



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO, PROPAGAÇÃO E MELHORAMENTO
GENÉTICO DE PITAYA COMERCIAL E NATIVA DO CERRADO**

CRISTIANE ANDRÉA DE LIMA

**TESE DE DOUTORADO
EM AGRONOMIA**

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CARACTERIZAÇÃO, PROPAGAÇÃO E MELHORAMENTO
GENÉTICO DE PITAYA COMERCIAL E NATIVA DO CERRADO

CRISTIANE ANDRÉA DE LIMA

ORIENTADOR: FÁBIO GELAPE FALEIRO
COORIENTADOR: NILTON TADEU VILELA JUNQUEIRA

TESE DE DOUTORADO
EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 013D/2013

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO, PROPAGAÇÃO E MELHORAMENTO
GENÉTICO DE PITAYA COMERCIAL E NATIVA DO CERRADO**

CRISTIANE ANDRÉA DE LIMA

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

Fábio Gelape Faleiro, Dr. (Embrapa Cerrados).
(Orientador) CPF: 739.634.706-82 E-mail: fabio.faleiro@embrapa.br

José Ricardo Peixoto, Dr. (Universidade de Brasília – FAV).
(Examinador Interno) CPF: 354.356.236-34 E-mail: peixoto@unb.br

Keize Pereira Junqueira, Dra. (Embrapa Produtos e Mercado).
(Examinadora externa) CPF: 717.667.741-72 E-mail: keize.junqueira@embrapa.br

Kelly de Oliveira Cohen, Dra. (Embrapa Sede/Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento). (Examinadora externa) CPF: 425.256.752-15
E-mail: kelly.cohen@embrapa.br

Solange Rocha Monteiro de Andrade, Dra. (Embrapa Cerrados).
(Examinadora externa) CPF: 068.754.058-57 E-mail: solange.andrade@embrapa.br

BRASÍLIA/DF, 27 de MARÇO de 2013.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lima, Cristiane Andréa

Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado. / Cristiane Andréa de Lima; orientação de Fábio Gelape Faleiro e coorientação de Nilton Tadeu Vilela Junqueira - Brasília, 2013. 124f.: il.

Tese de Doutorado (D) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.

1. Cactaceae. 2. Variabilidade genética. 3. Melhoramento. 4. Fenologia.

5. Enraizamento 6. Brotação

I. Faleiro, F. G. II. Doutor.

CDD ou CDU
Agris / FAO

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, C. A. **Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 124p. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: CRISTIANE ANDRÉA DE LIMA

TÍTULO DA TESE: Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado.

GRAU: Doutor

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: CRISTIANE ANDRÉA DE LIMA

CPF: 007.117.611-08

Tel. (61) 82200102

E-mail: cristiane.andrea@yahoo.com.br

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília pela oportunidade de realização do curso.

À Embrapa Cerrados por todo apoio técnico e financeiro para elaboração dos experimentos.

À CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao meu orientador Dr. Fábio Gelape Faleiro pela paciência, dedicação, incentivo, compreensão, amizade, apoio e suas valiosas sugestões durante toda a condução da tese.

Ao meu coorientador Dr. Nilton Tadeu Vilela Junqueira, pelos conselhos, apoio, sugestões, dedicação, pelas oportunidades e ensinamentos que tem me proporcionado na Embrapa Cerrados.

Ao Dr. José Ricardo Peixoto, pelas oportunidades, conselhos, por sempre estar disposto a me ajudar em qualquer situação, pela amizade e pelo exemplo de profissionalismo.

À Dra. Keize Pereira Junqueira, por me apresentar a pitaya, na qual se tornou minha grande paixão. Sempre me ajudou, incentivou e acreditou em mim em todas as etapas desse projeto.

À Dra. Kelly de Oliveira Cohen, pela paciência, incentivo e pela valiosa ajuda na condução das análises dos frutos de pitaya.

À Dra. Solange Rocha Monteiro de Andrade pela amizade, apoio, por sempre estar disposta a colaborar e sugestões em todo o trabalho.

