC	EMR	MI	RP
807	12	1	11	91.67	0	0	7	4	0.38	11	4.14	6.18
808	8	0	8	100.00	0	0	2	6	0.45	8	3.63	6.18
809	9	3	6	66.67	0	0	6	0	0.26	6	1.54	1.88
810	7	1	6	85.71	0	2	3	1	0.21	6	1.28	1.64
811	5	3	2	40.00	0	1	1	0	0.20	2	0.39	0.44
815	6	1	5	83.33	2	0	2	1	0.29	5	1.42	1.10
835	7	2	5	71.43	0	0	1	4	0.45	5	2.25	3.82
836	11	2	9	81.82	0	1	2	6	0.39	9	3.48	5.70
873	8	1	7	87.50	0	0	1	6	0.44	7	3.10	5.02
878	8	0	8	100.00	1	1	3	3	0.35	8	2.78	3.24
<b>Total</b>	81	14	67	82.72	3	5	28	31	-	-	-	-
<b>Mean</b>	8.1	1.4	6.7	80.81	0.3	0.5	2.8	3.1	0.34	6.7	2.40	3.52

NTL - total number of loci; NML - number of monomorphic loci; NPL - number of polymorphic loci; % PLP - % of polymorphism; NUL - number of unique loci; NRL - number of rare loci; NSL - number of similar loci; NSHL - number of shared loci; PIC - polymorphic information content; EMR - effective multiplex ratio; MI - marker index; RP - resolving power.

**Table 1.4.** Results of principal component analysis (PCA) using data from 10 ISSR primers.

<b>Components</b>	<b>Eigenvalues</b>	<b>% of explained variance</b>	<b>% of cumulative explained variance</b>
1	16.04	40.10	40.10
2	5.56	13.89	53.99
3	3.14	7.86	61.85
4	2.32	5.80	67.66
5	1.91	4.78	72.44
6	1.38	3.45	75.89
7	1.27	3.17	79.07
8	1.15	2.86	81.94
9	1.03	2.58	84.52

#### 4. CAPÍTULO II: DIVERSIDADE GENÉTICA DE ACESSOS DE BATATA-DOCE DETERMINADA POR MEIO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS UTILIZANDO PROCEDIMENTOS MULTIVARIADOS

##### RESUMO

O Brasil é considerado centro de diversidade e dispersão da batata-doce conferindo a esse cultivo importância na alimentação humana e animal e, ultimamente, importância como potencial matéria-prima na produção de álcool. A batata-doce tem também grande relevância social por ser uma fonte de renda para a agricultura familiar em regiões de baixo índice de desenvolvimento humano, já que seu cultivo não depende de alta tecnologia. Nesse sentido, pesquisas tem buscado resguardar a diversidade genética da batata-doce, com a manutenção de bancos de germoplasma. A caracterização morfológica dos acessos nos bancos de germoplasma é a forma mais rápida e barata para quantificar a diversidade genética, evitando assim a manutenção de formas genômicas idênticas, o que dificulta e encarece a conservação dos bancos de germoplasmas além de não interessar aos programas de melhoramento da cultura. Com o objetivo de conhecer a diversidade genética de acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO, localizada na região Centro-Sul do Estado do Paraná, foram avaliados 40 acessos quanto a descritores da parte aérea e da raiz por meio de procedimentos multivariados. O experimento a campo foi realizado em blocos casualizados com 4 repetições e 40 tratamentos. Foram utilizados 13 descritores da parte aérea e 8 das raízes tuberosas. Foi realizada análise de componentes principais e agrupamento pelo método de Tocher. Os resultados da análise multivariada indicaram que foram extraídos 5 componentes principais da parte aérea e 3 de raiz, explicando 77,51% e 72,68% da variância acumulada, respectivamente. As informações obtidas da análise de componentes principais permitiram a identificação de descritores morfológicos mais discriminativos e informativos da divergência genética dos acessos, reduzindo o tempo relativo às análises. O agrupamento pelo método de Tocher baseou-se nos 21 descritores de parte aérea e raízes e agrupou os 40 acessos em 13 grupos, com o maior deles formado por 17 acessos, indicando que existe significativa diversidade entre os acessos avaliados. Os resultados obtidos indicam que existe variabilidade fenotípica entre os acessos de batata-doce com base nos descritores morfológicos da parte aérea e raízes tuberosas. Os procedimentos multivariados possibilitaram discriminar os descritores mais importantes, permitindo reduzir o tempo gasto com as caracterizações morfológicas e, otimizar assim, as condições de análise de divergência em germoplasmas de batata-doce.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* L.; divergência, análise multivariada, agrupamento.

##### ABSTRACT

##### **Genetic diversity of sweet potato genotypes determined by morphological descriptors using multivariate procedures**

Brazil is considered the center of diversity and dispersion of sweet potato giving importance to this crop in food and feed, and lately importance as a potential feedstock for ethanol production. Sweet potatoes also have great social relevance by being a source of income for family farmers in areas with low human development index, since its cultivation does not rely on high technology. Accordingly, research has sought to safeguard the genetic diversity of sweet potato, with the maintenance of germplasm banks. Morphological characterization of genotypes in genebanks is the quickest and cheapest way to quantify the genetic diversity, thus avoiding the maintenance of genomic identical forms, making it difficult and costly conservation of germplasm banks besides not interested in breeding programs culture. With the objective of understanding the genetic diversity of genotypes of sweet potato Germplasm

Bank of the State University Midwestern-UNICENTRO, located in South-Central region of the state of Paraná, 40 genotypes were evaluated as descriptors of shoot and root by means of multivariate procedures. The field experiment was conducted in randomized block design with four replications and 40 treatments. It was used 13 descriptors of shoots and roots of 8. We performed principal component analysis and clustering by Tocher method. The results of multivariate analysis indicated that five principal components were extracted from the shoot and root of 3, explaining 77.51% and 72.68% of the cumulative variance, respectively. Information obtained from principal component analysis allowed the identification of morphological traits most discriminative and informative genetic divergence of genotypes, reducing time on the analysis. The grouping Tocher method was based on 21 descriptors of shoots and roots and grouped the 40 genotypes into 13 groups, with the largest one formed by 17 genotypes, indicating that there is significant diversity among genotypes. The results indicate that there is phenotypic variation among genotypes of sweet potato based on morphological traits of shoots and roots. The multivariate procedures made it possible to discriminate the most important descriptors, reducing the time spent with the morphological characterizations and thus optimize the conditions for divergence analysis in sweet potato germplasm.

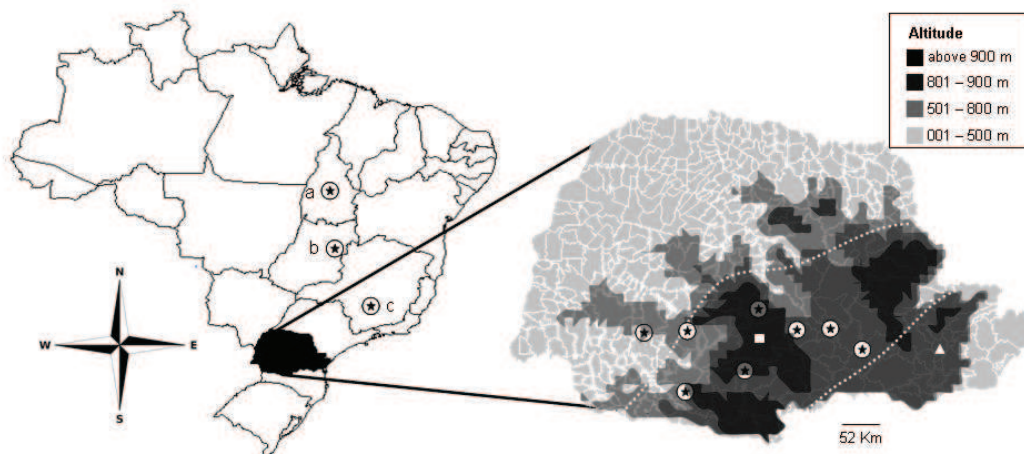
**Keywords:** *Ipomoea batatas* L.; divergence, multivariate analysis, cluster.

## INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), pertence a família *Convolvulaceae* e tem o Brasil como centro de diversidade e dispersão da espécie (Ritschel et al., 1998). No entanto, em estudos de revisão, poucos bancos de germoplasma são descritos pelo país, o que fica mais restrito ainda ao Sul do país, devido às condições climáticas. A fim de resguardar a diversidade genética da cultura, os bancos de germoplasma permitem a conservação *ex situ* da diversidade, em que uma amostra da variabilidade genética de determinada espécie é conservada em condições artificiais, fora do habitat original (Borém & Miranda, 2005).

Na região Sul do Brasil, Estado do Paraná, está localizado o segundo planalto em uma faixa que corta o estado do Norte ao Centro-Sul (Figura 2.1). Nessa região o relevo é muito irregular, com altitudes acima de 700 metros, o que garante à região um clima diferente de outras do mesmo estado. Nesse tipo de topografia predominam as grandes fazendas de gado, pela impossibilidade de mecanização e também a agricultura familiar, caracterizada pela tração animal. Essas características tornam a região agrícola carente de cultivos adaptados ao clima local e à mão-de-obra disponível. Além das diferenças de clima e topografia, a região Centro-Sul é a que tem um dos mais baixos IDHs (Índice de Desenvolvimento Humano) do Paraná. Nesse sentido, os pesquisadores da UNICENTRO, tem procurado identificar cultivos adequados ao contexto regional com destaque para a batata-doce, por requerer pouca tecnologia e utilizar mão-de-obra familiar. Acessos adaptados às condições locais, com boa

qualidade e excelente rendimento, podem auxiliar na melhoria das condições sócio-econômicas da população local.



**Figura 2.1.** Mapa dos locais de amostragem dos acessos de batata-doce que integram o Banco de Germoplasma da UNICENTRO. O quadrado indica o município de Guarapuava, onde o banco está sendo mantido; o triângulo indica a capital do Estado do Paraná, Curitiba e alinhia pontilhada demarca a região de elevada altitude do Estado.

Nesse contexto, a necessidade de um programa de melhoramento de batata-doce é evidente e, para iniciar um programa de melhoramento é essencial a obtenção de materiais que possuam boa adaptação à região de cultivo e com um nível conhecido de variabilidade genética. Assim, foi montado o Banco de Germoplasma de Batata-Doce da UNICENTRO.

A caracterização morfológica dos bancos de germoplasma é a forma mais acessível de se quantificar a diversidade genética e é bastante utilizada por diversos autores (Contreras et al., 1995; Ritschel et al., 1998; Mok & Schmiediche, 1999; Huamán et al., 1999; Oliveira et al., 2000; Daros et al., 2002; Ritschel & Huamán, 2002; Fabri, 2009).

Observa-se nessas caracterizações elevada variabilidade fenotípica entre os acessos da espécie, e também a ocorrência de duplicatas, o que pode encarecer e dificultar a manutenção dos bancos de germoplasma (Fabri, 2009).

A caracterização morfológica consiste em fornecer uma identidade para cada descritor por meio do conhecimento de uma série de dados que permitem estudar a variabilidade genética de cada amostra (Daros et al., 2002).

A informação obtida da análise multivariada, mais especificamente da análise de componente principais, permite a identificação dos descritores morfológicos mais discriminativos e informativos em estudos de caracterização morfológica, o que pode facilitar futuros estudos relacionados a morfologia da espécie *Ipomoea batatas* L., reduzindo e,

principalmente otimizando, o tempo relativo às análises. A análise de componentes principais é reconhecida como uma ferramenta para a identificação criteriosa de populações intraespecíficas (Santos et al., 2000), o que pode contribuir para o conhecimento de diferentes acessos de batata-doce.

Assim, com o objetivo de caracterizar os acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, foi determinada a divergência fenotípica utilizando marcadores morfológicos por meio de procedimentos multivariados e definidos os descritores morfológicos mais informativos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Montagem e manutenção do Banco de Germoplasma**

O Banco de Germoplasma de Batata-doce da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, UNICENTRO é mantido em casa de vegetação no Setor de Olericultura do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, no Campus Cedeteg, em Guarapuava no Paraná, sob as coordenadas geográficas 25°23'42'' latitude Sul, 51°27'28'' longitude Oeste e 1.120 m de altitude. O clima da região é do tipo Cfb, subtropical úmido mesotérmico, apresentando verões frescos, invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sem ocorrência de estação seca (Classificação de Köppen) e o solo é do tipo Latossolo Bruno Distroférrico (EMBRAPA, 2006).

Os acessos que compõem o Banco de Germoplasma de batata-doce da UNICENTRO foram obtidos por meio de coletas realizadas nas regiões Centro-Sul e Oeste do Paraná, nos municípios de Coronel Vivida, Guarapuava, Prudentópolis, Imbituva, Pinhão, Laranjeiras do Sul, Palmeira, Quedas do Iguaçu e Turvo (Figura 1). Todos os locais amostrados estão localizados acima de 700 metros do nível do mar, A área amostrada corresponde a cerca de 37 mil km<sup>2</sup> ou 18% do território do Estado do Paraná e, 60% da área acima de 700 metros de altitude do Estado.

Além dos acessos coletados, acessos comerciais conhecidos, como algumas cultivares da UFT (Universidade Federal do Tocantins), da Embrapa Hortaliças e acessos da UFLA (Universidade Federal de Lavras), compõe o Banco de Germoplasma da UNICENTRO, com mais de 120 acessos. Para esse experimento foram selecionados 40 acessos (Tabela 2.1) com base em ensaios de desempenho agrônomico. Os acessos do Banco de Germoplasma da UNICENTRO possuem uma codificação de 3 letras (UGA – Unicentro Guarapuava Agronomia) e 3 dígitos numéricos sequenciais.

### Avaliações morfológicas

Para as avaliações morfológicas foi instalado um experimento em vasos. As ramas foram plantadas em vasos com capacidade de 9 dm<sup>3</sup>, preenchidos com uma mistura de 50% de solo de subsuperfície e 50% de substrato Plantmax®. A adubação utilizada foi conforme recomendado por Silva et al. (2004) para a batata-doce. Os vasos foram suspensos sobre bancadas a 1,2 m de altura do solo, dentro de um túnel alto (estufa) de 34 m comprimento x 3 m altura x 9 m largura orientada no sentido leste-oeste, coberto com filme transparente de 150 micra de espessura. A irrigação dos vasos foi feita por meio de tubos gotejadores, com os orifícios espaçados de 30 cm. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 3 repetições.

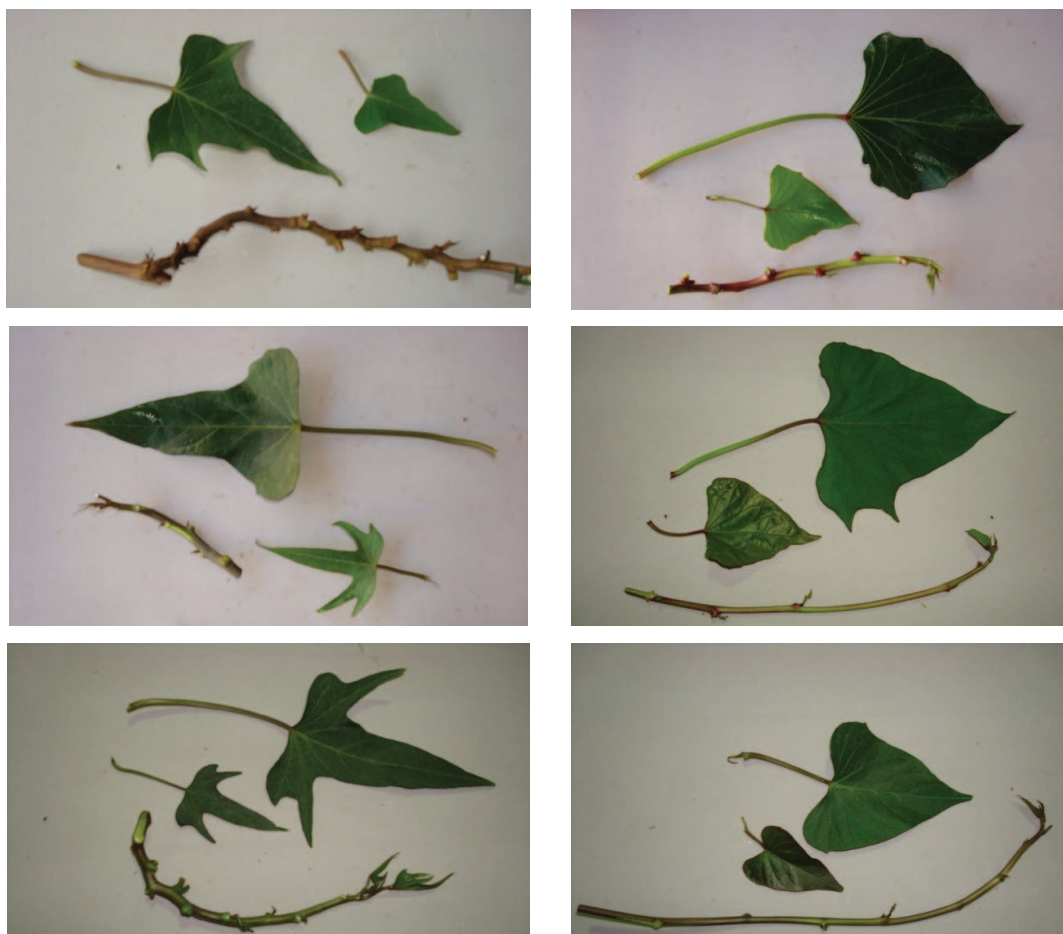
**Tabela 2.1.** Dados do local de coleta dos 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR, município de origem, estado e região brasileira.

<b>CÓDIGO BANCO DE</b>	<b>MUNICÍPIO DE</b>		
<b>GERMOPLASMA</b>	<b>ORIGEM</b>	<b>ESTADO</b>	<b>REGIÃO</b>
UGA 1	Laranjeiras do Sul	PR	Sul
UGA 5	Palmas (UFT)	TO	Norte
UGA 6	Lavras (UFLA)	MG	Sudeste
UGA 7	Palmas (UFT)	TO	Norte
UGA 8	Guarapuava	PR	Sul
UGA 11	Laranjeiras do Sul	PR	Sul
UGA 19	Coronel Vivida	PR	Sul
UGA 23	Pinhão	PR	Sul
UGA 30	Turvo	PR	Sul
UGA 39	Laranjeiras do Sul	PR	Sul
UGA 41	Palmeira	PR	Sul
UGA 43	Laranjeiras do Sul	PR	Sul
UGA 44	Pinhão	PR	Sul
UGA 45	Laranjeiras do Sul	PR	Sul
UGA 46	Turvo	PR	Sul
UGA 49	Laranjeiras do Sul	PR	Sul
UGA 51	Pinhão	PR	Sul
UGA 56	Pinhão	PR	Sul
UGA 59	Laranjeiras do Sul	PR	Sul

UGA 60	Imbituva	PR	Sul
UGA 64	Quedas do Iguaçu	PR	Sul
UGA 65	Pinhão	PR	Sul
UGA 66	Pinhão	PR	Sul
UGA 67	Imbituva	PR	Sul
UGA 71	Imbituva	PR	Sul
UGA 73	Imbituva	PR	Sul
UGA 75	Turvo	PR	Sul
UGA 77	Turvo	PR	Sul
UGA 79	Coronel Vivida	PR	Sul
UGA 80	Coronel Vivida	PR	Sul
UGA 81	Coronel Vivida	PR	Sul
UGA 82	Pinhão	PR	Sul
UGA 84	Coronel Vivida	PR	Sul
UGA 90	Guarapuava	PR	Sul
UGA 92	Brasília (CNPq)	DF	Centro-Oeste
UGA 94	Turvo	PR	Sul
UGA 95	Guarapuava	PR	Sul
UGA 97	Guarapuava	PR	Sul
UGA 100	Turvo	PR	Sul
UGA 110	Guarapuava	PR	Sul

---

As avaliações da parte aérea foram realizadas aproximadamente 133 dias após o plantio, com base nos descritores sugeridos por Huamán (1991) (Quadro 1.1), a qual consiste em tornar características qualitativas, como o formato ou a cor da folha em quantitativas com base em um sistema de atribuição de notas por caracteres. Cada acesso foi fotografado, com uma porção da rama, uma folha imatura e uma folha madura com pecíolo (Figura 2.2).



**Figura 2.2.** Diferentes características relacionadas à folha, pecíolo e rama de batata-doce. Guarapuava-PR, 2012.

Após a colheita, realizada 157 dias após o plantio, as raízes tuberosas foram escovadas para retirar o excesso de solo aderido e armazenadas por 3 dias até o momento das avaliações morfológicas no Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNICENTRO. Cada acesso foi fotografado, com uma raiz inteira e uma raiz cortada ao meio (Figura 2.3). Os descritores das raízes também foram escolhidos com base no trabalho de Huamán (1991), conforme apresentando no Quadro 1.2.



**Figura 2.3.** Diferentes características relacionadas à raiz tuberosa de batata-doce. Guarapuava-PR, 2012

Para a avaliação da divergência genética, foi realizada análise multivariada utilizando-se o método dos componentes principais (Statgraphic Plus 5.0) e os dados foram agrupados segundo método proposto por Tocher (Genes).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, observou-se variação entre todos os caracteres qualitativos, tanto da parte aérea quanto das raízes tuberosas (Quadros 1.1 e 1.2).

**Quadro 1.1.** Características utilizadas como descritores morfológicos de parte aérea de acessos de batata-doce, adaptado de Humán (1991). Guarapuava-PR, 2012.

CARACTERÍSTICA	VARIAÇÃO	ACESSOS (UGA)	%
Comprimento da haste	Ereta (<75 cm)	07, 73, 75, 90	10
	Semi-ereta (75-150 cm)	19, 45, 65, 92	10
	Dispersa (151-250 cm)	01, 06, 41, 43, 44, 49, 51, 59, 60, 66, 67, 71, 77, 82, 84, 64, 95, 100	45
	Muito dispersa (> 250 cm)	05, 08, 11, 23, 30, 39, 46, 56, 79, 80, 81, 94, 97, 110	35
Cor predominante da rama	Verde	01, 07, 08, 11, 30, 46, 51, 56, 71, 73, 79, 80, 81, 84, 94, 100, 110	42,5
	Verde com poucas manchas avermelhadas	23, 39, 41, 43, 45, 65, 75, 64, 92, 95	25
	Verde com muitas manchas	05, 06, 49, 59, 66, 90, 97	17,5

	Predominantemente vermelho	19, 60, 82	7,5
	Completamente vermelho escuro	67, 44	5
Cor secundária da rama	Ausente	01, 08, 11, 23, 30, 43, 44, 51, 67, 71, 79, 80, 84, 90, 94, 110	40
	Base verde	73, 19, 59	7,5
	Base avermelhada	49, 65, 75	7,5
	Nós avermelhados	05, 06, 07, 39, 41, 45, 46, 56, 60, 66, 77, 81, 82, 64, 92, 95, 97, 100	45
Formato da folha madura	Cordiforme	05, 41, 46, 49, 65, 71, 75, 77, 81, 82, 92, 95, 97, 110	35
	Triangular	01, 07, 08, 11, 19, 43, 44, 56, 66, 67, 79, 80, 64, 84, 94	37,5
	Lanceolada	06, 23, 30, 39, 45, 60, 73, 90, 100	22,5
	Lobulada	51, 59	5
Tipo de lóbulo	Sem lóbulo	75	2,5
	Muito suave	01, 05, 0,8, 11, 19, 41, 43, 46, 49, 56, 66, 67, 79, 81, 82, 84, 64, 95, 97, 110	50
	Suave	07, 30, 44, 59, 60, 65, 71, 80, 92, 94	22,5
	Moderado	06, 23, 39, 45, 73, 77, 100	17,5
	Profundo	51, 59, 90	7,5
Número de lóbulos	Não tem lóbulos laterais	01, 05, 07, 08, 11, 41, 43, 44, 46, 49, 56, 65, 66, 67, 75, 79, 80, 81, 64, 94, 95, 110	55
	Três lóbulos	06, 19, 30, 45, 59, 60, 71, 77, 82, 90, 92, 97	30
	Cinco lóbulos	23, 39, 51, 73, 84, 100	15
	Dentado	43, 56, 84, 110	10

Formato do lóbulos central	Triangular	01, 05, 07, 08, 11, 19, 30, 41, 44, 46, 60, 65, 66, 67, 79, 80, 81, 82, 64, 94, 95, 97	55
	Semi-circular	75	2,5
	Semi-elíptico	06, 49, 71, 77, 90	12,5
	Lanceolado	23, 39, 45, 51, 59, 73, 90, 100	20
Tamanho da folha madura	Pequena (<8 cm)	90	2,5
	Média (8-15 cm)	01, 05, 06, 07, 08, 11, 19, 23, 30, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 49, 51, 59, 60, 66, 67, 71, 73, 75, 77, 79, 80, 82, 84, 64, 92, 94, 95, 110	85
	Grande (16-25 cm)	56, 65, 81, 97, 100	12,5
Pigmentação das nervuras	Amarelo	23, 56, 80, 81	10
	Verde	30, 43, 65, 71, 73, 90, 94, 97	20
	Manchas vermelhas na base	01, 08, 11, 45, 49, 77	15
	Manchas vermelhas em várias nervuras	84	2,5
	Nervura principal avermelhada	51, 66	7,5
	Todas as nervuras parcialmente vermelhas	19, 46, 59, 75, 79, 95	15
	Todas as nervuras totalmente vermelhas	05, 06, 07, 39, 41, 60, 67, 82, 64, 92, 100	27,5
	Superfície inferior e nervuras totalmente vermelhas	44	2,5
Cor da folha madura	Amarelo-esverdeado	73, 84	10
	Verde	01, 05, 07, 08, 11, 19, 23, 30, 41, 43, 46, 49, 51, 56, 60, 65, 66, 71, 75, 77, 79, 80, 81, 82, 64, 90, 92, 94, 95, 97, 100, 10	80
	Verde com pontas avermelhadas	06, 45	5
	Verde superior e roxo no verso	44, 67	5
	Amarela-esverdeada	07, 08, 19, 23, 49, 51, 60, 65, 66, 71, 90, 92, 94	32,5
	Verde	01, 30, 43, 80, 84	12,5

Cor da folha imatura	Verde com pontas avermelhadas	06, 45, 59, 73, 75, 77, 82, 97, 100	22,5
	Verde com veias roxas	11, 46	5
	Roxa suave	39, 67, 81, 110	10
	Predominantemente roxa	44	2,5
	Verde superior e roxa no verso	79	2,5
	Roxa em ambas as faces	05, 41, 56, 64, 95	12,5
Comprimento do pecíolo	Muito curto (<10 cm)	90, 92	5
	Curto (10-20 cm)	05, 41, 44, 49, 51, 56, 66, 77, 80, 84, 94, 95, 97, 110	35
	Intermediário (21-30 cm)	01, 06, 08, 11, 19, 23, 30, 43, 45, 46, 59, 60, 71, 73, 79, 81, 82, 64	47,5
	Longo (31-40 cm)	07, 65, 67, 75, 100	12,5
Pigmentação do pecíolo	Verde	23, 30, 56, 65, 71, 90, 94, 97	20
	Verde com roxo na inserção da folha	01, 05, 08, 11, 41, 43, 46, 49, 51, 66, 73, 77, 79, 80, 81, 84, 110	42,5
	Verde com roxo nas inserções	45, 64, 95, 100	10
	Verde com manchas roxas	39	2,5
	Verde com listas roxas	06, 07, 75, 92	10
	Roxa com verde na inserção da folha	19	2,5
	Alguns pecíolos roxos, outros verdes	60, 82	5
	Completamente roxo	44, 59, 67	7,5

**Quadro 1.2.** Características utilizadas como descritores morfológicos de raízes tuberosas de acessos de batata-doce, adaptado de Humán (1991). Guarapuava, 2012.

CARACTERÍSTICA	VARIAÇÃO	ACESSOS (UGA)	%
Formato	Redondo-elíptico	19, 71, 82, 75, 92	12,5
	Elíptico	60, 06, 77, 97, 110, 07, 90	17,5
	Obovado	30	2,5
	Oblongo alongado	73, 08, 67, 11, 46, 05, 43, 49, 51	22,5
	Longo elíptico	64, 01, 45, 95, 39, 94, 80, 41, 56, 65	25

	Longo irregular ou curvado	59, 23, 66, 79, 81, 84, 44, 100	20
Defeitos na superfície da raiz tuberosa	Ausente	64, 59, 19, 73, 08, 67, 11, 46, 45, 81, 71, 30, 05, 49, 44, 41, 97, 110, 75, 07, 92	52,5
	Veias	01, 39, 43, 80	10
	Constrições horizontais rasas	66, 60, 95, 79, 94, 90, 82, 56	20
	Constrições horizontais profundas	51	2,5
	Dobras longitudinais rasas	23, 06, 84, 77, 65	12,5
	Dobras longitudinais profundas	100	2,5
Cor predominante da pele da raiz tuberosa	Branco	64, 79	5
	Creme	59, 66, 67, 46, 95, 71, 30, 05, 49, 41, 51	27,5
	Amarelo	44, 75	5
	Alaranjado	19, 60	5
	Laranja-amarronzado	73, 94, 110	7,5
	Rosado	08, 11, 81, 90, 82, 56, 07, 92	25
	Roxo escuro	01, 23, 06, 39, 84, 43, 80, 77, 97, 100	25
Intensidade da cor da pele da raiz tuberosa	Pálido	64, 59, 19, 73, 08, 01, 11, 46, 81, 71, 05, 80, 41, 82, 56, 110, 07	42,5
	Intermediário	66, 67, 60, 23, 95, 79, 94, 30, 43, 49, 44, 51, 97, 65, 75, 92	40
	Escuro	06, 45, 39, 84, 77, 100, 90	17,5
Cor predominante da polpa da raiz tuberosa	Branco	64, 45, 95, 71, 30, 41, 51, 56, 110, 65, 00	27,5
	Creme claro	59, 73, 66, 08, 67, 11, 23, 46, 81, 05, 49, 44, 75, 92	37,5
	Creme escuro	01, 43, 80, 77, 82, 07	15
	Amarelo claro	19, 94, 97	7,5
	Alaranjado intermediário	60	2,5

	Fortemente arroxeadado	06, 39, 84, 100	10
Cor secundária da polpa da raiz tuberosa	Ausente	73, 08, 01, 11, 46, 45, 95, 30, 41, 51, 56, 110, 65, 75, 07	37,5
	Branco	06, 39, 100	7,5
	Creme	64, 59, 66, 67, 60, 79, 81, 84, 71, 05, 90, 80, 92	37,5
	Amarelo	43	2,5
	Alaranjado	19, 11, 94, 77, 82, 97	15
Distribuição da cor secundária da polpa da raiz tuberosa	Ausente	73, 08, 01, 11, 46, 45, 95, 30, 41, 51, 56, 110, 65, 75, 07	37,5
	Anel próximo da casca	64, 66, 79, 81, 71, 05, 90, 80, 49, 44, 92, 90	27,5
	Anel largo próximo da casca	59, 67, 60, 06, 39, 43, 100	17,5
	Manchas esparsas concentradas	23, 94, 84, 77, 82, 97	15
	Anel e outras manchas na polpa	19	2,5

No que diz respeito às características morfológicas de parte aérea (Quadro 1.1), o comprimento da haste (CH) foi na sua maioria disperso (45%) variando de 151 a 250 cm ou muito disperso (35%) com comprimento maior que 250 cm.

A cor predominante da rama (CPR) foi uma característica que teve 42,5% de cor verde (Quadro 1.1), seguido por 25% deles de cor verde com poucas manchas avermelhadas. Já a cor secundária das ramas (CSR) teve um comportamento diferenciado, quando notou-se que 45% dos nós eram avermelhados e 40% não apresentaram cor secundária.

O formato da folha madura, que é uma das características morfológicas que visualmente mais distinguem os acessos, dividiu-os em quatro grupos (Quadro 1.1), lobulados (5%), lanceolados (22,5%), cordiformes (35%) e triangulares (37,5%).

Das 6 classes de tipo de lóbulo (TL), os acessos avaliados no presente trabalho enquadraram-se em quatro delas (Quadro 1.1). A maior porcentagem (50%) apresentou lóbulo muito suave, seguido por 22,5% com lóbulo suave, 17,5% com lóbulo moderado e 7,5% com lóbulo profundo. As folhas apresentaram 1 (55%), 3 (30%) ou 5 (15%) lóbulos (NL). O formato do lóbulo central (FLC) foi na sua maioria (55%) triangular.

A cor da folha imatura (CFI) teve acessos em todas as classes, com exceção da cor verde-acinzentado (Quadro 1.1). Assim, os acessos se dividiram em 32,5% de cor amarelo-

esverdeada, 22,5% de cor verde com pontas avermelhadas, 12,5% de cor verde, 12,5% de cor roxa em ambas as faces, 10% de cor roxa suave, 5% de cor verde com veias roxas, 2,5% de cor predominantemente roxa e 2,5% de cor verde superior e roxo no verso.

O tamanho da folha madura (TFM) também é um indicativo importante de diferenciação entre os acessos. As avaliações indicaram que os acessos avaliados eram predominantemente (85%) de tamanho médio (Quadro 1.1). A cor da folha madura (CFM) também teve predominância de uma classe, 80% de cor verde (Quadro 1.1).

A pigmentação das nervuras (PN) foi a característica que teve a maior variação entre as classes (Quadro 1.1), 27,5% com todas as nervuras totalmente vermelhas, 20% verde, 15% com manchas na base, 15% com todas as nervuras parcialmente vermelhas, 10% amarelas, 7,5% com a nervura principal avermelhada, 2,5% com manchas vermelhas em várias nervuras e 2,5% com a superfície inferior e nervuras totalmente vermelhas.

Quanto ao pecíolo, os acessos avaliados tiveram o comprimento (CP) variando de muito curto (5%) a longo (12,5%), com a maioria dos acessos nas classes intermediário (47,5%) e curto (35%) (Quadro 1.1). A pigmentação dos pecíolos (PP) foi bastante dividida nas classes, tendo a maior parte dos acessos (42,5%) cor verde e roxo na inserção da folha.

Na avaliação das raízes, o formato (F) foi bastante diverso, com 25% dos acessos longo elíptico, 22,5% oblongo alongado, 20% longo irregular ou curvado, 17,5% elíptico, 12,5% redondo elíptico e 2,5% obovado (Quadro 1.2).

Os defeitos na superfície das raízes foram predominantemente (52,5%) ausentes, porém, 20% dos acessos apresentaram constrições horizontais rasas, 12,5% dobras longitudinais rasas e 10% veias (Quadro 1.2).

No que diz respeito a cor da pele, pode-se afirmar que a cor predominante (CPP) foi creme (27,5%), seguida de rosado (25%) e roxo escuro (25%). A intensidade da cor (ICP) foi 42,5% pálida, 40% intermediária e 17,5% escura (Quadro 1.2).

A cor predominante da polpa (CPPO) foi dividida em 37,5% creme claro, 27,5% branco, 15% creme escuro, 10% fortemente arroxado, 7,5% amarelo claro e 2,5% alaranjado intermediário (Quadro 1.2). A cor secundária da polpa (CSPO) teve 37,5% dos acessos na coloração creme e 37,5% sem coloração secundária (Quadro 1.2). Já a distribuição dessa cor secundária foi 37,5% ausente, 27,5% com anel próximo da casca, 17,5% com anel largo próximo da casca, 15% com manchas esparsas concentradas e 2,5% com anel e outras manchas na polpa (Quadro 1.2).

Na Tabela 2.2 são apresentadas as estimativas de autovalores com base na análise de componentes principais das características morfológicas da parte aérea e das raízes, dos 40 acessos de batata-doce avaliados no presente trabalho. Foram extraídos cinco componentes principais da parte aérea, que explicam 77,51% da variabilidade existente morfológicamente no grupo estudado. Na análise das raízes, três componentes principais foram extraídos, explicando 72,68% da variância acumulada.

Para seleção dos componentes principais, utilizou-se o critério estabelecido por Kaiser (1960), que indica que o valor dos autovalores deve ser superior a unidade. Diversos autores (Jolliffe, 1972; López & Hidalgo, 1994; Ferreira, 1996; Jolliffe, 2002; Rencher, 2002; Timm, 2002; Härdle & Simar, 2003) recomendam mais de 70% da variância total acumulada para as primeiras componentes principais, o que corrobora com os resultados aqui obtidos para os descritores de parte aérea e raiz.

Comparativamente, Cavalcante et al. (2008) obtiveram a extração de 8 componentes principais para a parte aérea de 11 clones de batata-doce, sendo que os três primeiros explicaram 77,08% da variância e 6 componentes principais para as raízes, com os dois primeiros explicando 72,13% da variação observada. Outros autores trabalhando com taro (Pereira et al., 2004), quiabeiro (Martinello et al., 2002), mandioca (Vidigal et al., 1997) e inhame (Melo Filho et al., 2000) conseguiram explicar a variabilidade existente nos três primeiros componentes principais dos grupos estudados com 82,57%, 76,69%, 95,11% e 89,12%, respectivamente, comprovando haver variação nos estudos de variabilidade genética de diferentes espécies.

**Tabela 2.2.** Autovalores e variância acumulada (%) dos componentes principais extraídos de descritores morfológicos da parte aérea e raiz de 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO,PR. Guarapuava-PR, 2012.