Aos meus pais Milton Antônio e Telma Bueno, meus maiores incentivadores, pela compreensão, amor e carinho, e a todos os meus familiares que, de alguma forma, me deram apoio e me incentivaram nessa jornada.

Ao meu irmão Ricardo Alexandre por estar ao meu lado em todos os momentos e a minha irmã Luciana Regina, que apesar da longa distância, sempre me apoiou e me incentiva a cada passo em minha vida.

Ao meu grande amor Danilo Guimarães, pela paciência, carinho, dedicação, incentivo e a imensa ajuda que me forneceu ao longo de todos os experimentos.

Às minhas grandes amigas-irmãs e companheiras Carol e Mari por me amparar nos momentos difíceis e me dar força para superar as dificuldades.

À equipe de funcionários da Embrapa Cerrados que sempre me apoiaram e sem eles eu

não teria concluído meu trabalho: Rogério, Daniela, Juarez, José de Abeu, Nenzinho, Seu Domingos e Eric.

Aos meus colegas e companheiros de trabalho Karina, Leonice, Daniel, Graciele, Elisiane, Márcia, Karen e Inaldo pelo carinho e ajuda na condução dos experimentos.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

**Aos meus Pais, Milton Antônio e Telma Bueno.
Aos meus irmãos Luciana Regina e Ricardo Alexandre.
Ao meu amor Danilo Guimarães.
DEDICO.**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS GERAIS	4
2.1. Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1 Aspectos gerais da pitaya.....	5
3.2 Produção comercial da pitaya	6
3.3 Biologia floral e hibridações.....	9
3.4 Características físicas e químicas de frutos de pitayas.....	10
3.5 Propagação da pitaya.....	12
3.6 Caracterização de germoplasma e melhoramento genético das pitayas	13
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO INTRA E INTERESPECÍFICA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE DUAS ESPÉCIES DE PITAYA	19
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1.1 INTRODUÇÃO	22
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
1.4 CONCLUSÕES	31
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO 2. DIVERSIDADE GENÉTICA INTRA E INTERESPECÍFICA DE PITAYA COM BASE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS	35
RESUMO	36
ABSTRACT	37
2.1 INTRODUÇÃO	38
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
2.4 CONCLUSÕES	47
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, POLIFENÓIS E FLAVONÓIDES AMARELOS EM FRUTOS DE ESPÉCIES DE PITAYAS COMERCIAIS E NATIVAS DO CERRADO.....	50
RESUMO	51
ABSTRACT	52
3.1 INTRODUÇÃO	53
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.4 CONCLUSÕES	61
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
CAPÍTULO 4. FENOLOGIA REPRODUTIVA DE DUAS ESPÉCIES DE PITAYA NO CERRADO	64
RESUMO	65
ABSTRACT	66
4.1 INTRODUÇÃO	67
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	69