COMPONENTES PRINCIPAIS	Autovalor	Variância acumulada	Autovalor	Variância acumulada
	PARTE AÉREA		RAIZ	
1	3,19	24,56	3,05	38,13
2	2,99	47,60	1,56	57,60
3	1,58	59,80	1,20	72,68
4	1,19	69,00		
5	1,10	77,51		

Os valores dos autovetores indicam, em módulo, a ordem de importância e a contribuição dos descritores morfológicos para a variabilidade do grupo estudado (Tabela

2.3). Assim, com relação aos descritores da parte aérea, pode-se afirmar que para o primeiro componente (Y1), os descritores mais discriminativos são o formato do lóbulo central (FLC), o tipo de lóbulo (TL), a pigmentação do pecíolo (PP), o número de lóbulos (NL), o formato da folha madura (FFM), a cor predominante da rama (CPR), o comprimento da haste (CH), a pigmentação das nervuras (PN), a cor da folha madura (CFM), o tamanho da folha madura (TFM), a cor da folha imatura (CFI), o comprimento do pecíolo (CP) e a cor secundária da rama (CSR). Quanto a ordem de importância dos descritores no segundo componente principal (Y2), pode-se observar que existe mudança na ordem da contribuição, o que também foi observado por Rocha et al. (2007) quando caracterizaram morfologicamente espécies de trapoeraba utilizando a análise multivariada.

Contrariamente aos resultados obtidos no presente trabalho, Oliveira et al. (2000) determinaram que as características que mais contribuíram para a divergência genética de 51 introduções de batata-doce foram a pigmentação primária da rama principal, a cor da folha madura e a cor da folha imatura.

O primeiro componente principal (Y1) extraído das raízes, apresentou a seguinte ordem de importância, de acordo com os valores dos autovetores: cor predominante da polpa (CPO), distribuição da cor secundária (DCS), defeitos na superfície (DS), intensidade da cor da pele (I), cor predominante da pele (CPP), cor secundária da polpa (CSPO), cor secundária da pele (CSP) e formato (F). Novamente foi observada uma outra distribuição na ordem de importância dos descritores da raiz para o segundo componente principal. Segundo Cruz & Regazzi (2001), a menor importância de determinadas características se deve ao aspecto de redundância ou invariância do processo de discriminação de acessos em estudos de divergência genética por descritores morfológicos.

Assim como no presente trabalho, Oliveira et al. (2000) também determinaram para a característica cor secundária da polpa, um dos maiores valores de contribuição relativa para a divergência genética de 51 introduções de batata-doce (35,79%).

A informação obtida da análise de componente principais permite a identificação dos descritores morfológicos mais discriminativos e informativos em estudos de caracterização morfológica, o que pode facilitar futuros estudos relacionados a morfologia da espécie *Ipomoea batatas* L., reduzindo e, principalmente otimizando, o tempo relativo às análises. A técnica é reconhecida como uma ferramenta para identificação criteriosa de populações intraespecíficas (Santos et al., 2000), contribuindo para o conhecimento de diferentes acessos de batata-doce.

**Tabela 2.3.** Autovetores obtidos para os dois primeiros componentes principais de acordo com os descritores morfológicos avaliados da parte aérea e raiz de 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR e ordenação dos descritores quanto ao seu poder discriminatório indicada entre parênteses. Guarapuava-PR, 2012.

Descritor	PARTE AÉREA		Descritor	RAIZ	
	Y1	Y2		Y1	Y2
CFI	-0,144254 (11)	0,3515 (3)	CPP	0,376626 (5)	-0,015009 (7)
CFM	0,24293 (9)	0,333631 (5)	CPO	0,442078 (1)	-0,112686 (8)
CH	-0,290237 (7)	0,0778632 (12)	CSP	-0,206558 (7)	0,15808 (6)
CP	0,13579 (12)	0,0879261 (11)	CSPO	0,341466 (6)	0,526746 (1)
CPR	0,292191 (6)	0,338034 (4)	DCS	0,423859 (2)	0,465706 (3)
CSR	0,120015 (13)	0,172146 (9)	DS	0,405943 (3)	-0,336609 (4)
FFM	0,296683 (5)	-0,094779 (10)	F	-0,038245 (8)	-0,490083 (2)
FLC	0,379133 (1)	-0,318093 (8)	I	0,39692 (4)	-0,303239 (5)
NL	0,311187 (4)	-0,330958 (6)			
PN	0,280504 (8)	0,383985 (1)			
PP	0,368776 (3)	0,364495 (2)			
TFM	-0,192004 (10)	0,0483481 (13)			
TL	0,370914 (2)	-0,324198 (7)			

CFI: cor da folha imatura; CFM: cor da folha madura; CH: comprimento da haste; CP: comprimento do pecíolo; CPR: cor predominante da rama; CSR: cor secundária da rama; FFM: formato da folha madura; FLC: formato do lóbulo central; NL: número de lóbulos; PN: pigmentação das nervuras; PP: pigmentação do pecíolo; TFM: tamanho da folha madura; TL: tipo de lóbulo; CPP: cor predominante da pele; CPO: cor predominante da polpa; CS: cor secundária da pele; CSPO: cor secundária da polpa; DCS: distribuição da cor secundária; DS: defeitos na superfície; F: formato; I: intensidade.

O agrupamento utilizado para identificação dos grupos, foi o método proposto por Tocher, com base nos 21 descritores morfológicos da parte aérea e raiz. Houve a formação de 13 grupos, sendo que o maior deles foi formado por 17 acessos, um segundo grupo foi formado por 4 acessos, 3 grupos tiveram 3 acessos, 2 grupos com 2 acessos e 6 grupos com apenas um acesso cada (Tabela 2.4). As distâncias médias intragrupos foram semelhantes para os grupos 1, 2, 4, 5, 6 e 7, variando de 0,5028 a 0,5714, o que indica pequena diversidade dentro desses grupos. O grupo 3 teve a menor média intragrupos, que foi de 0,4286 e os grupos 6 e 7, as maiores médias, de 0,5714 para ambos. A partir do grupo 8 as distâncias médias intragrupos foram nulas devido a presença de apenas um acesso por grupo. As maiores distâncias intergrupos foram observadas para os grupos 11 e 1 (0,9524), 11 e 2 (0,881) e, 12 e 2 (0,881). As menores distâncias intergrupos foram entre os grupos 12 e 4, 8 e 2, 13 e 3, 10 e

1 e, 12 e 1 com o valor 0,619. Esses resultados indicam que existe significativa divergência entre os acessos avaliados e ainda, que espera-se encontrar alto grau de similaridade entre os acessos pertencentes ao mesmo grupo.

**Tabela 2.4.** Agrupamento estabelecido pelo método de Tocher entre 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR, avaliados por 21 descritores morfológicos da parte aérea e raiz. Guarapuava-PR, 2012.

GRUPOS	ACESSOS
I	UGA 8, UGA 11, UGA 46, UGA 1, UGA 81, UGA 5, UGA 41, UGA 86, UGA 79, UGA 66, UGA 49, UGA 95, UGA 80, UGA 110, UGA 30, UGA 71, UGA 51
II	UGA 6, UGA 77, UGA 100, UGA 39
III	UGA 94, UGA 97, UGA 23
IV	UGA 60, UGA 82, UGA 19
V	UGA 7, UGA 65, UGA 75
VI	UGA 44, UGA 67
VII	UGA 43, UGA 84
VIII	UGA 59
IX	UGA 73
X	UGA 90
XI	UGA 56
XII	UGA 45
XIII	UGA 92

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem inferir que existe variabilidade fenotípica entre os acessos de batata-doce com base nos descritores morfológicos da parte aérea e raiz, criando dados que podem subsidiar programas de melhoramento genético da espécie. Os procedimentos multivariados possibilitam discriminar os descritores mais informativos, reduzindo o tempo gasto com as caracterizações morfológicas e otimizando assim, as condições de análise de divergência em germoplasmas de batata-doce.

## REFERÊNCIAS

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. (Ed.) **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

CAVALCANTE, M.; FERREIRA, P.V.; PAIXÃO, S.L.; MADALENA, J.A.S.; PEREIRA, R.G. Caracterização e divergência genética da batata-doce por meio de marcadores morfológicos. **Revista Caatinga**, 21: 89-95, 2008.

CONTRERAS, J.; AUSTIN, D.F.; PUENTE, F.; DIAZ, J. Biodiversity of sweetpotato (*Ipomoea batatas*, Convolvulaceae) in Southern Mexico. **Economic Botany**, 49: 286-296, 1995.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Imprensa Universitária. 2001. 585 p.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, T.N.S.; LEAL, N.R.; FREITAS, S.P.; SEDIYAMA, T. Caracterização morfológica de acessos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, 20: 43-47, 2002.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FABRI, E.G. **Diversidade genética entre acessos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam) avaliada através de marcadores microsatélites e descritores morfoagronômicos**. Piracicaba: ESALQ, 2009, 172 p. (Tese de doutorado)

FERREIRA, D.F. **Análise Multivariada**. Lavras-MG. 1996.

HÄRDLE, W.; SIMAR, L. Applied **Multivariate Statistical Analysis**. Berlin: MD Tech. 2003. 488 p.

HUAMÁN, Z. **Descriptors for sweet potato**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1991.

HUAMÁN, Z.; AGUILAR, C.; ORTIZ, R. Selecting a Peruvian sweetpotato core collection on the base of morphological, eco-geographical and disease and pest reaction data. **Theoretical and Applied Genetica**, 98: 840-844, 1999.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: artificial data. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C.** v.21, n.2, p. 160-173. 1972.

JOLLIFFE, I.T. **Principal Component Analysis**. 2 ed. New York, Springer-Verlag, 2002.

KAISER, H.F. **The application of electronic computers to factor analysis. Educational and Psychological Measurement**. Thousand Oaks, 20: 141-151, 1960.

LÓPEZ, J.A.; HIDALGO, M.D. Análisis de componentes principales y análisis factorial. In: ATO, M.; LÓPEZ, J.J.(eds). **Fundamentos de estadística com Systat**. Addison Wesley Ibero-American. 1994, p.457-503.

MARTINELLO, G.E.; LEAL, N.R.; JÚNIOR, A.T.A.; PEREIRA, M.G.; DAHER, R.F. Divergência genética em acessos de quiabeiro com base em marcadores morfológicos. **Horticultura Brasileira**, 20: 52-58, 2002.

MELO FILHO, P.A.; SANTOS, R.C.; MAFRA, R.C.; SANTOS, J.W.; ANUNCIACÃO FILHO, C.J. Classificação de germoplasma de *Dioscorea* sp. Através da análise das componentes principais. **Ciência Rural**, 30: 619-623, 2000.

MOK, I.G.; SCHMIEDICHE, P. Collecting characterizing and maintaining sweet potato germplasm in Indonesia. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 118: 12-18, 1999.

OLIVEIRA, A.C.B. de; SEDIYAMA, M.A.N.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D. Avaliação da divergência genética em batata-doce por procedimentos multivariados. **Acta Scientiarum**. 22: 895-900, 2000.

PEREIRA, F.H.F.; PUIATTI, M.; MIRANDA, G.V.; SILVA, D.J.H.; FINGER, F.L. Divergência genética entre acessos de taro. **Horticultura Brasileira**, 22: 55-60, 2004.

RENCHER, A.C. **Methods of Multivariate Analysis**. New York: Willey-Interscience. 2002. 740 p.

RITSCHER, P.S.; THOMAZELLI, L.F.; HUAMÁN, Z. **Caracterização morfológica de germoplasma de batata-doce mantida pela EPAGRI**. Brasília; CNPH, 1998.

RITSCHER, P.S.; HUAMÁN, Z. Variabilidade morfológica da coleção de germoplasma de batata-doce da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37: 485-492, 2002.

ROCHA, D.C.; RODELLA, R.A.; MARTINS, D. Caracterização morfológica de espécies de trapoeraba (*Commelina* spp.) utilizando a análise multivariada. **Planta Daninha**, 25: 671-678, 2007.

SANTOS, R.C.; MOREIRA, J.A.N.; DUARTE, J.M. Variabilidade isoenzimática entre linhagens de amendoim resistentes à seca. **Ciência Rural**, 30: 269-274, 2000.

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata-doce**. Sistemas de Produção, 6, 2004. EMBRAPA HORTALIÇAS (Versão eletrônica).

TIMM, N.H. **Applied multivariate analysis**. New York: Springer-Verlag, 2002. 720 p.

VIDIGAL, M.C.G.; VIDIGAL FILHO, P.S.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; BRACCINI, A.L. Divergência genética entre cultivares de mandioca por meio de estatística multivariada. **Bragantia**, 56: 263-267, 1997.

## 5. CAPÍTULO III: DESEMPENHO PRODUTIVO DE ACESSOS DE BATATA-DOCE EM REGIÃO DE ELEVADA ALTITUDE

### RESUMO

A batata-doce, muito cultivada em pequenas propriedades por agricultores familiares, é conhecida como uma cultura de subsistência, mas nos últimos anos novas aptidões além da alimentação humana e animal, vêm ganhando destaque, como é o caso da produção de biocombustíveis. Com o objetivo de conhecer o desempenho produtivo dos acessos de batata-doce pertencentes ao Banco de Germoplasma da UNICENTRO, localizada na região Centro-Sul do Estado do Paraná, o trabalho avaliou a produtividade, produção comercial, massa média das raízes, além de produção de massa fresca e seca da parte aérea das plantas. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com 3 repetições, 40 tratamentos (acessos) e 6 plantas úteis por parcela. A produtividade variou de 3,14 a 94,12 t ha<sup>-1</sup>, a produção comercial de 1,88 a 23,14 t ha<sup>-1</sup> e a massa média das raízes ficou entre 131 g e 892 g. A massa fresca da parte aérea, característica relevante para a alimentação animal, variou de 7,50 a 149,83 t ha<sup>-1</sup>. O teor de massa seca da parte aérea variou de 15,61% a 26,86%. Considerando o desempenho produtivo dos acessos avaliados e a média de produtividade do Estado do Paraná, pode-se inferir que a maioria dos acessos avaliados no presente trabalho teve um desempenho promissor para cultivo na região Centro-Sul do Estado do Paraná e boa adaptabilidade, com destaque para os acessos UGA 77, UGA 49, UGA 30, UGA 7, UGA 8, UGA 71, UGA 49, UGA 65 e UGA 30. Quanto aos teores de massa fresca e seca da parte aérea, os resultados indicam que ramas e folhas podem ser fornecidas na alimentação animal, seja na forma fresca ou silagem, agregando valor proteico à dieta.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Ipomoea batatas* L., características agrônômicas, alimentação animal, ramas.

### PRODUCTIVE PERFORMANCE OF SWEET POTATO ACCESSES IN REGION OF HIGH ALTITUDE

#### ABSTRACT

Sweet potatoes, grown on very small farms by family farmers, is known as a subsistence crop, but in recent years has been gaining new uses beyond food and feed, which is the production of biofuels. In order to meet the productive potential of sweet potato accesses of the Germplasm Bank of UNICENTRO in regions of high altitude, this study evaluated productivity, commercial production, the average mass of roots, besides the production of fresh and dry of the shoots. A randomized complete block design was used with three replications, 40 treatments (accesses) and six plants per plot. The productivity of accesses ranged from 3.14 to 94.12 t ha<sup>-1</sup>, commercial production from 1.88 to 23.14 t ha<sup>-1</sup> and the average mass of roots was between 131 g and 892 g. The fresh mass of branches, a feature relevant to the feed ranged from 7.50 to 149.83 t ha<sup>-1</sup>. The dry mass of branches ranged from 15.61% to 26.86%. Considering the productive performance of accesses and the average productivity of the State of Paraná, one can infer that most of the accesses used in this work is promising for crop production potential in the regions of high altitude, as well as Southern Center Parana State, especially for genotypes UGA 77, UGA 49, UGA 30, UGA 7, UGA 8, UGA 71, UGA 49, UGA 65 e UGA 30. Regarding the yields of fresh and dry shoot, the results indicate that branches and leaves can be supplied in the feed, either fresh or as silage, adding value to the protein diet.

**KEYWORDS:** *Ipomoea batatas* L., characteristics agronomics, animal feed, branches.

### **Introdução**

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma cultura antiga, relativamente bem disseminada em todos os estados brasileiros e cultivada principalmente por pequenos produtores (Souza, 2000). Uma hortaliça tipicamente tropical e subtropical, rústica, de fácil cultivo, boa resistência à seca e ampla adaptação, além de ser considerada uma cultura alimentícia de grande valor por ser fonte de calorias e apresentar alto conteúdo de vitaminas e minerais. Apresenta custo de produção relativamente baixo, com investimentos mínimos e de retorno elevado (Silva et al., 2004).

Segundo a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (2011) a batata-doce é a sexta hortaliça mais cultivada no Brasil com uma área de cultivo estimada em 43.789 hectares e uma produção anual de 544.820 toneladas. A cultura da batata-doce é de grande repercussão socioeconômica para a Região Sul que é responsável por 50,44% da safra nacional, seguida pelo Nordeste (33,6%) e pelo Sudeste (15,16%) (Castro et al., 2009).

Santa Catarina é o estado produtor do Sul do país com maior rendimento médio, de 17,92 t ha<sup>-1</sup>, seguido pelo Paraná (17,71 t ha<sup>-1</sup>) e Rio Grande do Sul (12,97 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2011).

As hortaliças de pequena escala, como a batata-doce, geralmente são cultivadas com pouco uso de tecnologia, pequenos investimentos na produção e sem orientação profissional, o que acaba gerando um produto de baixa qualidade e produtividade (Silva et al., 2004) sofrendo restrições na comercialização, com redução do preço pago.

Para obtenção de produtividades mais elevadas e um melhor aproveitamento da cultura da batata-doce são necessários estudos de adaptação de acessos ou clones nas condições regionais de cultivo, a fim de subsidiar os programas de melhoramento.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo determinar o desempenho produtivo de acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR localizada na região Centro-Sul do Estado do Paraná.

### **Material e Métodos**

O Banco de Germoplasma de Batata-doce da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO é mantido no Setor de Olericultura do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, no Campus Cedeteg, em Guarapuava, PR, sob as coordenadas geográficas 25°23'42'' S de latitude, 51°29'43'' W de longitude e 1.120 m de altitude. O clima da região é do tipo Cfb, subtropical úmido mesotérmico, apresentando verões frescos, invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sem ocorrência de estação seca (Classificação de Köppen). A precipitação média anual é de 1953 mm (Thomaz & Vestena, 2003) e o solo é do tipo Latossolo Bruno Distroférico (EMBRAPA, 2006).

O material vegetal que compõem o Banco de Germoplasma de batata-doce da UNICENTRO é constituído de 116 acessos provenientes de coletas realizadas nas regiões Centro-Sul, Oeste e Norte do Paraná, além de materiais comerciais conhecidos, como algumas cultivares da Universidade Federal do Tocantins, da Embrapa Hortaliças e da Universidade Federal de Lavras. Os acessos do Banco de Germoplasma possuem um código de 3 letras (UGA-Unicentro Guarapuava Agronomia) e 3 dígitos numéricos seqüenciais. Para esse trabalho foram escolhidos 40 acessos para todas as avaliações realizadas.

Os acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma são mantidos em casa de vegetação, plantados em vasos de 4 dm<sup>3</sup>, preenchidos com 50% de terra de subsuperfície e 50% de substrato Plantmax<sup>®</sup>. A irrigação foi realizada por gotejamento, uma vez por dia, durante 25 minutos no verão e durante 15 minutos no inverno. O controle fitossanitário é

realizado quando necessário. A adubação dos vasos foi realizada com 50 g do fertilizante 04-14-08 a cada 60 dias conforme recomendado por Silva et al. (2004).