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.4 CONCLUSÕES	80
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
CAPÍTULO 5. TAXA DE ENRAIZAMENTO E BROTAÇÃO DE PITAYA UTILIZANDO DIFERENTES TAMANHOS DE CLADÓDIOS E SUBSTRATOS ...	86
RESUMO	87
ABSTRACT	88
5.1 INTRODUÇÃO	89
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	90
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
5.4 CONCLUSÕES	95
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
CAPÍTULO 6. OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS DE PITAYAS E CONFIRMAÇÃO POR MEIO DE MARCADORES MOLECULARES.....	99
RESUMO	100
ABSTRACT	101
6.1 INTRODUÇÃO	102
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	104
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	105
6.4 CONCLUSÕES	108
6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
CAPÍTULO 7. VIGOR E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE DEZ ACESSOS DA PITAYA VERMELHA (<i>Hylocereus undatus</i>) COMO SUBSÍDIOS PARA A SELEÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO.	111
RESUMO	112
ABSTRACT	113
7.1 INTRODUÇÃO	114
7.2 MATERIAL E MÉTODOS	116
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	118
7.4 CONCLUSÕES	122
7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Frutos de pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>)	8
Figura 2. Flores de pitaya (<i>Selenicereus setaceus</i>)	10
Figura 1.1 Partes do fruto de pitaya (<i>H. undatus</i>).....	24
Figura 2.1 Análise de agrupamento de 21 acessos de pitaya com base na matriz de distâncias euclidianas médias padronizadas calculadas utilizando-se 11 características físico-químicas de frutos. O método do UPGMA foi utilizado como critério de agrupamento. Brasília, Unb/Embrapa Cerrados.	44
Figura 2.2 Dispersão gráfica de 21 acessos de pitaya com base na matriz de distâncias euclidianas médias padronizadas calculadas utilizando-se de análises 11 características físico-químicas de frutos. Brasília, Unb/Embrapa Cerrados.	45
Figura 4.1 Dados climatológicos no período de 2009 a 2012.	70
Figura 4.3 Períodos de floração, frutificação e crescimento vegetativo das espécies <i>H. undatus</i> e <i>S. setaceus</i> de pitaya, no período de 2009 a 2012. Planaltina – DF.....	74
Figura 4.4 (A) Gema intumescida, primeiros indícios de diferenciação da gema floral; (B, C, D, E) Formação do botão floral; (F) Flor em pré-antese - inchamento do bulbo floral no dia anterior a antese; (G, H, I, J) Flor aberta, liberação do pólen; (K) Flor senescente, após liberação do pólen e fecundada; (L) Frutificação efetiva, início do crescimento do fruto; (M, O, P, Q) Crescimento do fruto; (R) Final do período de crescimento dos frutos, fruto “de vez”; (S, T) Fruto maduro com e sem espinho. As barras vermelhas, de todas as figuras, correspondem a 2 cm de comprimento.	78
Figura 4.5 (A) Gema intumescida, primeiros indícios de diferenciação da gema floral; (B, C, D) Formação do botão floral; (E) Flor em pré-antese - inchamento do bulbo floral no dia anterior a antese; (F, G) Flor aberta, liberação do pólen; (H) Flor senescente, após liberação do pólen e fecundada; (I) Frutificação efetiva, início do crescimento do fruto; (J, K, L, M) Crescimento do fruto; (N) Final do período de crescimento dos frutos, fruto “de vez”; (O, P) Fruto maduro. As barras vermelhas, de todas as figuras, correspondem a 2 cm de comprimento.	79
Figura 6.1 Produto de amplificação de amostras de DNA genômico dos possíveis híbridos interespecíficos (F1?), seus genitores <i>Hylocereus costaricensis</i> ♀, <i>Hylocereus undatus</i> ♂ (1) e descartado o segundo genitor masculino <i>Selenicereus setaceus</i> ♂ (2), obtidos com o uso dos primers decâmeros OPE-11 (a) e OPF-08 (b). As setas indicam bandas informativas utilizadas para a confirmação da fecundação cruzada.	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Acessos de pitaya analisados, com a respectiva espécie, nome popular, procedência, Estado de origem e código de introdução no banco de germoplasma da Embrapa Cerrados. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.....	23
Tabela 1.2 Comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa total do fruto (MTF), massa da casca (MC), massa da polpa (MP), sólidos solúveis da parte superior (SSS), sólidos solúveis da parte mediana (SSM), sólidos solúveis da parte inferior (SSI), sólidos solúveis da base do terço superior (SBTS), sólidos solúveis do centro do terço intermediário (SCTI) e sólidos solúveis da parte superior do terço inferior (SSTI) de 21 genótipos de pitaya das espécies <i>H. undatus</i> e <i>S. setaceus</i> . UnB/Embrapa Cerrados.	26
Tabela 1.3 Quadrados médios de genótipos (QMg) e do erro (QMe), valor de F e estimativas das variâncias fenotípica a nível de média (σ_f^2), genotípica (σ_g^2) e ambiental (σ_e^2), da herdabilidade ao nível de média (h_a^2), dos coeficientes de variação experimental (CVe) e genético (CVg) e da relação CVr de cada caráter avaliado para 21 genótipos de pitaya. UnB/Embrapa Cerrados ⁽¹⁾	28
Tabela 1.4 Estimativas das correlações de Pearson entre os caracteres: comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa total do fruto (MTF), massa da casca (MC), massa da polpa (MP), sólidos solúveis da parte superior (SSS), sólidos solúveis da parte mediana (SSM), sólidos solúveis da parte inferior (SSI), sólidos solúveis da base do terço superior (SBTS), sólidos solúveis do centro do terço intermediário (SCTI) e sólidos solúveis da parte superior do terço inferior (SSTI) de 21 genótipos de pitaya. .	29
 Tabela 2.1 Acessos de pitaya analisados, com a respectiva espécie, nome popular, procedência, estado e código de introdução no banco de germoplasma da Embrapa Cerrados. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.....	40
Tabela 2.2 Estatísticas descritivas relacionadas às características físicas e químicas de frutos de 21 acessos de pitaya e contribuição relativa para a diversidade genética. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.	42
Tabela 2.3 Matriz de distância genética entre 21 acessos de pitaya, baseado em análises de 11 características físico-químicas de frutos, utilizando o índice da Distância Euclidiana Média Padronizada. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.	46
 Tabela 3.1 Resumo da análise de variância dos dados relativos às variáveis sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), polifenóis extraíveis (PE), flavonóides amarelos (FLAV), avaliados em seis genótipos de pitaya. UnB/Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.	56
Tabela 3.2 Características químicas de frutos de espécies comerciais e nativas (Coleção Emb. Cerrados) de pitaya.	57
Tabela 3.3 Quantidade de compostos fenólicos em polpa de frutos de espécies comerciais e nativas de pitaya.	60
 Tabela 4.1 Escala fenológica reprodutiva de duas espécies de pitaya (<i>Selenicereus setaceus</i> e <i>Hylocereus undatus</i>), com a descrição do período de todos os estádios reprodutivos, das gemas intumescidas até a colheita dos frutos. Planaltina, DF.	77
 Tabela 5.1 Resumo da análise de variância dos dados relativos às variáveis: Número de brotos (NB), Comprimento Total dos Brotos (CTB), Diâmetro Médio dos Brotos (DMB), Massa Fresca (MFB) e Seca (MSB) dos Brotos, Massa Fresca (MFR) e Seca	

(MSR) das Raízes e Porcentagem de Pegamento (% PG) obtidos com o enraizamento de cladódios de pitaya com diferentes tamanhos (número de gemas) em substratos contento vermiculita e pedrisco. UnB/Embrapa Cerrados. 92

Tabela 5.2 Número de brotos (NB), Comprimento Total dos Brotos (CTB), Diâmetro Médio dos Brotos (DMB), Massa Fresca (MFB) e Seca (MSB) dos Brotos, Massa Fresca (MFR) e Seca (MSR) das Raízes e Porcentagem de Pegamento (% PG) obtidos com o enraizamento de cladódios de pitaya com diferentes tamanhos (número de gemas) em substratos contento vermiculita (Subst. 1) e pedrisco (Subst. 2). UnB/Embrapa Cerrados. 93

Tabela 6.1 Suposto híbrido interespecífico e prováveis genitores..... 104

Tabela 7.1 Acessos de pitaya analisados da espécie *H. undatus*, com a respectiva procedência, Estado de origem e código de introdução no banco de germoplasma de Embrapa Cerrados. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados..... 116

Tabela 7.2 Quadrados médios de genótipos (QMg) e do erro (QMe), valor de F e estimativas das variâncias fenotípica a nível de média (σ_f^2), genotípica (σ_g^2) e ambiental (σ_e^2), da herdabilidade ao nível de média (h_a^2), dos coeficientes de variação experimental (CVe) e genético (CVg) e da relação CVr de cada caráter avaliado para 10 genótipos de pitaya. UnB/Embrapa Cerrados⁽¹⁾. 119