O experimento a campo foi instalado em blocos casualizados, com 3 repetições e 40 tratamentos (acessos), sendo que 2 desses tratamentos tratam-se das cultivares que fazem parte do Banco de Germoplasma da Universidade Federal do Tocantins/UFT (Júlia e Lívia). As ramas utilizadas foram obtidas das plantas matrizes do Banco de Germoplasma.

O solo foi preparado por meio de aração e gradagem e as leiras foram levantadas lado a lado, espaçadas em 0,8 m, com auxílio de um sulcador/enleirador tipo bico de pato. Não houve necessidade de calagem no solo. As parcelas apresentavam área útil de 2,0 m<sup>2</sup>, com plantas espaçadas aproximadamente em 0,3 m.

As ramas foram plantadas em bandejas de 50 células no dia 29 de outubro de 2011 utilizando as porções intermediária e superior das estruturas vegetativas da planta de batata-doce com aproximadamente 3 entrenós. No dia 25 de novembro de 2011 as mudas foram transplantadas para o campo. Foram utilizadas 6 mudas por parcela de cada acesso avaliado, sendo que todas as plantas foram consideradas úteis para as avaliações.

A irrigação utilizada no campo foi do tipo aspersão, sendo realizada uma vez por dia durante 30 minutos no primeiro mês após o plantio ou quando necessário, pois o regime pluviométrico nesse período foi bastante intenso. A adubação de base foi 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K (Silva et al., 2004) e a adubação de reposição foi realizada aos 60 dias após o plantio, com 50 g parcela<sup>-1</sup> do fertilizante 04-14-08. O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais até os 45 dias, quando após esse período, as plantas cobriram os canteiros e não foi mais necessário o controle de plantas daninhas. Não foram realizadas pulverizações com inseticidas ou fungicidas, pois não existem produtos registrados para a cultura.

A colheita, tanto da parte aérea quanto das raízes, foi realizada no dia 30 de abril de 2012, 157 dias após o plantio em campo. A parte aérea (ramas, folhas e pecíolos) foi cortada rente ao solo e pesada em balança digital.

No presente trabalho foram avaliadas as seguintes características agronômicas: produtividade das raízes (expressa em  $t\ ha^{-1}$ ), sendo consideradas todas as raízes colhidas das parcelas; produção comercial (expressa em  $t\ ha^{-1}$ ), sendo consideradas apenas as raízes com massa entre 250 e 700 g; massa média das raízes (expressa em g), obtida da razão entre a massa total das raízes pelo número de raízes tuberosas; produção de massa fresca da parte aérea (expressa em  $t\ ha^{-1}$ ), obtida pela pesagem da parte aérea das plantas de toda a parcela, incluindo ramas, folhas e pecíolos; porcentagem de massa seca da parte aérea (expressa em porcentagem), obtida pela secagem de 100 gramas de parte aérea (folhas, pecíolo e ramas) a  $70^{\circ}C$  por 72 horas ou até peso constante.

Os resultados obtidos foram analisados pelo software SISVAR, versão 4.0 (Ferreira, 2000). A análise de variância indicou a significância dos resultados e as médias foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott ( $p>0,05$ ). Os dados de produtividade, produção comercial e produção de massa fresca da parte aérea foram transformados pela equação  $\sqrt{y+1}$ .

### **Resultados e Discussão**

A análise de variância mostrou que todas as características avaliadas apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade.

A produtividade das raízes dos acessos avaliados variou de  $3,14\ t\ ha^{-1}$  (UGA 90) a  $94,12\ t\ ha^{-1}$  (UGA 77), sendo que os acessos foram separados em cinco grupos por meio do teste de média (Tabela 3.1). O acesso UGA 77 foi o mais produtivo, diferindo significativamente de todos os outros acessos. Mais de 92% dos acessos avaliados no presente trabalho foram mais produtivos que as cultivares comerciais da EMBRAPA (Brazlândia Roxa e Brazlândia Rosada). Em experimento realizado por Roesler et al. (2008) na cidade de

Marechal Cândido Rondon, PR, quando as mesmas atingiram 8,04 e 6,76 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Daros & Amaral Júnior (2000) avaliaram a adaptabilidade de 14 acessos de batata-doce provenientes do Banco de Germoplasma do CCTA-UENF e de olericultores do município, nas condições de Campos dos Goytacazes, RJ e encontraram produtividades que variaram de 3,4 t ha<sup>-1</sup> (Paraíba) a 17,39 t ha<sup>-1</sup> (Roxinha), provando que independente do local de cultivo, as médias de produtividade variam grandemente.

Os baixos valores de produtividade dos acessos UGA 92, UGA 6, UGA 51, UGA 84 e UGA 90 podem indicar que os mesmos tiveram pouca adaptabilidade na região de estudo.

Os expressivos resultados de produtividade encontrados no presente trabalho com as cultivares da UFT – Universidade Federal do Tocantins (UGA 5 e UGA 7) já eram esperados, pois as cultivares foram desenvolvidas visando elevados rendimentos por hectare. A cultivar Júlia, por exemplo, atingiu 40,56 t ha<sup>-1</sup> nas condições de cultivo do Tocantins e Livia, uma média de 36,40 t ha<sup>-1</sup> em experimentos durante cinco anos naquele estado (Silveira et al., 2007).

A produção comercial dos acessos de batata-doce variou de 23,14 t ha<sup>-1</sup> (UGA 30) a 1,88 t ha<sup>-1</sup> (UGA 84) (Tabela 3.1), sendo que o acesso UGA 90 não produziu nenhuma raiz considerada comercial. De acordo com Azevedo et al. (2000), a massa média comercial pode ser definida conforme a preferência dos autores ou do mercado consumidor. Os acessos foram agrupados em quatro grupos quanto a produção comercial, sendo que o grupo dos acessos com maior produção teve cinco representantes, UGA 30, UGA 7, UGA 77, UGA 71 e UGA 49, diferindo significativamente dos demais. Cardoso et al. (2005) determinaram em 16 clones de batata-doce em Vitória da Conquista, BA uma produção comercial que variou de 2,9 a 21,3 t ha<sup>-1</sup> e Gonçalves Neto et al. (2011) em Lavras, MG obtiveram produção de raízes comerciais de 39 acessos variando de 1,03 a 51,35 t ha<sup>-1</sup>, valores próximos aos obtidos no presente estudo.

A massa média das raízes agrupou os acessos em três classes (Tabela 3.1) e variou de 131,00g (UGA 84) a 892,00g (UGA 11). Essa é uma variável bastante específica de cada acesso e está associada à característica genética. Santos et al. (2005) determinaram massa média de raízes da cultivar Rainha Branca em Lagoa Seca, PB que variou de 120,41 g a 225,89, a variação dos valores foi menor, porém há que se considerar que se trata da mesma cultivar. Azevedo et al. (2000) encontraram uma média de 186,60 g para 14 clones de batata-doce em Lavras e Souza (2000) em Ponta Grossa, PR, uma variação de 72,8 a 139,2 g para sete introduções de batata-doce.

A produção de massa fresca da parte aérea variou de 7,50 t ha<sup>-1</sup> (UGA 90) a 149,83 t ha<sup>-1</sup> (UGA 79) (Tabela 3.1), sendo que os acessos foram agrupados em 4 grupos. Destaque para os acessos UGA 43, UGA 100, UGA 64, UGA 46, UGA 5, UGA 41 e UGA 79, que produziram massa fresca da parte aérea maior que 100 t ha<sup>-1</sup>. Outros autores obtiveram valores bem inferiores para a produtividade de fitomassa da parte aérea, Cavalcante et al. (2009) determinaram de 2,83 a 5,83 t ha<sup>-1</sup> para 9 clones e 2 variedades de batata-doce no Estado de Alagoas e Cardoso et al. (2005) encontraram para a massa de ramas de 16 clones de batata-doce em Vitória da Conquista, BA uma variação de 1,4 a 14,1 t ha<sup>-1</sup>. Viana et al. (2011) avaliaram a produtividade de matéria verde de duas cultivares comerciais (Brazlândia Rosada e Princesa) e de seis clones aos 120, 150 e 180 dias após a colheita e concluíram que para obtenção de maiores produtividade de matéria verde, as ramas devem ser colhidas até os 150 dias após o plantio, o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo, onde as ramas foram colhidas aos 157 dias após o plantio.

A massa seca da parte aérea dos acessos de batata-doce variou entre 15,61% (UGA 73) a 26,86% (UGA 90), sendo observado que UGA 90 diferiu significativamente de todos os demais acessos com o maior teor (Tabela 3.1). Esses valores corroboram com aqueles determinados por Monteiro et al. (2007) em 19 clones de batata-doce, que variaram de

15,95% a 26,31% e são maiores que aqueles encontrados por Viana et al. (2011) em duas cultivares comerciais e seis clones de batata-doce em Diamantina, MG que colhidos aos 150 dias após o plantio tiveram teor variando de 10,70% a 13,46%.

Se considerado um teor médio de proteína bruta de 11,4% na matéria seca das ramas de batata-doce (Massaroto, 2008), os resultados estimados indicam o potencial da cultura, pois os valores se assemelham aos teores de proteína de outros alimentos utilizados na alimentação animal, como o farelo de arroz (13,2%), milho (8,26%) e sorgo baixo tanino (9,2%) (Rostagno et al., 2005).

Essas características, massa fresca e seca da parte aérea e teor de proteína bruta, são importantes na alimentação animal, pois as ramas frescas podem ser oferecidas a aves e peixes na forma de forragem verde e para ruminantes, nas formas de forragem verde e silagem, além das ramas secas poderem ser incorporadas à ração. É conhecido o alto teor protéico das ramas de batata-doce, além de serem fonte de amido, açúcares e vitaminas, considerando que são de fácil obtenção pelos produtores (Monteiro et al., 2007). Freitas et al. (2006) consideram que para haver uma produção de silagem de boa qualidade, o teor de massa seca deve estar dentro da faixa de 25 a 30%, nesse caso, pode-se inferir que o acesso UGA 90 tem excelente potencial para silagem.

### **Conclusões**

De maneira geral, a maioria dos acessos avaliados demonstrou boa adaptabilidade e produtividade para a região Centro-Sul do Estado do Paraná. Considerando a média de produtividade do Paraná, que é de 17,71 t ha<sup>-1</sup>, pode-se afirmar que 35 acessos avaliados são promissores no que diz respeito à produtividade de raízes, com destaque para os acessos UGA 77, UGA 49, UGA 30, UGA 7, UGA 8, UGA 71, UGA 49, UGA 65 e UGA 30. Quanto aos teores de massa fresca e seca da parte aérea, os resultados indicam que ramas e folhas podem

ser fornecidas na alimentação animal, seja na forma fresca ou silagem, agregando valor proteico à dieta.

### **Literatura Citada**

Azevedo, S.M.; Freitas, J.A.; Maluf, W.R.; Silveira, M.A.

2000 Desempenho de clones e método de plantio de batata-doce. *Acta Scientiarum*, 22: 901-905.

Cardoso, A.D.; Viana, A.E.S.; Ramos, P.A.S.; Matsumoto, S.N.; Amaral, C.L.F.; Sedyama, T.; Morais, O.M.

2005 Avaliação de batata-doce em Vitória da Conquista. *Horticultura Brasileira*, 23: 911-914.

Castro, L.A.S.

2007 Sistema de produção da batata-doce. *Sistemas de Produção*, 10. Embrapa Clima Temperado (Versão eletrônica).

Castro, L.A.S.; Treptow, R.O.; Campos, A.D.; Choer, E.; Thürmer, L.

2009 Acessos de batata-doce do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Clima Temperado recomendados para mesa e processamento industrial. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 26 p. (Documentos 289 - Embrapa Clima Temperado).

Cavalcante, M.; Ferreira, P.V.; Paixão, S.L.; Costa, J.G. da; Pereira, R.G.; Madalena, J.A.S.

2009 Potenciais produtivo e genético de clones de batata-doce. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31: 421-426.

Daros, M.; Amaral Júnior, A.T.

2000 Adaptabilidade e estabilidade de produção de *Ipomoea batatas*. *Acta Scientiarum Agronomy*, 11: 911-917.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

2006 Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 306 p.

Ferreira, D..F.

2000 Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In...45ª Reunião, Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos/SP, p.255-258.

Freitas, A.W.P.; Pereira, J.C.; Rocha, F.C.; Costa, M.G.; Leonel, F.P.; Ribeiro, M.D.

2006 Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35: 38-47

Gonçalves Neto, A.C.; Maluf, W.R.; Gomes, L.A.A.; Gonçalves, R.J.S.; Silva, V.F.; Lasmar, A.

2011 Aptidões de acessos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46: 1513-1520.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

2011 Produção Agrícola Municipal – culturas temporárias e permanentes. v. 38.

Monteiro, A.B.; Massaroto, J.A.; Gasparino, C.F.; Silva, R.R.; Gomes, L.A.A.; Maluf, W.R.; Filho, J.C.S.

2007 Silagens de acessos e clones de batata-doce para alimentação animal visando sustentabilidade da produção agrícola familiar. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2: 978-981.

Roesler, P.V.S.; Gomes, S.D.; Moro, E.; Kummer, A.C.B.; Cereda, M.P.

2008 Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. *Acta Scientiarum Agronomy*, 30: 117-122.

Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Donzele, J.L.

2005 Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 186 p.

Silva, J.B.C.; Lopes, C.A.; Magalhães, J.S.

2004 Cultura da batata-doce. *Sistemas de Produção*, 6. EMBRAPA HORTALIÇAS (Versão eletrônica).

Silveira, M.A.; André, C.M.; Alvim, T.C.; Dias, L.E.; Tavares, I.B.; Santana, W.R.; Souza, F.R.

2007 A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol. Palmas: UFT, 45 p.

Souza, A.B.

2000 Avaliação de cultivares de batata-doce quanto a atributos agrônômicos desejáveis. *Ciência e Agrotecnologia*, 24: 841-845.

Thomaz E.L.; Vestena, L.R.

2003 Aspectos climáticos de Guarapuava – PR. Guarapuava: UNICENTRO, 106 p.

Viana, D.J.S.; Andrade Júnior, V.C.; Ribeiro, K.G.; Pinto, N.A.V.D.; Neiva, I.P.; Figueiredo, J.A.; Lemos, V.T.; Pedrosa, C.E.; Azevedo, A.M.

2011 Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. *Ciência Rural*, 41: 1466-1471.

**Tabela 3.1.** Valores médios de produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), produção comercial ( $t\ ha^{-1}$ ), massa média de raízes (g), massa fresca de parte aérea ( $t\ ha^{-1}$ ) e massa seca de parte aérea (%) de 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO em regiões de elevada altitude. Guarapuava-PR, 2012.

ACESSOS	ORIGEM	ESTADO	PRODUTIVIDADE ( $t\ ha^{-1}$ )	PRODUÇÃO COMERCIAL ( $t\ ha^{-1}$ )	MASSA		MASSA		MASSA	
					MÉDIA (g)	FRESCA	SECA PARTE	PARTE AÉREA	ÁREA (%)	
UGA 77	Turvo	PR	94,12a <sup>*1</sup>	18,95a	466,00b	85,94b	20,06c			
UGA 49	Laranjeiras do Sul	PR	64,92b	15,03a	635,00a	66,54b	17,66d			
UGA 7 – Lívia	Palmas	TO	63,23b	21,68a	377,00b	72,15b	17,11d			
UGA 8	Guarapuava	PR	63,02b	13,29b	648,00a	72,27b	20,38c			
UGA 11	Laranjeiras do Sul	PR	61,51b	8,19c	890,00a	97,74b	16,79d			
UGA 71	Imbituva	PR	58,06b	18,35a	250,00c	51,86c	23,05b			
UGA 59	Laranjeiras do Sul	PR	54,82b	6,84c	447,00b	88,08b	18,14d			
UGA 73	Imbituva	PR	49,82b	10,04b	436,00b	52,88c	15,61d			
UGA 65	Pinhão	PR	49,72b	12,40b	628,00a	99,22b	17,19d			
UGA 80	Coronel Vivida	PR	47,88b	9,22c	287,00c	82,32b	18,60d			
UGA 30	Turvo	PR	46,42b	23,14a	271,00c	61,22c	17,87d			
UGA 5 – Júlia	Palmas	TO	42,06c	10,62b	308,00c	129,68a	19,39c			
UGA 45	Laranjeiras do Sul	PR	40,35c	9,02c	236,00c	55,58c	19,93c			

UGA 110	Sul	Guarapuava	PR	40,12c	10,76b	567,00a	86,40b	17,06d
UGA 81		Coronel	PR	38,14c	12,87b	390,00b	78,86b	18,54d
		Vivida						
UGA 97		Guarapuava	PR	37,56c	6,98c	515,00b	54,11c	10,45c
UGA 56		Pinhão	PR	34,39c	4,90c	468,00b	59,80c	17,07d
UGA 43		Laranjeiras do	PR	33,29c	9,44b	282,00c	100,23b	19,88c
		Sul						
UGA 66		Pinhão	PR	33,28c	10,06b	308,00c	41,19c	20,09c
UGA 19		Coronel	PR	32,52c	12,02b	187,00c	47,54c	20,27c
		Vivida						
UGA 67		Imbituva	PR	31,64c	11,58b	293,00c	50,81c	18,33d
UGA 1		Laranjeiras do	PR	31,16c	6,79c	296,00c	77,72b	17,85d
		Sul						
UGA 46		Turvo	PR	30,29c	5,86c	440,00b	129,64a	18,07d
UGA 23		Pinhão	PR	29,34c	7,98c	349,00c	46,35c	17,36d
UGA 79		Coronel	PR	28,91c	8,66c	272,00c	149,83a	17,80d
		Vivida						
UGA 75		Turvo	PR	27,97c	7,64c	180,00c	45,59c	19,55c
UGA 60		Imbituva	PR	27,45c	9,70b	225,00c	55,13c	19,90c
UGA 82		Pinhão	PR	27,04c	6,13c	282,00c	52,23c	21,10c
UGA 100		Turvo	PR	24,98c	4,98c	263,00c	109,09a	19,97c
UGA 41		Palmeira	PR	22,22d	4,84c	227,00c	141,69a	17,73d

UGA 95	Guarapuava	PR	21,79d	7,40c	176,00c	94,81b	17,67d
UGA 64	Pinhão	PR	21,78d	4,40c	254,00c	116,89a	18,79d
UGA 94	Turvo	PR	21,52d	4,29c	307,00c	39,93c	23,01b
UGA 44	Pinhão	PR	19,24d	6,16c	182,00c	69,86b	17,83d
UGA 39	Laranjeiras do Sul	PR	18,54d	6,26c	279,00c	89,13b	20,10c
UGA 92 – Palmas	Lavras	MG	9,79e	5,21c	177,00c	21,72d	21,45c
UGA 6	Lavras	MG	8,88e	2,97d	240,00c	88,00b	20,75c
UGA 51	Pinhão	PR	7,36e	5,55c	221,00c	41,47c	19,05d
UGA 84	Coronel Vivida	PR	3,73e	1,88d	131,00c	25,70d	20,11c
UGA 90	Guarapuava	PR	3,14e	0,00	196,00c	7,50d	26,87a
<b>MÉDIA</b>			35,05	9,05	342,59	73,42	19,19
<b>CV(%)</b>			28,61	23,67	18,61	15,99	12,02

\*1 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ( $p>0,05$ ).