Tabela 7.3 Médias das variáveis: número de cladódios por planta (NC), comprimento total de cladódios por planta (CTC), diâmetro médio dos cladódios (DMC), número de flores por planta (NFL), número de frutos por planta (NFT), porcentagem de vigamento por planta (V) e número total de frutos por planta (NTFP) do 4º, 5º e 6º ano de cultivo. UnB/Embrapa Cerrados. 120

CARACTERIZAÇÃO, PROPAGAÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO DE PITAYA COMERCIAL E NATIVA DO CERRADO

RESUMO GERAL

As pitayas são consideradas uma novidade promissora no Brasil. Ainda não existe uma cultivar lançada no mercado que tenha alta produtividade e atenda as exigências do consumidor brasileiro. O presente trabalho teve como objetivo avaliar características físicas e químicas de frutos e a variabilidade genética de acessos de pitaya com grande potencial comercial, avaliar o hábito de florescimento e frutificação nas condições do Cerrado do Planalto Central, otimizar a metodologia de propagação vegetativa, subsidiar trabalhos de seleção de genótipos superiores e melhoramento genético com a obtenção e avaliação de híbridos interespecíficos. Os experimentos foram realizados na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF. Para avaliar as características físico-químicas, foram analisados o comprimento, diâmetro, pH, sólidos solúveis, massa total da casca e da polpa. A espécie *Selenicereus setaceus* apresenta maior teor de sólidos solúveis, diferenciando significativamente da espécie *Hylocereus undatus*. Os resultados das correlações indicam que quanto maior o tamanho e massa dos frutos menor é o teor de sólidos solúveis na polpa dos frutos de pitaya, considerando os genótipos e espécies analisados. A análise de agrupamento permitiu subdividir os vinte e um genótipos das duas espécies de pitaya em dois grupos de similaridade genética. As características físico-químicas dos frutos evidenciam alta diversidade genética entre os acessos das espécies *H. undatus* e *S. setaceus*. Foi realizada também a caracterização química e de compostos fenólicos de frutos de espécies de pitaya *Hylocereus costaricensis*, *H. undatus*, *Selenicereus setaceus* e *S. megalanthus*. As análises físico-químicas foram baseadas na porcentagem de sólidos solúveis, pH e acidez total titulável expresso em porcentagem de ácido cítrico. A determinação dos compostos fenólicos foi feita com base nas análises de polifenóis extraíveis totais e flavonóides amarelos. Foram observadas diferenças significativas entre as espécies de pitaya e entre as partes basal, mediana e apical dos frutos quanto às características químicas e a quantidade de compostos fenólicos. A espécie *H. costaricensis* merece destaque pela presença de maior quantidade de compostos fenólicos, diferenciando significativamente das demais espécies. Em relação ao hábito de florescimento e frutificação das espécies *H. undatus* e *S. setaceus*, verificou-se que a floração e frutificação da espécie *S. setaceus* começa e termina cerca de dois meses antes que a espécie *H. undatus*. O período da antese até a

maturação dos frutos da espécie *S. setaceus* dura cerca de 18-27 dias a mais, quando comparada com a espécie *H. undatus*. Visando a otimização da metodologia de propagação utilizou-se diferentes tamanhos de cladódios e substratos da pitaya (*H. undatus*). Verificou-se que mudas oriundas de cladódios com 9 gemas permitiram a obtenção de maior número e comprimento de brotos, maior massa fresca e seca de brotos e raízes. De um modo geral, o substrato com vermiculita permitiu a obtenção de mudas com maior quantidade de brotos e massa de raízes. Híbridos interespecíficos foram desenvolvidos e confirmados utilizando-se marcadores moleculares RAPD. Constatou-se a existência de compatibilidade genética entre as espécies *H. costaricensis* e *H. undatus*. Para verificar características de vigor e desempenho agrônomo de dez genótipos de pitayas da espécie *H. undatus*, as seguintes características foram analisadas: número de cladódios, comprimento total de cladódios, diâmetro médio dos cladódios, número médio de flores, número médio de frutos, porcentagem de vingamento por planta e número total de frutos produzido por planta durante 3 anos. Efeitos significativos dos genótipos de pitaya foram verificados para todas as características agrônomicas avaliadas. Os genótipos 01 (CPAC PY-01(3)) e 05 (CPAC PY-01(4)) proporcionaram melhor desenvolvimento vegetativo e maior produtividade, demonstrando características promissoras para o processo de seleção e melhoramento genético para as condições do Cerrado.

Palavras-chave: Cactaceae, variabilidade genética, melhoramento, fenologia, propagação vegetativa, química de frutos, compostos fenólicos, produtividade, Cerrado.

CHARACTERIZATION, VEGETATIVE PROPAGATION AND GENETIC BREEDING OF COMMERCIAL AND BRAZILIAN SAVANNA NATIVE PITAYAS

ABSTRACT

The pitayas are considered a promising novelty in Brazil. Still there is not a cultivar released in the market that has high productivity and meets the Brazilian consumer requirements. This study aimed to evaluate physical and chemical fruit characteristics and to analyze the genetic variability of pitaya accessions with great commercial potential. Others objectives of this work included to evaluate the flowering and fruiting habit in Brazilian Savanna conditions, optimizing the methodology of vegetative propagation, subsidizing the selection of superior genotypes, the obtaining and evaluation of interspecific hybrids and genetic breeding. The experiments were conducted at Embrapa Cerrados, located in Planaltina, DF. The physico-chemical fruit characteristics evaluated were the length, diameter, pH, soluble solids, total mass of skin and pulp. The species *Selenicereus setaceus* has higher soluble solids, differing significantly from the species *Hylocereus undatus*. The correlations results indicate that the accessions with larger size and mass of the fruits have less soluble solid content in fruit pulp, considering the genotypes and species analyzed. Cluster analysis allowed subdivide the twenty-one genotypes of two pitaya species in two genetic similarity groups. The physico-chemical fruit characteristics showed high genetic diversity among accessions of the *H. undatus* and *S. setaceus* species. Chemical characterization and phenolic compounds were also analyzed in fruits of *Hylocereus costaricensis*, *H. undatus*, *Selenicereus setaceus* and *S. megalanthus*. The physico-chemical analyzes were based on the percentage of soluble solids, pH and titratable acidity expressed as percentage of citric acid. The determination of phenolic compounds were based on analyzes of total extractable polyphenols and yellow flavonoids. Significant differences of the physico-chemical characteristics and amount of phenolic compounds were observed among pitaya species and basal, middle and apical fruit position. The *H. costaricensis* species is noteworthy for the higher amount of phenolic compounds, differing significantly from the other species. Regarding the flowering and fruiting habit of pitaya species, and species, it was found that *S. setaceus* flowering and fruiting begins and ends about two months before the *H. undatus* species. *S. setaceus* period from anthesis to fruit maturity takes about 18-27 days longer than *H. undatus*. In order

to optimize the vegetative propagation methodology, we used different substrates and cladodes sizes of *H. undatus*. It was found that cladodes with 9 gems allowed to obtain seedlings with the largest number and length of shoots, higher fresh and dry shoots and roots weight. Generally, the substrate with vermiculite afforded seedlings with greater amounts of buds and root mass. Interspecific hybrids were developed and confirmed, using RAPD markers. It was found the genetic compatibility between *H. costaricensis* and *H. undatus* pitaya species. Vigor characteristics and agronomic performance of ten genotypes of *H. undatus* species were analyzed based on the number, total length and diameter of the cladodes, number of flowers, number of fruits, percentage of ripening per plant and total number of fruits produced per plant in three years. Significant effects of pitaya genotypes were observed for all traits evaluated. Genotype 01 (CPAC PY-01(3)) e 05 (CPAC PY-01(4)) showed better vegetative growth and high yield, showing promising characteristics for the selection process and genetic breeding for Brazilian Savanna conditions.

Keywords: Cactaceae, genetic variability, breeding, phenology, vegetative propagation, fruit chemistry, phenolic compounds, productivity, Brazilian savanna.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A pitaya é uma fruta rústica, pertencente à família Cactaceae, sendo conhecida mundialmente como *Dragon Fruit* ou Fruta-do-Dragão. Sua polpa é rica em fibras com excelentes qualidades digestivas e de baixo teor calórico.