## 6. CAPÍTULO IV: DETERMINAÇÃO DE ATRIBUTOS DE INTERESSE ALIMENTÍCIO EM ACESSOS DE BATATA-DOCE DO BANCO DE GERMOPLASMA DA UNICENTRO

### RESUMO

A batata-doce é uma planta rica em carboidratos e altamente energética, por isso é considerada ótima fonte de suprimento alimentar para populações em áreas de pobreza. Sua composição físico-química varia com a cultivar, as condições climáticas, época e estágio de colheita, duração e condições de armazenamento. Por isso é importante caracterizar as raízes tuberosas de diferentes acessos de batata-doce para determinar seu potencial alimentício. Características como cor, textura, massa seca, teor de amido e rendimento de amido por hectare fornecem informações para indicar a melhor finalidade para cada acesso, além de subsidiar os programas de melhoramento genético. O objetivo do trabalho foi caracterizar 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR quanto ao teor de massa seca, amido, cor, textura e estimar o rendimento de amido por hectare de cada acesso avaliado. Houve diferença significativa entre os materiais para todas as características avaliadas. Destaque para os acessos UGA 80 e UGA 1, que tiveram altos valores de textura, indicando maior durabilidade pós-colheita e, os maiores valores de massa seca, 36,46 e 36,37% respectivamente. Quanto ao teor de amido, pode-se destacar os acessos UGA 19 (39,73%), UGA 73 (40,32%), UGA 43 (41,83%), UGA 39 (41,91%), UGA 8 (42,08%); quanto ao rendimento de amido por hectare, destacaram-se os acessos UGA 7 (17,06 t ha<sup>-1</sup>), UGA 8 (19,10 t ha<sup>-1</sup>), UGA 11 (15,37 t ha<sup>-1</sup>), UGA 49 (19,42 t ha<sup>-1</sup>), UGA 59 (16,16 t ha<sup>-1</sup>), UGA 65 (16,38 t ha<sup>-1</sup>), UGA 71 (15,75 t ha<sup>-1</sup>), UGA 73 (13,93 t ha<sup>-1</sup>), UGA 77 (21,97 t ha<sup>-1</sup>) e UGA 80 (17,46 t ha<sup>-1</sup>). Com base nos dados obtidos pode-se afirmar que os acessos avaliados tem potencial para utilização na indústria alimentícia e consumo *in natura*.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* L., biomassa, raízes tuberosas, cor, rendimento de amido.

### ABSTRACT

#### DETERMINATION OF ATTRIBUTES OF INTEREST IN FOOD OF A SWEET POTATO GERMOPLASM BANK FROM UNICENTRO

The sweet potato is a plant rich in carbohydrates and high energy, so it is considered good source of food supply to populations in areas of poverty. Its physical and chemical composition varies with the cultivar, climatic conditions, time and harvest stage, duration and conditions of storage. Therefore it is important to characterize the tuberous roots of different accesses of sweet potato to determine their nutritional potential. Features such as color, texture, dry matter, starch content and starch yield per hectare provide better information to indicate the purpose for each genotype, in addition to supporting the breeding programs. The objective of this work was to evaluate 40 accesses of Germplasm Bank of UNICENTRO the content of dry matter, starch, color, texture and estimate the yield of starch per hectare. There were significant differences between materials for all traits. Highlight for accesses UGA 80 and UGA 1, which had high texture values indicating greater postharvest longevity and the highest values of dry matter, 36.46 and 36.37% respectively. As the starch content, may be mentioned accesses UGA 19 (39.73%), UGA 73 (40.32%), UGA 43 (41.83%), UGA 39 (41.91%), 8 UGA (42.08%) on the yield of starch per hectare, stood accesses UGA 7 (17.06 t ha<sup>-1</sup>), UGA 8 (19.10 t ha<sup>-1</sup>), UGA 11 (15.37 t ha<sup>-1</sup>), UGA 49 (19.42 t ha<sup>-1</sup>), UGA 59 (16.16 t ha<sup>-1</sup>), UGA 65 (16.38 t ha<sup>-1</sup>), UGA 71 (15.75 t ha<sup>-1</sup>), UGA 73 (13.93 t ha<sup>-1</sup>), UGA 77 (21.97 t ha<sup>-1</sup>) and UGA 80 (17.46 t ha<sup>-1</sup>).

<sup>1</sup>), UGA 8 (19.10 t ha<sup>-1</sup>), UGA 11 (15.37 t ha<sup>-1</sup>), UGA 49 (19.42 t ha<sup>-1</sup>), UGA 59 (16.16 t ha<sup>-1</sup>), UGA 65 (16.38 t ha<sup>-1</sup>), UGA 71 (15.75 t ha<sup>-1</sup>), UGA 73 (13.93 t ha<sup>-1</sup>), UGA 77 (21.97 t ha<sup>-1</sup>) and UGA 80 (17.46 t ha<sup>-1</sup>). Based on the data obtained it can be stated that the accesses have potential for use in the food industry and fresh consumption.

**Keywords:** *Ipomoea batatas* L., biomass, tuberous roots, colour, yield starch.

## INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) possui relevante expressão econômica, estando em quinto lugar entre os cultivos de maior produção dentre os países em desenvolvimento, perdendo apenas para o arroz, trigo, milho e mandioca (Silveira, 2007). No Brasil, a região Sul é responsável por 50,44% da produção nacional de batata-doce, seguida pelo Nordeste, com 33,60% e pelo Sudeste com 15,16% (Suito de Castro *et al.*, 2009). Além da importância econômica, a batata-doce é fonte de suprimento alimentar para populações em áreas de pobreza, por ser rica em carboidratos e altamente energética. No Peru, a farinha da polpa de batata-doce e as folhas são usadas na fabricação de multimisturas visando o combate à desnutrição infantil.

A batata-doce apresenta elevado teor de massa seca, carboidratos, fibras, vitaminas A, C e do complexo B, além de minerais como o cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, enxofre e sódio (Soares *et al.*, 2002). Sua composição físico-química varia com a cultivar, as condições climáticas, época e estágio de colheita, duração e condições de armazenamento (Fabri, 2009).

A cor da polpa da batata-doce é mais um tema de estudo, dentre tantos dessa espécie. Mais comumente são encontrados acessos com polpa que variam do branco, creme, amarelo até roxo. E mais recentemente alguns Institutos de Pesquisa tem trabalhado no desenvolvimento de acessos de polpa alaranjada, atendendo ao apelo nutricional, pois segundo a EMBRAPA (2010) ela tem 10 vezes mais pró-vitamina A do que as outras. As pesquisas estão mais intensificadas em regiões onde se tem maior histórico de deficiência de vitamina A. O conhecimento da cor e sua intensidade pode auxiliar os produtores rurais no momento de direcionar sua produção, seja para consumo in natura seja para a indústria. No caso dos acessos para a indústria de doces, por exemplo, a exigência é que a polpa seja roxa.

O amido que é a principal substância de reserva da batata-doce é utilizado em sua grande parte pela indústria alimentícia, mas o polímero também pode ser usado em processos industriais pelas indústrias químicas e têxteis (Leonel & Cereda, 2002). O

elevado teor de açúcares redutores da batata-doce também a torna uma matéria-prima excelente para a produção de hidrolisados e fermentados.

Ainda no que diz respeito à caracterização físico-química da batata-doce, pode-se afirmar que a determinação da textura é um importante fator relacionado à conservação e a vida de prateleira das raízes tuberosas.

Além da utilização na alimentação humana, cabe ressaltar que a batata-doce pode ser utilizada na alimentação animal, sendo oferecida a ruminantes, aves e peixes na forma de raízes, ramas ou silagem. E mais recente vem se discutindo muito a utilização da raiz tuberosa para produção de álcool, que pode ser usado como biocombustível ou álcool fino para as indústrias alimentícias, farmacêuticas e químicas.

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi caracterizar 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR quanto ao teor de massa seca, amido, cor, textura e estimar o rendimento de amido por hectare de cada acesso avaliado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O Banco de Germoplasma de Batata-doce da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO é mantido no Setor de Olericultura do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, no Campus Cedeteg, em Guarapuava no Paraná, sob as coordenadas geográficas 25°23'42''S de latitude, 51°27'28''W de longitude e 1.120 m de altitude. O clima da região é do tipo Cfb, subtropical úmido mesotérmico, apresentando verões frescos, invernos com ocorrência de geadas severas e freqüentes, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sem ocorrência de estação seca (Classificação de Köppen). A precipitação média anual é de 1953 mm e o solo é do tipo Latossolo Bruno Distroférrico (EMBRAPA, 2006).

O material vegetal que compõem o Banco de Germoplasma de batata-doce da UNICENTRO é composto de 116 acessos resultantes de coletas realizadas nas regiões Centro-Sul, Oeste e Norte do Paraná, além de materiais comerciais conhecidos, como algumas cultivares da UFT, da Embrapa e da UFLA. Os acessos do Banco de Germoplasma possuem uma codificação de 3 letras (UGA – Unicentro Guarapuava Agronomia) e 3 dígitos numéricos sequenciais. Para esse experimento foram selecionados 40 acessos com base em ensaios anteriores de desempenho agrônômico.

O experimento a campo foi instalado em blocos casualizados, com três repetições e 40 tratamentos (acessos), sendo que dois desses acessos tratam-se das cultivares que fazem parte do Banco de Germoplasma da Universidade Federal do

Tocantins/UFT (Júlia e Livia) e um deles da EMBRAPA Hortaliças (Palmas). As ramas utilizadas foram obtidas das plantas matrizes do Banco de Germoplasma.

As mudas foram obtidas a partir de ramas plantadas em bandejas de 50 células no dia 29 de outubro de 2011 utilizando as porções intermediária e superior das estruturas vegetativas da planta de batata-doce com aproximadamente 3 entrenós. No dia 25 de novembro de 2011 as mudas foram transplantadas para o campo. Foram utilizadas 6 mudas por parcela de cada acesso avaliado, sendo que todas as plantas foram consideradas úteis para as avaliações.

O solo foi preparado por meio de aração e gradagem e as leiras foram levantadas lado a lado, espaçadas em 0,8 m, com auxílio de um sulcador/enleirador tipo bico de pato. Não houve necessidade de calagem no solo. As parcelas apresentavam área útil de 2,0 m<sup>2</sup>, com plantas espaçadas aproximadamente em 0,3 m.

A irrigação utilizada no campo foi do tipo aspersão, sendo realizada uma vez por dia durante 30 minutos no primeiro mês após o plantio ou quando necessário, pois o regime pluviométrico nesse período foi bastante intenso. A adubação de base foi 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K (SILVA *et al.*, 2004) e a adubação de reposição foi realizada aos 60 dias após o plantio, com 50 g parcela<sup>-1</sup> do fertilizante 04-14-08. O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais até os 45 dias, quando após esse período, as plantas cobriram os canteiros e não foi mais necessário o controle de plantas daninhas. Não foram realizadas pulverizações com inseticidas ou fungicidas.

A colheita das raízes foi realizada no dia 30/04/2012, 157 dias após o plantio em campo. Após a colheita, as raízes foram encaminhadas até o Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNICENTRO em sacos de rafia devidamente identificados. As raízes foram lavadas para retirar o excesso de solo e secas a temperatura ambiente. As amostras foram trituradas em multiprocessador de alimentos do tipo doméstico e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C durante 48 horas ou até peso constante. Em seguida, as amostras secas foram moídas em moinho de facas e armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados até o momento das análises químicas.

As características avaliadas nas raízes foram: cor, determinada em 3 raízes por parcela com 3 leituras em porções diferentes da raiz, por medida direta em colorímetro marca Minolta modelo CR-400, avaliando as variáveis L\*a\*b (expressa em média das leituras de cada variável); textura, determinada em 3 raízes por parcela com 2 medidas

por raiz, em texturômetro Instrutherm modelo DD200, ponteira de 8 mm (expressa em kgf); teor de massa seca das raízes, determinado por secagem em estufa de aproximadamente 100 gramas de raízes raladas a 70°C por 48 horas ou até peso constante (expressa em porcentagem); teor de amido, determinado pelo método titulométrico de Eynon-Lane (1934) (expresso em porcentagem de amido). De posse dos resultados dos teores de amido e de produtividade de cada acesso, estimou-se a produção em toneladas de amido por hectare, por meio da multiplicação entre a quantidade de amido por tonelada de matéria-prima seca e a produtividade de cada acesso avaliado (expresso em  $t\ ha^{-1}$ ).

Os resultados obtidos foram analisados pelo software SISVAR, versão 4.0. A análise de variância indicou a significância dos resultados e as médias foram comparadas pelo Teste de Skott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Os dados de rendimento de amido por hectare foram transformados pela equação  $\sqrt{y}$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de variância permitiu identificar diferenças significativas entre os acessos avaliados para todas as características físico-químicas.

Dos 40 materiais avaliados visualmente no momento do preparo das análises, 60% apresentaram coloração da polpa na cor creme e suas variações – claro a escuro, 17,5% possuía cor de polpa amarela e suas variações – clara a com veias laranja, 20% tinham coloração de polpa laranja, 7,5% coloração roxa escura e 5% possuía coloração de polpa branca. Quanto à cor da casca, 11 acessos apresentaram coloração roxa e suas variações, 14 acessos coloração creme e suas variações e 15 acessos coloração rosa e suas variações.

Na análise de cor realizada por meio do colorímetro, pôde-se observar que os dados corroboram com a determinação de cor visual, quando acessos com polpas branca, amarela e creme apresentaram o valor de “L” (luminosidade/brilho) variando de 79,02 a 84,49, acessos com polpa laranja apresentaram valor de “L” variando de 71,46 a 75,82 e os acessos de polpa roxa variando de 22,18 a 23,36. Segundo Giese (2000), quanto mais perto de zero for o valor de “L”, a tonalidade no espaço de cor  $L^*a^*b$  se aproxima do preto e quanto mais perto de 100 for o valor de “L” a tonalidade se aproxima do branco (Tabela 4.1).

Quanto aos valores de “a”, pode-se afirmar que quanto mais negativo for o valor de “a”, mais perto da coloração verde estará o acesso no espaço de cor  $L^*a^*b$  e quanto mais positivo for “a”, mais perto da coloração vermelha estará. Assim, aqueles acessos

de coloração de polpa branca, amarela e creme, tiveram valores de “a” entre -1,31 e -5,46, enquanto os de polpa laranja tiveram valores que variaram de 8,73 a 17,90. Já os acessos de polpa roxa, apresentaram valores de “a” entre 16,56 e 18,03.

Pode-se afirmar que dos 40 acessos avaliados, alguns apresentaram maior valor nutricional, sendo representados pelos de polpa amarela e laranja, que são mais ricas em betacaroteno do que aqueles de polpa branca e creme (Gonçalves Neto *et al.*, 2011).

O valor de “b” localiza o acesso no espaço de cor L\*a\*b de azul a amarelo, sendo que quanto mais negativo for o valor de “b”, mais perto da coloração azul estará o acesso e quanto mais positivo for “b”, mais perto da coloração amarela estará. Dessa maneira, os acessos de polpa branca, amarela e creme, apresentaram valores de “b” entre 13,10 e 30,19. Os acessos de polpa laranja tiveram variação de 14,25 a 28,72 para “b” e os acessos de polpa roxa de -4,62 a -6,09.

Segundo Suita de Castro *et al.* (2009), acessos de batata-doce com valores positivos de amarelo (b) e positivos de vermelho (a) tem uma tendência de serem caracterizados pelos consumidores como de polpa alaranjada. Já acessos com menor pigmentação de amarelo e por consequência com maior pigmentação de verde na polpa, tendem a ter polpa verde-cinza ou esbranquiçada após o cozimento, o que para muitos consumidores leva a uma aparência menos atrativa. Os acessos que possuem coloração de polpa arroxeadas, formada pela deposição de antocianina, tem o tecido colorido cinza escuro no cozimento (Silva *et al.*, 2004) e aqueles de polpa roxa escura, mantém a coloração intensa mesmo após o cozimento.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a textura da polpa reflete diretamente na durabilidade pós-colheita do material, sendo que aqueles que possuem maiores valores para a característica, tem vida de prateleira maior. Assim, os acessos avaliados foram divididos em 4 grupos, com destaque para UGA 65 (18,27), UGA 81 (18,07), UGA 19 (17,97), UGA 43 (17,69), UGA 6 (17,48), UGA 66 (17,25), UGA 23 (17,06), UGA 01 (16,87), UGA 80 (16,81), UGA 94 (16,67) e UGA 46 (16,61) que apresentaram os maiores valores de textura, não diferindo entre si (Tabela 4.1).

O teor de massa seca expressa o rendimento da cultura e no presente trabalho variou de 23,33% a 36,46% (Tabela 4.1). Destaque para os acessos UGA 80 e UGA 1, que apresentaram os maiores teores de massa seca e diferiram significativamente de todos os demais. Comparativamente, Gonçalves Neto *et al.* (2011) obtiveram teores de massa seca para raízes de 39 acessos de batata-doce variando entre 21,75% a 45,10%,

valores próximos daqueles aqui encontrados, com exceção de 5 acessos que apresentaram teor de massa seca maior que 38,60%

O teor de amido dos acessos de batata-doce avaliados dividiu-os em 4 grandes grupos, sendo que os acessos que mais se destacaram para a característica foram UGA 19 (39,73%), UGA 73 (40,32%), UGA 43 (41,83%), UGA 39 (41,91%), UGA 8 (42,08%), diferindo significativamente dos demais (Tabela 4.1). Leonel & Cereda (2002) encontraram para a batata-doce valores bem inferiores aos determinados no presente estudo, teor de amido variando em torno de  $14,72 \pm 0,18$ . Já Suíta de Castro et al. (2009) avaliaram 5 acesso de batata-doce do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Clima Temperado e determinaram valores entre 20,62 e 72,19 g/100g

O rendimento de amido por hectare, característica relevante para a indústria alimentícia, foi considerado alto para a maioria dos acessos no presente estudo, variando de 1,01 a 21,97 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 4.1), se considerado o valor estabelecido por Leonel & Cereda (2002) para a batata-doce, que foi de 2,9 t ha<sup>-1</sup>. O grupo que teve os acessos com melhor desempenho foi representado por 10 materiais com rendimento de amido maior que 13,93 t ha<sup>-1</sup>. Quanto maior o rendimento de amido por hectare, maior será o retorno econômico ao produtor, pois maior será a extração de amido para a produção de fécula, hidrolisados, farinhas e flocos e, maior será a produção de álcool, seja para indústria farmacêutica e química, seja para a produção de biocombustível. Nesse sentido, muitos dos acessos avaliados no presente trabalho obtiveram rendimentos expressivos de amido se comparados a outras tuberosas amiláceas como a mandioca, o inhame e o biri, que apresentaram em trabalhos realizados por Vilpoux & Cereda (1995) e Leonel & Cereda (2002), 7,5 t amido ha<sup>-1</sup>, 6,1 t amido ha<sup>-1</sup> e 5,5 t amido ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O rendimento de amido das culturas pode servir de informação aos programas de melhoramento genético, principalmente quando o objetivo é a produção de amido comercial, pois se determinada cultura apresenta baixo rendimento, podem ser realizados trabalhos no sentido de melhoria. Um exemplo do reflexo do trabalho desenvolvido pelo melhoramento em características desejadas, como a produtividade e o teor de amido, é da cultivar da UFT (UGA 7), que apresentou resultados satisfatórios no presente trabalho.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os acessos avaliados no presente trabalho tem potencial para utilização na indústria alimentícia e consumo *in natura* com base nos resultados dos teores de massa seca (23,33 a 36,46%), amido

(24,13 a 42,08%), cor (L: 22,18 a 84,49; a: -5,46 a 18,03; b: -5,10 a 29,90), textura (11,93 a 18,27 kgf) e rendimento de amido por hectare (1,01 a 21,97 t ha<sup>-1</sup>).

## REFERÊNCIAS

CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 2005. Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e Manuseio. Lavras: UFLA. 785 p.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2006. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 306 p.

EMBRAPA. Nova batata-doce enriquecida. Disponível em <http://www.sct.embrapa.br/diacampo/programacao/2010/nova-batata-doce-enriquecida.html>. Acesso em 16/02/2011.

FABRI EG. 2009. **Diversidade genética entre acessos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam) avaliada através de marcadores microssatélites e descritores morfoagronômicos**. Piracicaba: ESALQ, 172 p. (Tese de doutorado)

GIESE J. 2000. Color measurement in food as a quality parameter. Food and Technology, 54: 62-63.

GONÇALVES NETO AC; MALUF WR; GOMES LAA; GONÇALVES RJS; SILVA VF; LASMAR A. 2011. Aptidões de acessos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46: 1513-1520.

LANE JH; EYNON L. 1934. Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue. London: N. Rodge, 8p.

LEONEL M; CEREDA MP. 2002. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 22(1): 65-69.

SILVA JBC; LOPES CA; MAGALHÃES JS. 2004. Cultura da batata-doce. Sistemas de Produção, 6, versão eletrônica.

SILVEIRA MA; ANDRÉ CM; ALVIM TC; DIAS LE; TAVARES IB; SANTANA WR; SOUZA FR. 2007 A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol. Palmas: UFT, 45 p.

SOARES KT; MELO AS de; MATIAS EC. 2002, **A cultura da batata-doce** (*Ipomea batatas* (L.) Lam). Joao Pessoa: EMEPA-PB, 26 p. il. (EMEPA-PB. Documentos, 41).

SUITA DE CASTRO LA; TREPTOW RO; CAMPOS AD; CHOER E; THÜRMER L. 2009. Acessos de batata-doce do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado recomendados para mesa e processamento industrial. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 26 p.

**Tabela 4.1.** Valores médios de cor (L\*a\*b), textura (kgf), massa seca (%), amido (%) e rendimento de amido (t ha<sup>-1</sup>) de 40 acessos de batata-doce do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, PR. Guarapuava-PR, 2012.

ACESSO	ORIGEM	COR DA CASCA	COR DA POLPA	COR			TEXTURA (kgf)	MASSA SECA (%)	AMIDO (%)	RENDIMENTO DE AMIDO (t ha <sup>-1</sup> )*1
				L	A	b				
UGA 1	Laranjeiras do Sul	Roxa	Amarela	82,71	-3,63	23,12	16,87a*	36,37a	36,38b	11,33b
UGA 5	Palmas (UFT)	Creme clara	Creme clara	81,54	-1,87	16,67	16,35b	26,23h	35,10c	11,01b
UGA 6	Lavras (UFLA)	Roxa escura	Roxa escura	23,26	17,56	-5,10	17,48a	30,39d	33,67d	2,70d
UGA 7	Palmas (UFT)	Rosa clara	Amarela	79,02	-3,46	23,60	14,94c	26,95g	39,18b	17,06a
UGA 8	Guarapuava	Rosa	Creme	82,48	-3,38	18,91	15,15c	30,32d	42,08a	19,10a
UGA 11	Laranjeiras do Sul	Rosa	Creme	80,30	-3,39	21,64	14,86c	25,04h	33,33d	15,37a
UGA 19	Coronel Vivida	Rosa clara	Creme	81,56	-3,38	19,46	17,97a	34,16b	39,73a	11,21b
UGA 23	Pinhão	Roxa	Amarela clara	82,96	-4,39	23,43	17,06a	31,19d	32,61d	9,13b
UGA 30	Turvo	Creme clara	Branca	82,21	-1,38	13,59	14,41c	28,77e	31,96d	13,16b

UGA 39	Laranjeiras do Sul	Roxa escura	Roxa escura	23,36	18,03	-4,62	13,57d	28,16f	41,91a	5,25c
UGA 41	Palmeira	Creme clara	Creme clara	82,72	-1,71	13,10	12,84d	27,14g	31,72d	6,04c
UGA 43	Laranjeiras do Sul	Roxa	Amarela	83,19	-4,06	23,49	17,69a	34,73b	41,83 <sup>a</sup>	11,53b
UGA 44	Pinhão	Creme clara	Creme clara	82,61	-2,21	19,95	15,81b	29,91e	34,11d	5,75c
UGA 45	Laranjeiras do Sul	Rosa	Creme clara	84,17	-3,42	18,99	12,47d	32,18c	35,85c	12,98b
UGA 46	Turvo	Rosa clara	Laranja	75,82	17,90	14,25	16,61a	24,13i	24,13d	7,31c
UGA 49	Laranjeiras do Sul	Creme escura	Creme clara	82,06	-3,43	25,11	15,50b	29,90e	29,90d	19,42a
UGA 51	Pinhão	Roxa	Amarela clara	81,75	-5,19	25,78	15,45b	31,35d	31,35d	2,30d
UGA 56	Pinhão	Rosa	Creme	83,11	-3,94	24,10	14,47c	28,42f	35,22c	9,73b
UGA 59	Laranjeiras do Sul	Creme clara	Creme	84,10	-4,31	21,97	15,43b	29,46e	38,62b	16,16a
UGA 60	Imbituva	Rosa clara	Laranja	73,29	15,80	28,10	15,84b	31,84c	37,30b	8,73b
UGA 64	Quedas do Iguaçú	Creme clara	Creme clara	82,80	-2,31	17,08	14,05c	25,67h	32,70d	5,59c
UGA 65	Pinhão	Rosa	Creme	82,18	-3,07	19,31	18,27a	32,86c	32,86d	16,38a

UGA 66	Pinhão	Creme clara	Creme clara	83,69	-2,36	18,79	17,25a	32,30c	37,07b	10,75b
UGA 67	Imbituva	Roxa	Creme clara	81,47	-4,14	24,99	15,58b	33,01b	35,74c	10,44b
UGA 71	Imbituva	Creme clara	Branca	84,49	-2,37	15,98	14,34c	27,16g	38,03b	15,75a
UGA 73	Imbituva	Rosa clara	Creme	83,57	-3,82	25,22	11,93d	27,95f	40,32a	13,93a
UGA 75	Turvo	Creme	Creme escura	82,47	-5,46	28,13	12,37d	27,91f	37,84b	7,80c
UGA 77	Turvo	Roxa	Laranja	74,35	8,73	28,51	14,62c	23,33i	35,60c	21,97a
UGA 79	Coronel Vivida	Creme clara	Creme clara	82,34	-2,23	14,23	12,34d	27,52g	36,49b	7,94c
UGA 80	Coronel Vivida	Roxa	Creme	80,84	-3,87	22,26	16,81a	36,46a	38,04b	17,46a
UGA 81	Coronel Vivida	Rosa clara	Creme	82,01	-3,91	21,95	18,07a	29,32e	39,28b	11,19b
UGA 82	Pinhão	Rosa clara	Laranja	71,46	9,09	28,72	14,91c	32,74c	32,30d	8,83b
UGA 84	Coronel Vivida	Rosa clara	Creme	80,21	-4,46	26,75	15,46b	27,09g	36,91b	1,01d
UGA 90	Guarapuava	Roxa	Creme	83,39	-3,01	19,93	13,97c	35,93a	35,01c	1,13d
UGA 92	Brasília (CNPB)	Rosa clara	Amarela clara	81,25	-4,77	30,19	13,55d	27,09g	37,12b	2,67d
UGA 94	Turvo	Creme escura	Amarela com veias laranja	81,10	-2,19	14,36	16,67a	32,79c	33,55d	7,06c

UGA 95	Guarapuava	Creme clara	Creme	84,42	-1,91	14,60	14,86c	26,21h	36,85b	5,70c
UGA 97	Guarapuava	Rosa clara	Creme clara	82,30	-3,72	21,97	15,37b	32,09c	36,94b	12,06b
UGA 100	Turvo	Roxa escura	Roxa escura	22,18	16,56	-6,09	13,37d	30,63d	38,40b	7,68c
UGA 110	Guarapuava	Creme clara	Creme	82,56	-3,50	29,90	15,49b	27,23g	33,78d	10,92b

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Skott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

\*1 Dados transformados pela equação  $\sqrt{y}$ .

## 7. CAPÍTULO V: APTIDÃO DE ACESSOS DE BATATA-DOCE PARA ALIMENTAÇÃO HUMANA, ALIMENTAÇÃO ANIMAL E PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

### RESUMO

Com o objetivo de identificar a aptidão de acessos de batata-doce para cultivo na região Centro-Sul do Paraná, por meio de índices de aptidão para três finalidades: produção de álcool, alimentação humana e alimentação animal, foram avaliados 40 acessos, sendo 37 do Banco de Germoplasma da UNICENTRO, duas cultivares comerciais da UFT e uma cultivar comercial da EMBRAPA. Foram atribuídos pesos para algumas características consideradas relevantes para fins de indicação da aptidão, como produtividade, produção comercial, massa seca de raízes, rendimento de amido, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea. Dentre os 40 acessos avaliados, apenas três acessos apresentaram múltiplas aptidões (alimentação humana, alimentação animal e produção de álcool), três acessos apresentaram dupla aptidão e seis acessos apresentaram apenas uma das aptidões. Mais de 67% dos acessos não apresentaram índices adequados para qualquer das aptidões avaliadas. Destacaram-se os acessos UGA 08, UGA 71 e UGA 77, considerados aptos para as três finalidades propostas. Pode-se concluir que o índice de aptidão é uma ferramenta útil para a identificação de aptidões em acessos de batata-doce.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* L.; índice de aptidão; biocombustíveis; consumo humano.

### ABSTRACT

#### APTITUDE OF SWEET POTATO GENOTYPES FOR FOOD, ANIMAL FEED AND ALCOHOL PRODUCTION

The objective of the study was to identify the suitability of sweet potato genotypes for cultivation in South-Central region of Paraná, through indexes suitability for three purposes: production of alcohol, food and animal feed, 40 genotypes were evaluated, 37 Germplasm Bank of UNICENTRO, two cultivars of UFT and one commercial cultivar of EMBRAPA. Weights were assigned to some characteristics considered relevant for purposes of indication of aptitudes, such as productivity, commercial production, dry root yield, starch, fresh shoot and shoot dry weight. Among the 40 genotypes, only three genotypes showed multiple skills (human food, animal feed and alcohol production), three genotypes showed double aptitude and six genotypes showed only one of the skills. More than 67% of genotypes showed no indexes suitable for any of the skills assessed. The highlights were the genotypes UGA 08, UGA 71, UGA 77, considered suitable for the proposed three purposes. It can be concluded that the aptitude index is a useful tool for identifying skills in genotypes of sweet potato.

**Keywords:** *Ipomoea batatas* L.; aptitude index; biofuel; fresh consumption.

### INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma olerácea de múltiplas aptidões, sendo tradicionalmente utilizada na alimentação humana, animal e recentemente na produção de álcool.

A produção de álcool a partir da batata-doce vem se difundindo com maior intensidade no Brasil desde 2007 e surgiu como uma opção de biocombustível de 2ª geração, não para

substituir a cana-de-açúcar, mas para complementar a produção, além de ser uma alternativa em regiões onde o cultivo de cana fica impedido pelas condições climáticas, como é o caso de parte do Sul do Brasil.

Alguns trabalhos de Silveira (2008) e Silva et al. (2004) demonstraram o potencial do cultivo para a produção de álcool a partir de suas raízes tuberosas.

Recentemente, algumas cultivares de batata-doce foram desenvolvidas por meio do melhoramento genético com o intuito de fornecer matéria-prima para a indústria alcooleira, apresentando índices de produção etílica por hectare duas vezes maior que os da cana-de-açúcar (Silveira, 2008).

Na alimentação humana, a batata-doce é fonte de suprimento alimentar para populações em áreas de pobreza, por ser rica em carboidratos e altamente energética. No Peru, a farinha das raízes tuberosas e as folhas da batata-doce são usadas na fabricação de multimisturas visando o combate à desnutrição infantil.

A raiz apresenta elevado teor de massa seca, carboidratos, fibras, vitaminas A, C e do complexo B, além de minerais como o cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, enxofre e sódio (Soares et al., 2002). Alguns Institutos de Pesquisa, públicos e privados, liderados pela EMBRAPA tem trabalhado no desenvolvimento de cultivares de batata-doce de polpa alaranjada, atendendo ao apelo nutricional, pois ela tem 10 vezes mais pró-vitamina A do que as outras, de polpa branca, creme, roxa ou amarela. No Brasil, a seleção de materiais de batata-doce com maiores teores de betacaroteno acontece por meio do programa BioFORT: Fortificação no Brasil, que busca produtos agrícolas mais nutritivos, que tem por finalidade desenvolver alimentos naturais com quantidades de nutrientes capazes de suprir a necessidade nutricional do corpo humano (Silva et al., 2009).

O amido que é a principal substância de reserva da batata-doce, é utilizado em sua grande parte pela indústria alimentícia, mas o polímero também pode ser usado em processos industriais pelas indústrias químicas e têxteis (Leonel & Cereda, 2002).

Já na alimentação animal, o Brasil ainda tem o uso da batata-doce limitado, mas podem ser oferecidas a ruminantes, aves e peixes na forma de raízes, ramas ou silagem. Os teores protéicos se assemelham aos de proteína de outros alimentos utilizados na alimentação animal, como o farelo de arroz (13,2%), milho (8,26%) e sorgo baixo tanino (9,2%) (Rostagno et al., 2005).

Gonçalves Neto et al. (2011) afirmam que devido a grande variabilidade genética da batata-doce, ela permite seleção para inúmeros propósitos e que a seleção para apenas um

destes pode levar a inaptidão agrônômica para outras finalidades. Assim, o uso de índices para a seleção baseada em um conjunto de variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico se torna necessário segundo Cruz & Regazzi (2002).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo identificar a aptidão de 40 acessos de batata-doce para a alimentação humana, alimentação animal e a produção de álcool, utilizando como ferramenta, índices de aptidão.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi instalado no Campus Cedeteg da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO, em Guarapuava, sob as coordenadas geográficas 25°23'42''S de latitude, 51°27'28''W de longitude e 1.120 m de altitude, em delineamento de blocos casualizados, com três repetições e 40 tratamentos (acessos), sendo dois acessos (Júlia e Lívia) provenientes do Banco de Germoplasma da Universidade Federal do Tocantins/UFT, um da EMBRAPA Hortaliças e os demais (37) provenientes do Banco de Germoplasma de Batata-doce da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO que é mantido no Setor de Olericultura do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, no Campus Cedeteg, em Guarapuava no Paraná. Os acessos do Banco de Germoplasma possuem uma codificação de 3 letras (UGA – Unicentro Guarapuava Agronomia) e 3 dígitos numéricos sequenciais.

O solo na área experimental foi preparado por meio de aração e gradagem e as leiras de plantio foram levantadas lado a lado, espaçadas em 0,8m, com auxílio de um sulcador/enleirador tipo bico de pato. A análise química de solo não identificou a necessidade de calagem. As parcelas apresentavam área útil de 2,0 m<sup>2</sup>, com plantas espaçadas aproximadamente em 0,3 m.

As ramas, retiradas de plantas matrizes dos diversos acessos, foram plantadas em bandejas de 50 células no dia 29 de outubro de 2011 utilizando as porções intermediária e superior das estruturas vegetativas da planta de batata-doce com aproximadamente 3 entrenós. No dia 25 de novembro de 2011 as mudas foram transplantadas para o campo, implantando-se 6 mudas de cada acesso por parcela.

A irrigação utilizada no campo foi do tipo aspersão, sendo realizada uma vez por dia durante 30 minutos no primeiro mês após o plantio ou quando necessário, pois o regime pluviométrico nesse período foi bastante intenso. A adubação de plantio consistiu de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K (SILVA *et al.*, 2004) e a adubação de reposição foi realizada aos 60 dias após o plantio, com 50 g parcela<sup>-1</sup> do fertilizante 04-14-08. O controle de

plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais até os 45 dias, quando após esse período, as plantas cobriram os canteiros e não foi mais necessário o controle.

A colheita foi realizada no dia 30/04/2012, 157 dias após o plantio em campo. Após a colheita, as raízes tuberosas foram armazenadas em sacos de ráfia devidamente identificados. Após a lavagem e secagem a sombra das raízes tuberosas, aproximadamente 100 gramas de amostras foram trituradas em multiprocessador de alimentos do tipo doméstico e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C durante 48 horas, atingindo peso constante. Em seguida, as amostras secas foram moídas em moinho de facas e armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados até o momento das análises laboratoriais.

As características avaliadas foram: a produtividade das raízes (expressa em t ha<sup>-1</sup>) considerando todas as raízes colhidas das parcelas; a produção comercial (expressa em t ha<sup>-1</sup>), considerando apenas as raízes com massa entre 250 e 700 g; a produção de massa fresca da parte aérea (expressa em t ha<sup>-1</sup>), obtida pela pesagem da parte aérea das plantas de toda a parcela, incluindo ramos, folhas e pecíolos; o teor de massa seca da parte aérea (expressa em porcentagem), obtido pela secagem de 100 gramas de parte aérea (folhas, pecíolo e ramos) a 70°C por 72 horas atingindo peso constante; o teor de massa seca das raízes foi determinado por secagem em estufa de 100 gramas de raízes raladas a 70°C por 48 horas (expressa em porcentagem); o teor de amido das raízes foi determinado pelo método titulométrico de Eynon-Lane (1934) (expresso em porcentagem de amido). De posse dos resultados dos teores de amido e de produtividade de cada acesso, estimou-se a produção em toneladas de amido por hectare, por meio da multiplicação entre a quantidade de amido por tonelada de matéria-prima seca e a produtividade de cada acesso avaliado (expresso em t há<sup>-1</sup>).