Os frutos das pitayas apresentam características diversificadas de acordo com a espécie, dentre as quais podem ser citadas *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (frutos com casca vermelha e polpa branca), *Hylocereus costaricensis* (frutos com casca vermelha e polpa vermelha), *Selenicereus megalanthus* (K. Schum ex Vaupel) (frutos com casca amarela com espinhos e polpa branca) e *Selenicereus setaceus* (Rizz.) (frutos com casca vermelha com espinhos e polpa branca).

Atualmente, as espécies de pitaya mais cultivadas e comercializadas no mundo são: *H. undatus* e a *S. megalanthus* (MIZRAHI et al., 1997; NERD et al., 2002).

No Brasil tem sido considerada uma fruta exótica, apesar de serem encontradas espécies de pitaya nativas no Cerrado e matas de transição, principalmente espécies do gênero *Selenicereus* e *Hylocereus*, dentre elas a *S. setaceus*, popularmente conhecida como pitaya-do-cerrado ou “saborosa” (JUNQUEIRA et al., 2002a).

Os frutos da espécie *H. undatus* possuem alto potencial agrônomo e econômico, são muito atrativos ao consumidor, de sabor agradável e levemente adocicado, tem como origem às regiões de florestas tropicais do México, América Central e América do Sul (MIZRAHI et al., 1997; ORTIZ e LIVEIRA 1995). Essa espécie encontra-se distribuída pela Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Brasil, Colômbia e México, sendo os dois últimos os maiores produtores mundiais (CANTO, 1993).

Segundo Junqueira et al. (2008), ainda não existe uma cultivar lançada no mercado que atenda às necessidades climáticas de produção. As mudas comercializadas atualmente não são provenientes de matrizes selecionadas e apresentam num mesmo plantio grande variação na produção, tamanho e formato de frutos, bem como nas características físico-químicas, refletindo na necessidade de indicação de uma cultivar para a região do Cerrado do Planalto Central.

Durante muito tempo, o consumo dos frutos de pitaya foi restrito às regiões norte-americanas, européias e australianas, chegando ao Brasil na década de 90 através de importações da Colômbia, o que despertou o interesse dos fruticultores brasileiros.

No Brasil, as pitayas são consideradas uma novidade promissora. Existem

pequenas áreas de produção situadas principalmente no Estado de São Paulo, localizadas na região de Catanduva. Entretanto, devido ao maior consumo de frutas exóticas e ao seu valor comercial, surgiu interesse por parte dos fruticultores no plantio e cultivo desta frutífera. Na região Sudeste, a produção dos frutos ocorre durante os meses de dezembro a maio (BASTOS et al., 2006).

A pitaya é uma cultura de rápido retorno, produz logo no primeiro ano após o plantio (ZEE et al., 2004; LE BELLEC et al., 2006), e sua produção pode alcançar aproximadamente 20 t.ha⁻¹ no quinto e sexto ano de cultivo. Quando ocorre a estabilização, com um manejo adequado, essa produção pode ser mantida por 15 a 20 anos (HESSEN e TELLEZ, 1995). Em Israel, Ma'abarot, a produção chegou a 34 t.ha⁻¹ no quinto ano (Nerd et al., 2002).

Seu consumo pode ser tanto da polpa do fruto ao natural, como refresco, geléias e doces e também, de acordo com o conhecimento popular, pode ser utilizada em medicina caseira, como tônico cardíaco. Características como sabor doce e suave, polpa firme e repleta de sementes e ação laxante são fatores que proporcionam grande aprovação dos mercados consumidores e fazem da pitaya uma fruta com alta aceitação pelo consumidor. Essas particularidades podem gerar uma importante demanda do mercado de frutas consideradas exóticas. O alto valor pago pelo quilo da fruta, que pode variar de dez a sessenta reais, dependendo da época do ano, espécie e da demanda, também constitui um grande atrativo para o plantio dessa frutífera (JUNQUEIRA et al., 2002a; MERCADO LIVRE, 2010; SOUZA, 2010).