Para elaboração dos índices de aptidão foi adotado o método proposto por Gonçalves Neto et al. (2011) no qual as médias dos tratamentos para cada característica foram padronizadas, por meio da expressão  $Z_i = (X_i - X)/S$ , em que  $Z_i$  é o valor da variável padronizada correspondente ao tratamento  $i$ ;  $X_i$  é a média do tratamento  $i$ ;  $X$  é a média geral e  $S$  é o desvio padrão fenotípico entre os tratamentos. Para cada uma das aptidões foi estimado um índice de aptidão que se baseou na ponderação das médias das variáveis padronizadas ( $Z_i$ ) pelos pesos atribuídos a cada uma das características avaliadas, conforme cada aptidão (Tabela 5.1). Para alimentação humana, a produção comercial foi a característica de maior peso; para alimentação animal foi massa seca da parte aérea e para produção de álcool, o rendimento de amido foi a característica com maior peso. Foram considerados aptos os

acessos que atingiram índice de aptidão igual ou superior à média somada de 0,6745 unidades de desvio padrão, o que corresponde à seleção dos 25% melhores acessos em cada aptidão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento dos acessos foi variável dentro das aptidões propostas (Tabela 5.2), sendo que apenas 3 acessos apresentaram múltiplas aptidões (alimentação humana, alimentação animal e produção de álcool), 3 acessos apresentaram dupla aptidão e 7 acessos apresentaram apenas uma das aptidões. Mais de 67% dos acessos (27 acessos) apresentaram índices abaixo do valor requerido para qualquer aptidão proposta.

Para alimentação humana, os índices de aptidão foram de -1,78 (UGA 90) a 2,07 (UGA 77) e o índice limite estabelecido para a seleção de acessos aptos para essa finalidade foi de 0,63. Assim, os acessos UGA 07, UGA 08, UGA 30, UGA 49, UGA 65, UGA 71 e UGA 77 foram considerados aptos para alimentação humana (Tabela 5.2). Dentre os 39 acessos avaliados por Gonçalves Neto et al. (2011) quanto ao índice de seleção para o consumo, obtiveram 11 acessos aptos com índice limite inferior de 0,31. Para essa finalidade, os valores obtidos no presente trabalho divergem daqueles autores, provavelmente pelo maior número de características avaliadas para consumo humano por Gonçalves Neto et al. (2011), que consideraram além da produção comercial, atributos sensoriais das raízes como doçura ao paladar, formato, presença de manchas roxas, escurecimento, emissão de látex, umidade ao paladar e fibras visíveis.

A aptidão para alimentação animal foi a que apresentou a maior variação dentre as 3 finalidades estudadas, com índices variando de -2,31 (UGA 97) a 1,46 (UGA 90). O índice limite de 0,42 foi utilizado para considerar aptos para alimentação animal os acessos UGA 08, UGA 43, UGA 71, UGA 77, UGA 90 e UGA 94 (Tabela 5.2). Avaliando a aptidão para alimentação animal de 39 acessos de batata-doce, Gonçalves Neto et al. (2011) obtiveram 11 materiais aptos e índice de aptidão de 0,47, valor que corrobora com o obtido no presente estudo (0,42). Considerando que o teor protéico da massa seca da parte aérea de plantas de batata-doce é de 11,4% em média (Massaroto, 2008) pode-se afirmar que a média da produção total de proteína bruta de todos os 40 acessos avaliados foi de 11,21 t ha<sup>-1</sup> de massa seca na parte aérea. Os dados corroboram com aqueles determinados por Gonçalves Neto et al. (2011), para 39 acessos de batata-doce, com média de 12,23 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca na parte aérea. Os resultados estimados indicam o potencial da batata-doce, pois os valores se assemelham aos teores de proteína de outros alimentos utilizados na alimentação animal,

como o farelo de arroz (13,2%), milho (8,26%) e sorgo baixo tanino (9,2%) (Rostagno et al., 2005).

Os índices de aptidão dos acessos para a produção de álcool variaram de -1,62 (UGA 84) até 1,49 (UGA 49). Considerando que o índice limite de aptidão para essa característica foi de 0,58, os acessos UGA 07, UGA 08, UGA 11, UGA 49, UGA 59, UGA 65, UGA 71, UGA 77 e UGA 80 foram classificados aptos para a produção de álcool (Tabela 5.2). Gonçalves Neto et al. (2011) avaliaram 39 acessos de batata-doce em Lavras/MG e encontraram 8 acessos aptos para a produção de álcool, sendo que o limite de aptidão determinado foi de 0,51, valor muito próximo daquele determinado no presente trabalho (0,58).

Das testemunhas utilizadas no presente trabalho, UGA 05 (Júlia/UFT), UGA 07 (Lívia/UFT) e UGA 92 (Palmas/EMBRAPA), apenas a cultivar desenvolvida pelo programa de melhoramento genético da UFT, Júlia, foi considerada apta para produção de álcool. Palmas que é uma cultivar comercial bastante antiga da EMBRAPA não apresentou índices adequados para nenhuma das três aptidões avaliadas, embora tenha sido selecionada para consumo humano. O que pode ter ocorrido com Júlia para produção de álcool e Palmas para alimentação humana, é uma resposta a não adaptabilidade a região de cultivo da presente pesquisa.

Dentre os 40 acessos de batata-doce avaliados, 27 não se apresentaram aptos para nenhuma das aptidões propostas, sendo eles: UGA 01, UGA 05, UGA 06, UGA 19, UGA 23, UGA 39, UGA 41, UGA 44, UGA 45, UGA 46, UGA 51, UGA 56, UGA 60, UGA 64, UGA 66, UGA 67, UGA 73, UGA 75, UGA 79, UGA 81, UGA 82, UGA 84, UGA 92, UGA 95, UGA 97, UGA 100 e UGA 110 (Tabela 5.2). Ainda, 6 acessos apresentaram múltiplas aptidões, sendo que UGA 07, UGA 49 e UGA 65 foram considerados aptos para produção de álcool e alimentação humana e, UGA 08, UGA 71 e UGA 77 apresentaram aptidão para todas as finalidades propostas (produção de álcool, alimentação humana e alimentação animal) (Tabela 5.2).

Acessos de batata-doce promissores para as aptidões alimentação humana, animal e produção de álcool, para cultivo em regiões de altitude do Sul do Brasil, foram identificados utilizando-se o índice de aptidão, que mostrou-se uma ferramenta útil para identificação de aptidões em acessos de batata-doce.

**REFERÊNCIAS**

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2 ed. Viçosa: UFV, 2002. 390 p.

GONÇALVES NETO, A.C.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A.; GONÇALVES, R.J.S.; SILVA, V.F.; LASMAR, A. Aptidões de acessos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46: 1513-1520, 2011.

LANE, J.H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue. London: N. Rodge, 8p, 1934.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 22(1): 65-69, 2002.

MASSAROTO, J.A. Características agronômicas e produção de silagem de clones de batata-doce. 2008. 73 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2005. 186 p.

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. Cultura da batata-doce. *Sistemas de Produção*, 6, 2004, versão eletrônica.

SILVA, J.B.C da; NUTTI, M.R.; SILVA, D.R.; MELO, WF. Batata-doce vitaminada: cultive essa idéia. EMBRAPA – Hortaliças, 2009. 16 p.

SILVEIRA, M.A. Batata-doce: uma nova alternativa para a produção de etanol. In: Instituto Euvaldo Lodi. Álcool combustível. Brasília: IEL, 2008. p. 109-122.

SOARES, K.T.; MELO, A.S. de; MATIAS, E.C. **A cultura da batata-doce** (*Ipomea batatas* (L.) Lam). Joao Pessoa: EMEPA-PB, 2002. 26 p. il. (EMEPA-PB. Documentos, 41).

**Tabela 5.1.** Pesos atribuídos às características avaliadas em acessos de batata-doce para cada aptidão proposta.

CARACTERÍSTICA	ÁLCOOL*	ALIMENTAÇÃO	
		HUMANA	ANIMAL
Produção total de raízes (t ha <sup>-1</sup> )	5	0	5
Produção comercial (t ha <sup>-1</sup> )	0	15	0
Massa seca de raízes (%)	3	0	3
Rendimento amido (t ha <sup>-1</sup> )	15	10	0
Produção de massa fresca da parte aérea (t ha <sup>-1</sup> )	0	0	5
Massa seca da parte aérea (%)	0	0	15
<b>Total dos pesos</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>23</b>

\*Adaptado de Gonçalves Neto et al. (2011)

**Tabela 5.2.** Índice de seleção e classificação de acessos de batata-doce utilizados quanto às aptidões para alimentação humana, alimentação animal e produção de álcool.

ACESSO	ÁLCOOL		ALIMENTAÇÃO HUMANA		ALIMENTAÇÃO ANIMAL	
	ÍNDICE	APTIDÃO	ÍNDICE	APTIDÃO	ÍNDICE	APTIDÃO
	UGA 01	0,34	-	-0,19	-	-0,11
UGA 05 – Júlia	0,03	-	0,24	-	0,37	-
UGA 06	-1,23	-	-1,30	-	0,23	-
UGA 07 – Lívia	1,06	Apto	2,02	Apto	-0,35	-
UGA 08	1,44	Apto	1,18	Apto	0,65	Apto
UGA 11	0,75	Apto	0,29	-	-0,35	-
UGA 19	0,26	-	0,42	-	0,25	-
UGA 23	-0,16	-	-0,22	-	-0,67	-
UGA 30	0,45	-	1,89	Apto	-0,34	-
UGA 39	-0,88	-	-0,72	-	0,09	-
UGA 41	-0,78	-	-0,83	-	-0,18	-
UGA 43	0,33	-	0,14	-	0,53	Apto
UGA 44	-0,74	-	-0,69	-	-0,56	-
UGA 45	0,49	-	0,20	-	0,23	-
UGA 46	-0,65	-	-0,61	-	-0,20	-
UGA 49	1,49	Apto	1,41	Apto	-0,10	-
UGA 51	-1,25	-	-1,03	-	-0,51	-
UGA 56	-0,13	-	-0,54	-	-0,71	-
UGA 59	0,95	Apto	0,19	-	0,03	-
UGA 60	-0,20	-	-0,04	-	0,06	-
UGA 64	-0,90	-	-0,91	-	-0,13	-
UGA 65	1,05	Apto	0,87	Apto	-0,07	-

UGA 66	0,14	-	0,16	-	0,10	-
UGA 67	0,11	-	0,31	-	-0,29	-
UGA 71	0,84	Apto	1,52	Apto	1,03	Apto
UGA 73	0,55	-	0,40	-	-0,98	-
UGA 75	-0,47	-	-0,36	-	-0,25	-
UGA 77	1,88	Apto	2,07	Apto	0,73	Apto
UGA 79	-0,45	-	-0,23	-	-0,02	-
UGA 80	1,30	Apto	0,57	-	0,31	-
UGA 81	0,13	-	0,52	-	-0,12	-
UGA 82	-0,16	-	-0,46	-	0,39	-
UGA 84	-1,62	-	-1,56	-	-0,54	-
UGA 90	-1,27	-	-1,78	-	1,46	Apto
UGA 92 – Palmas	-1,35	-	-1,04	-	-0,14	-
UGA 94	-0,44	-	-0,81	-	0,74	Apto
UGA 95	-0,87	-	-0,55	-	-0,55	-
UGA 97	0,34	-	-0,11	-	-2,31	-
UGA 100	-0,41	-	-0,68	-	0,36	-
UGA 110	0,04	-	0,25	-	-0,52	-
<b>Desvio-padrão</b>	0,86	-	0,94	-	0,62	-
<b>Limite de aptidão</b>	0,58	-	0,63	-	0,42	-

## 8. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa é possível concluir que dentre os acessos avaliados, a maioria demonstrou bom potencial produtivo para a região em estudo e ainda, os valores obtidos para massa fresca e seca das ramas, pecíolos e folhas indicam que os mesmos podem ser fornecidos na alimentação animal, agregando valor proteico à dieta.

A caracterização morfológica e molecular dos acessos do Banco de Germoplasma da UNICENTRO demonstrou haver variabilidade entre os acessos com base em descritores de parte aérea e raízes e também em marcadores ISSR, utilizando-se da análise multivariada para fornecer dados que podem subsidiar programas de melhoramento genético da espécie.

A caracterização físico-química dos acessos de batata-doce avaliados identificou acessos com altos teores de betacaroteno (polpas amarela e laranja) e conseqüentemente ricos em vitamina A. O rendimento de amido por hectare, característica relevante para a indústria alimentícia e de produção de álcool, na média foi considerado alto para a maioria dos acessos se comparados a outras tuberosas amiláceas.

Acessos de batata-doce promissores para as aptidões alimentação humana, animal e produção de álcool, para cultivo em regiões de altitude do Sul do Brasil, foram identificados utilizando-se o índice de seleção, que mostrou-se uma ferramenta útil para identificação de aptidões em acessos de batata-doce. Dentre os materiais analisados, 27 não se apresentaram aptos para nenhuma das aptidões propostas, 6 acessos apresentaram múltiplas aptidões, sendo que UGA 07, UGA 49 e UGA 65 foram considerados aptos para produção de álcool e alimentação humana e, UGA 08, UGA 71 e UGA 77 apresentaram aptidão para todas as finalidades propostas (produção de álcool, alimentação humana e alimentação animal).

## 9. RECOMENDAÇÕES GERAIS

A partir das informações obtidas com a caracterização realizada no presente trabalho, recomenda-se a continuação da pesquisa com os acessos de batata-doce que se mostraram promissores para cultivo em regiões de altitude do Sul do Brasil e com aptidão para as principais finalidades da cultura, alimentação humana, animal e produção de álcool com o intuito de fornecer informações para os programas de melhoramento genético da espécie.

Com as seleções já obtidas é possível realizar policruzamentos gerando variabilidade genética e proporcionando novas seleções de materiais promissores com diferentes aptidões.

Além disso, devem ser caracterizados os demais acessos que compõe o Banco de Germoplasma da UNICENTRO, com intuito de identificar outros acessos potenciais para as finalidades estudadas.

Recomenda-se também a avaliação bromatológica da forragem fresca e da silagem obtida dos acessos no que diz respeito à caracterização para alimentação animal, avaliando teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis e nitrogênio amoniacal.

Outro campo passível de estudo é o da análise sensorial dos acessos que compõe o Banco de Germoplasma da UNICENTRO, a fim de verificar a preferência e a aceitabilidade junto aos consumidores.

## 10. REFERÊNCIAS

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Mandioca e batata-doce são novas opções para o álcool** (17/05/2007). Disponível em: <<http://www.abam.com.br/not.php>>. Acesso em 18/10/2009.

AUSTIN, D.F. The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweetpotatoes and related wild species. In: Sweet Potato Planing Conference, 1, 1997, Lima. **Exploration, maintenance and utilization of sweetpotato genetic resources – report**. Lima: CIP, 1988, 369 p.

AZEVEDO, S.M. de; FREITAS, J.A. de; MALUF, W.R.; SILVEIRA, M.A. da. Desempenho de clones e métodos de plantio de batata-doce. **Acta Scientiarum**, 22: 901-905, 2000.

BARBOSA, A.H.D. **Rendimento de batata-doce com adubação orgânica**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical). Universidade Federal da Paraíba, Areia - PB, 2005.

BECKER, H. Tater treats – nutritious sweet potato chips and fries. **Agricultural Research**, p.8-9, 2001.

BEMILLER, J.N. Starch modification: changes and prospects. **Starch/Stärke**, v.49, n.4, p.127-131, 1997.

BERMUDEZ, J.J.H. **Valorización de las amilácea “no cereales” cultivadas en los pasíses andinos: estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistência a diferentes tratamientos estressantes**. 1997, 150p. Trabajo de Grado, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Bogotá, Colômbia.

BEUSELINK, P.R.; STEINER, J.J. A proposed framework for identifying, quantifying and utilizing plant germplasm resources. **Field Crops Research**, 29: 261-272, 1992.

BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005, 969 p.

BORÉM, A.; CAIXETA, E.T. **Marcadores moleculares**. Viçosa: UFV, 2006, 374 p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. (Ed.) **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BORGES, A.; ROSA, M.S.; RECCHIA, G.H.; QUEIROZ-SILVA, J.R.; BRESSAN, E.A.; VEASEY, E.A. CTAB methods for DNA extraction of sweetpotato for microsatellite analysis. **Scientia Agrícola**. 64:529-534, 2009.

BOURDON, I. Postprandial lipid, glucose, insulin and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with beta-glucan. **American Journal of Clinical Nutrition**. 69: 55-63, 1999.

CAMPOS, F.M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M.; SOUZA, P.M.; STRINGHETA, P.C.; CHAVES, J.B.P. Pró-vitaminas A em hortaliças comercializadas no mercado formal e informal de Viçosa (MG), em três estações do ano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 26: 33-40, 2006.

CARDOSO, A.D.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; BONFIM NETO, H.; KHOURI, C.R.; MELO, T.L. Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce. **Ciência e Agrotecnologia**, 31: 1760-1765, 2007.

CASTRO, L.A.S.; OLIVEIRA, R.P. de. **Sistema de produção da batata-doce**. Sistemas de Produção, 10. EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Versão eletrônica. Nov. 2007.

CASTRO, L.A.S.; TREPTOW, R.O.; CAMPOS, A.D. **Acessos de batata-doce do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado recomendados para mesa e processamento industrial**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009 (Documentos 289).

CAVALCANTE, J.T.; FERREIRA, P.V.; SOARES, L. Avaliação de clones de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) em Rio Largo – Alagoas. **Magistra**, v.15, n.1, 2003.

CEAGESP – CENTRAL DE QUALIDADE HORTIGRANJEIRO. **Variedades de batata doce comercializada na CEAGESP**. Disponível em: <<http://hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/servicodealimentacao/variedades/batata doce.pdf>>. Acesso em 9 jul. 2011.

CEREDA, M.P.; WOSIACK, G.; CONCEIÇÃO, F.A.D.; Avaliação físico-química e reológica de vinte e seis cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Horticultura Brasileira**, 2: 6-12, 1984.

CHAVES, A. **Batata-doce pode virar combustível de baixo custo**. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u4788.html>>. Acesso em 18 out. 2003.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **CIP sweetpotato facts**. Socioeconomic indicators. 2006. Disponível em: <<http://www.cipotato.org/market/sweetpfacts/swtppind.htm>>. Acesso em 23 abr. 2010.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **About sweetpotato**. Disponível em: <<http://www.cipotato.org/sweetpotato/sweetpotato.htm>.> Acesso em 5 out. 2010.

ÇINAR, I. Stability studies on the enzyme extracted sweet potato carotenoproteins. **Food Chemistry**, 89: 397-401, 2005.

CONTRERAS, J.; AUSTIN, D.F.; PUENTE, F.; DIAZ, J. Biodiversity of sweetpotato (*Ipomoea batatas*, Convolvulaceae) in Southern Mexico. **Economic Botany**, 49: 286-296, 1995.

DAPENG, Z.; XIU-QING, L. Sweetpotato as animal feed: the perspective of crop improvement for nutrition quality. In: FUGLIE, K.; HERMANN, M. (Ed.). **Sweetpotato post-harvest research and development in China**, Bogor: CIP, 2004. p. 26-40.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do. Adaptabilidade e estabilidade de produção de *Ipomoea batatas*. **Acta Scientiarum**, 22:911-917, 2000.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, T.N.S.; LEAL, N.R.; FREITAS, S.P.; SEDIYAMA, T. Caracterização morfológica de acessos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, 20: 43-47, 2002.

ESPINOLA, N.; CREED-KANASHIRO, H.; UGAZ, M.E.; VAN HALL, M.; SCOTT, G. Development of a sweetpotato based instant weaning food for poorly nourished children six months to three years old. In: CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **CIP Report**, Lima: CIP, 1998. p. 295-302.

FABRI, E.G. **Diversidade genética entre acessos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam) avaliada através de marcadores microsatélites e descritores morfoagronômicos.**

Piracicaba: ESALQ, 2009, 172 p. (Tese de doutorado)

FABRI, E.G.; SIQUEIRA, M.V.B.M.; BORGES, A.; MELO, P.C.T.; VEASEY, E.A.; SILVA, J.B.C. Variabilidade genética em batata-doce alaranjada com base em marcadores microsatélites. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 48, 2008, Maringá. **Resumos...**Maringá: ABH, 2008.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases 2001.**

Disponível em: <<http://www.fao.org.br>> Acesso em 12 abr. 2010.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases 2006.**

Disponível em: <<http://www.fao.org.br>> Acesso em 21 fev. 2010.

FERREIRA, C.F.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores RAPD e RFLP em análise genética.** Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1995. 220 p.

FOLQUER, F. **La batata (Camote).** Estudio de la planta y su producción comercial. Editorial Hemisfério Sur. 1978, 82 p.

GICHUKI, S.T.; BEREBYI, M.; ZHANG, D.; HERMANN, M.; SCHMIDT, J.; GLOSSL, J.; BURG, K. Genetic diversity in sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) in relationship to geographic sources as assessed with RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 50: 429-437, 2003.

GODINHO, C.H.W. **Valor Bruto da Produção Agropecuária Paranaense – 2007.**

Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, Departamento de Economia Rural.

Curitiba: SEAB, 2008. 46 p.

GONÇALVES NETO, A.C. **Aptidões para consumo humano, produção de etanol e**

**alimentação animal em clones de batata-doce.** Lavras: UFLA, 2010. 77 p. (Tese de

doutorado)

GOULÃO, L.; OLIVEIRA, C.M. Molecular characterization of cultivars apple (*Malus x domestica* Borkh.) using microsatellite (SSR and ISSR) markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 50: 429-437, 2001.

GREENE, J.L. **Bread making properties of a sweetpotato flour.** Disponível em:

<[http://ift.confex.com/ift/2003/techprogram/paper\\_20409.htm](http://ift.confex.com/ift/2003/techprogram/paper_20409.htm).> Acesso em 14 mar. 2010.

HAGIWARA, K.; MIYASHITA, T.; NAKANISHI, M.; SANO, S.; TAMANO, T.;

KADOTA, T. Pronounced inhibition by a natural anthocyanin, purple corm color of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4,5-b] pyridine (PhIP)-associated colorectal carcinogenesis in male F344 rats pretreated with 1,2-dimethylhydrazine. **Cancer Lett**, 171:17-25, 2001.

HE, X.Q.; LIU, Q.C.; ISHIKI, K.; ZHAI, H.; WANG, Y.P.; ISSR analysis of genetic diversity and relationships among sweet potato (*Ipomoea batatas*) landraces in China. **Plant Genetic**

**Resources Newsletter**, 150: 35-41, 2007.

HU, J.; NAKATANI, M.; LALUSIN, A.G.; KURANOUCI, T.; FUJIMURA, T. Genetic analysis of sweetpotato and wild relatives using inter-simple sequence repeats (ISSRs). **Breeding Science**, 53: 297-304. 2003.

HU, J.; NAKATANI, M.; MIZUNO, K.; FUJIMURA, T. Development and characterization of microsatellite markers in sweetpotato. **Breeding Science**, 54: 177-188, 2004.

HUAMÁN, Z. **Descriptors for sweet potato**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1991.

HUANG, J.C.; SUN, M. Genetic diversity and relationships of sweetpotato and its wild relative in *Ipomoea* series *Batatas* (Convolvulaceae) as revealed by inter-simple sequence repeat (ISSR) and restriction analysis of chloroplast DNA. **Theoretical and Applied Genetics**, 100: 1050-1060, 2000.

HWANG, S.Y.; TSENG, Y.T.; LO, H.F. Application of simple sequence repeats in determining the genetic relationship of cultivars used in sweet potato polycross breeding in Taiwan. **Sci. Hort.**, 93: 215-224.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – culturas temporárias e permanentes**. v. 30, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – culturas temporárias e permanentes**. v. 38, 2011.

JESUS, O.N. de. **Caracterização morfológica e molecular de cultivares de bananeira.**

2006. 83 p. (Dissertação de Mestrado)

JONES, A. Heritabilities of seven sweet potato root traits. **Journal American Society Horticultural for Science.** 102 (4). 1977. p. 440-443.

JOSHI, S.P.; GUPTA, V.S.; AGGARWAL, R.K.; RANJEKAR, P.K.; BRAR, D.S. Genetic diversity and phylogenetic relationship as revealed by inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism in the genus *Oryza* . **Theoretical and Applied Genetics.** 100:1311–1320, 2000.

KALRA, S.; JOOD. S. Effect of dietary barley b-glucan on cholesterol and lipoprotein fractions in rats. **Journal of Cereal Science,** 31: 141-145, 2000.

KIM, S.H.; HAMADA, T. Rapid and reliable method of extracting DNA and RNA from sweetpotato, *Ipomoea batatas* (L). Lam. **Biotechnology Letters.** 27:1841–1845, 2005.

KRESOVICH, S.; MCFERSON, J.R. Assessment and management of plant genetic diversity: considerations of intra and interspecific variation. **Field Crops Research,** 29: 185-204, 1992.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, 22(1): 65-69, jan.-abr./2002.

LIN, Y-P.; TSEN, J-H.; KING, V.A. Effects of far-infrared radiation on the freeze-drying of sweetpotato. **Journal of Food Engineering,** 68: 249-255, 2005.

MIRANDA, J.E.C. de; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F.; PEREIRA, W.; LOPES, C.A.; DILVA, J.B.C. **Batata-doce (Ipomoea batatas L. Lam.)**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1995, 94 p.

MOK, I.G.; SCHNIEDICHE, P. Collecting, characterizing and maintaining sweetpotato germplasm in Indonésia. **Plant Genetic Resources Newsletter**, 118:12-18, 1999.

OLIVEIRA, A.C.B. de; SEDIYAMA, M.A.N.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D. Avaliação da divergência genética em batata-doce por procedimentos multivariados. **Acta Scientiarum**, 22:895-900, 2000.

OLIVEIRA, A.C.B. de; SEDIYAMA, M.A.N.; SEDIYAMA, T.; FINGER, F.L.; CRUZ, C.D. Variabilidade genética em batata-doce com base em marcadores isoenzimáticos. **Horticultura Brasileira**, 20: 576-582, 2002.

PEETERS, J.P.; MARTINELLI, J.A. Hierarchical cluster analysis as a tool manage variation in germplasm collection. **Theoretical and Applied Genetics**, 78: 42-48, 1989.

PEETERS, J.P.; WILLIAMS, J.T. Toward better use of genebanks with special reference to information. **Plant Genetic Resources Newsletter**, 60: 22-32, 1984.

PETERS, D.; TINH, N.T.; THACH, P.N. Sweetpotato root silage for a efficient and labor saving pig raising in Vietnam. Disponível em: <[http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/554\\_EN.htm](http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/554_EN.htm)> Acesso em 9 jan. 2011.

POREBSKI, S.; BALLEY, L.G.; BAUM, B.R. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharides and polyphenols component. **Plant. Mol. Bio. Rep.**, 15: 8-15, 1997.

RAMALHO, R.A.; FLORES, H.; SAUNDERS, C. Hipovitaminose A no Brasil: um problema de saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, 34: 56-63, 2002.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B.P. **Genética na agropecuária**. 3 ed. Lavras: UFLA, 2004. 472 p.

RITSCHER, P.S.; HUAMÁN, Z. Variabilidade morfológica da coleção de germoplasma de batata-doce da Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37: 485-492, 2002.

RITSCHER, P.S.; HUAMÁN, Z.; LOPES, C.A.; MENÊZES, J.E.; TORRES, A.C. **Catálogo de germoplasma de batata-doce: Coleção mantida pela Embrapa Hortaliças**. Brasília: EMBRAPA – CNPH, 1999. 47 p.

SHARMA, K.; MISHRA, A.K.; MISRA, R.S. A simple and efficient method for extraction of genomic DNA from tropical tuber crops. **African Journal of Biotechnology**. 7: 1018-1022, 2008.

SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA, M. P.; **Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas**, São Paulo: Cargill, 2002, v.2, p. 449-503.

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata-doce**. Sistemas de Produção, 6. EMBRAPA HORTALIÇAS. Versão eletrônica. Dez. 2004.

SILVEIRA, M. A. **A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol**. Boletim Técnico – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2007. 50 p.

SINGH, S.P.; GUTIERREZ, J.A.; MOLINA, A.; URREA, C.; GEPTS, P. Genetic diversity in cultivated common bean: II. Marker based analysis of morphological and agronomic traits. **Crop Science**, 31: 23-29, 1991.

SOARES, K.T.; MELO, A.S. de; MATIAS, E.C. **A cultura da batata-doce (*Ipomea batatas* (L.) Lam)**. Joao Pessoa: EMEPA-PB, 2002. 26 p. il. (EMEPA-PB. Documentos, 41).

SOUZA, A.B. Avaliação de cultivares de batata-doce quanto a atributos agronômicos desejáveis. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 24, n.4, p.841-845, 2000.

SOUZA, A. F. B. C. **Avaliação do processo de hidrólise e fermentativo de biomassa de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.)Lam] por meio de células imobilizadas para produção de etanol**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente). Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, 2005.

TAIRO, F.; MNENEY, E.; KULLAYA, A. Morphological and agronomical characterization of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.)Lam.] germplasm collection from Tanzania. **African Journal of Plant Science**, 8: 77-85, 2008

TAKEITI, C.Y.; ANTONIO, G.C. **Batata-doce: potencial para novos produtos alimentícios.** Disponível em: <http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticia.php>. Acesso em 20 out. 2009.

TAPIERO, H.; TOWNSEND, D.M.; TEW, K.D. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, 58: 100-110, 2004.

TAVARES, I. B.; SANTANA, W.R.; SILVEIRA, M.A.; SOUZA, R.C.; MAGALHÃES, K.A.B.; MAGALHÃES-FILHO, L.N.; CARDOSO, L.M.; OLIVEIRA, H.S.; VIDAL, A.S.; VIEIRA, G.E.G.; ALVIN, T.C. **Produção de etanol utilizando como matéria-prima a batata-doce cultivada no Estado do Tocantins.** Universidade Estadual do Tocantins, Palmas-TO, 2006.

VEASEY, E.A.; BORGES, A.; ROSA, M.S.; SILVA, J.R.Q.; BRESSAN, E.A.; PERONI, N. Genetic diversity Brazilian sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam., Solanales, Convolvulaceae) landraces assessed with microsatellite markers. **Genetics and Molecular Biology**, 31: 725-733, 2008.

VEASEY, E.A.; SILVA, J.R.Q.; ROSA, M.S.; BORGES, A.; BRESSAN, E.A.; PERONI, N. Phenology and morphological diversity of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) landraces of the Vale do Ribeira. **Scientia Agricola**, 64: 416-427, 2007.

XIAODING, G. **Evaluation of sweetpotato tips as green vegetables.** Taiwan: ARC Training, 1995. 9 p.

ZHANG, D.; CERVANTES, J.; HUAMÁN, Z.; CAREY, E.; GHISLAIN, M. Assessing genetic diversity of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars from tropical America using AFLP. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 47: 659-665, 2000.

ZHANG, C.; HUANG, K. Characteristics immunostimulation by MAP, a polysaccharide isolated from the mucus of the loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. **Carbohydrate Polymers**, 59: 75-82, 2005.

ZUOHUA, L.; ZONGHUI, L.; JIAN, H.; FEIYUN, Y.; ZHENGZE, Z.; WEN, L. Sweetpotato roots silage for efficient feeding of weaner and finishing pigs in China. In: FUGLIE, K.; HERMANN, M. (Ed.). **Sweetpotato post-harvest research and development in China**. Bogor: CIP, 2004. p. 88-99.

WANG, H. The breeding of sweet potato for human consumption. **In:** VILLAREAL, R.L.; GRIGS, T.D. Sweet potato: proceedings of the first international symposium. Shanhua: Taiwan, 1982. p.297-311.

**ANEXOS**

## ANEXO I

Ficha de avaliação para características morfoagronômicas com descritores sugeridos por Huamán (1991).

CARACTERÍSTICA	NOTA E DESCRIÇÃO DOS CARACTERES AVALIADOS
<b>TIPO DE PLANTA</b>	
Comprimento da haste	3-ereta(<75 cm) 5-semi-ereta (75-150 cm) 7-dispersa(151-250 cm) 9-muito-dispersa(>250 cm)
<b>COR DA RAMA</b>	
Cor predominante	1-verde 3-verde com poucas manchas avermelhadas 4-verde com muitas manchas 5-verde com manchas vermelho escuro 6-predominantemente vermelho 7-predominantemente vermelho escuro 8-completamente avermelhada 9-completamente vermelho escuro
Cor secundária	0-ausente 1-base verde 2-ponta verde 3-nós verdes 4-base avermelhada

	<p>5-ponta avermelhada</p> <p>6-nós avermelhados</p> <p>7-outras</p>
<b>FOLHA MADURA</b>	
Formato	<p>1-redonda</p> <p>2-reniforme</p> <p>3-cordiforme</p> <p>4-triangular</p> <p>5-lanceolada</p> <p>6-lobulada</p> <p>7-quase dividida</p>
Tamanho	<p>3-pequena (&lt;8 cm)</p> <p>5-média (8-15 cm)</p> <p>7-grande (16-25 cm)</p> <p>9-muito grande (&gt;25 cm)</p>
Cor	<p>1-amarelo-esverdeado</p> <p>2-verde</p> <p>3-verde com pontas avermelhadas</p> <p>4-verde-acinzentado</p> <p>5-verde com veias roxas</p> <p>6-roxo suave</p> <p>7-predominantemente roxo</p> <p>8-verde superior e roxo no verso</p> <p>9-roxo em ambas as faces</p>
<b>LÓBULO</b>	
	0-sem lóbulo (lisa)

Tipo	<p>1-muito suave (dente)</p> <p>3-suave</p> <p>5-moderado</p> <p>7-profundo</p> <p>9-muito profundo</p>
Número	<p>0-se a folha é redonda e lisa</p> <p>1-se não tem lóbulos laterais</p> <p>3-com três lóbulos</p> <p>4-com quatro lóbulos</p> <p>5-com cinco lóbulos</p> <p>7-com sete lóbulos</p>
Formato do lóbulo central	<p>0-ausente (folha redonda e lisa)</p> <p>1-dentado (dente)</p> <p>2-triangular</p> <p>3-semi-circular</p> <p>4-semi-elíptico</p> <p>5-elíptico</p> <p>6-lanceolado</p> <p>7-oblongo-lanceolado</p> <p>8-linear largo</p> <p>9-linear estreito</p>
<b>NERVURAS</b>	
	<p>1-amarelo</p> <p>2-verde</p> <p>3-manchas vermelhas na base</p> <p>4-manchas vermelhas em várias nervuras</p>

Pigmentação das nervuras	<p>5-nervura principal avermelhada</p> <p>6-nervura principal totalmente vermelha</p> <p>7-todas as nervuras parcialmente vermelhas</p> <p>8-todas as nervuras totalmente vermelhas</p> <p>9-superfície inferior e nervuras totalmente vermelhas</p>
<b>FOLHA IMATURA</b>	
Cor da folha imatura	<p>1-amarelo-esverdeado</p> <p>2-verde</p> <p>3-verde com pontas avermelhadas</p> <p>4-verde-acinzentado</p> <p>5-verde com veias roxas</p> <p>6-roxo suave</p> <p>7-predominantemente roxo</p> <p>8-verde superior e roxo no verso</p> <p>9-roxo em ambas as faces</p>
<b>PECÍOLO</b>	
Comprimento do pecíolo	<p>1-muito curto (&lt;10 cm)</p> <p>3-curto (10-20 cm)</p> <p>5-intermediário (21-30 cm)</p> <p>7-longo (31-40 cm)</p> <p>9-muito longo (&gt; 40 cm)</p>
Pigmentação do pecíolo	<p>1-verde</p> <p>2-verde com roxo na base</p> <p>3-verde mais roxo na inserção da folha</p> <p>4-verde mais roxo nas inserções</p>

	<p>5-verde com manchas roxas</p> <p>6-verde com listas roxas</p> <p>7-roxa mais verde na inserção da folha</p> <p>8-alguns pecíolos roxos</p> <p>9-completamente roxo</p>
<b>RAIZ TUBEROSA</b>	
Formato	<p>1-redondo</p> <p>2-redondo elíptico</p> <p>3-elíptico</p> <p>4-ovalado</p> <p>5-obovado</p> <p>6-oblonga (quase quadrada)</p> <p>7-oblonga alongada (retangular)</p> <p>8-longa elíptica</p> <p>9-longa irregular ou curvada</p>
Defeitos na superfície	<p>0-ausente</p> <p>1-pele de jacaré</p> <p>2-veias</p> <p>3-constrições horizontais rasas</p> <p>4-constrições horizontais profundas</p> <p>5-dobras longitudinais rasas</p> <p>6-dobras longitudinais profundas</p> <p>7-constrições e dobras profundas</p> <p>8-outros</p>
<b>COR DA PELE DA RAIZ TUBEROSA</b>	
	1-branco

Cor predominante	<p>2-creme</p> <p>3-amarelo</p> <p>4-alaranjado</p> <p>5-laranja-amarronzado</p> <p>6-rosado</p> <p>7-vermelho</p> <p>8-roxo avermelhado</p> <p>9-roxo escuro</p>
Intensidade	<p>1-pálido</p> <p>2-intermediário</p> <p>3-escuro</p>
<b>COR DA POLPA</b>	
Cor predominante	<p>1-branco</p> <p>2-creme claro</p> <p>3-creme escuro</p> <p>4-amarelo claro</p> <p>5-amarelo escuro</p> <p>6-alaranjado claro</p> <p>7-alaranjado intermediário</p> <p>8-alaranjado escuro</p> <p>9-fortemente arroxeadado</p>
Cor secundária	<p>0-ausente</p> <p>1-branco</p> <p>2-creme</p> <p>3-amarelo</p> <p>4-alaranjado</p>

	<p>5-rosado</p> <p>6-vermelho</p> <p>7-vermelho escuro</p> <p>8-roxo</p> <p>9-roxo escuro</p>
Distribuição da cor secundária	<p>0-ausente</p> <p>1-anel próximo da casca</p> <p>2-anel largo próximo da casca</p> <p>3-manchas esparsas concentradas</p> <p>4-anel delgado na polpa</p> <p>5-anel largo na polpa</p> <p>6-anel e outras manchas na polpa</p> <p>7-mancha a secção longitudinal</p> <p>8-manchas cobrindo quase tudo</p> <p>9-manchas cobrindo toda a polpa</p>