A fruta *in natura* é exportada para vários países, inclusive para o Japão, e na forma de polpa congelada, para os Estados Unidos. As frutas produzidas em Israel são comercializadas na Europa por US\$ 4/kg, valor mais elevado pago por uma fruta exportada por Israel (SOCHA, 2010).

Segundo Dam (2009), o fruto da pitaya é rico em vitaminas, auxilia no processo digestivo e segundo conhecimento popular, tem efeito benéfico em gastrites, é preventivo contra o câncer de cólon e diabetes, ajuda a neutralizar substâncias tóxicas como metais pesados, reduz os níveis de colesterol e as altas pressões do sangue, além dos cladódios e as flores serem usados contra problemas renais. Esse grande potencial funcional das pitayas precisa ser melhor investigado por meio de caracterizações físico-químicas e de compostos fenólicos em frutos de diferentes espécies.

Como a pitaya encontra-se entre as frutíferas tropicais pouco conhecidas, porém com elevado potencial para os mercados interno e externo, deve haver intensificação das pesquisas, visando principalmente à obtenção de informações básicas sobre a

cultura para que as mesmas sejam utilizadas na prática pelos produtores. Dentre esses conhecimentos, a otimização da metodologia de propagação vegetativa das pitayas para produção de mudas de qualidade, a partir de pequena quantidade de material propagativo, é importante para a uniformização dos pomares e também para a multiplicação de matrizes, acelerando o processo de avaliação e seleção de materiais geneticamente superiores. Informações sobre fenologia, biologia floral e polinizadores também têm grande importância para o melhoramento genético e para a otimização dos sistemas de produção.

Na linha do melhoramento genético, considerando o potencial das pitayas, a Embrapa Cerrados iniciou na década de 90 um programa de avaliação e seleção de pitayas comerciais e nativas do Cerrado (JUNQUEIRA et al., 2002b). O trabalho de caracterização tem mostrado o potencial de pitayas nativas do Cerrado na ampliação da base genética no programa de melhoramento. Nesse contexto, a obtenção de híbridos interespecíficos assume importância estratégica. Além disso, a avaliação agronômica desses materiais e de outros genótipos promissores é de grande importância para subsidiar os trabalhos de seleção e melhoramento genético que visem um desenvolvimento de materiais geneticamente superiores a serem disponibilizados para os produtores.

2. OBJETIVOS GERAIS

Determinar características físicas e químicas de frutos de pitayas comerciais e nativas, otimizar a metodologia de propagação vegetativa e subsidiar trabalhos de seleção e melhoramento genético com a obtenção e avaliação de híbridos interespecíficos e genótipos superiores.

2.1. Objetivos Específicos

- Determinar características físico-químicas de frutos de 21 genótipos de duas espécies de pitaya com grande potencial comercial.
- Estabelecer a divergência genética de 21 acessos de duas espécies de pitaya mantidas na coleção de germoplasma da Embrapa Cerrados com base nas características físico-químicas dos frutos.
- Obter as características físico-químicas e a quantificação de polifenóis e flavonóides amarelos totais em diferentes porções dos frutos de quatro diferentes espécies de pitayas comerciais e nativas do Cerrado.
- Determinar o hábito de florescimento e frutificação de duas espécies de pitaya (*Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*) nas condições do Cerrado do Planalto Central.
- Determinar o enraizamento e brotação de pitaya utilizando diferentes tamanhos de cladódios e diferentes substratos, visando otimizar a metodologia de propagação da pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*).
- Obter híbridos interespecíficos de pitaya e identificar por meio de marcadores moleculares RAPD, o genitor masculino de uma progênie obtida por meio de polinização natural.
- Determinar características de vigor e desempenho agrônomo de dez genótipos de pitayas da espécie *Hylocereus undatus* e estimar parâmetros genéticos para subsidiar a seleção e melhoramento genético nas condições do Cerrado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da pitaya

As pitayas pertencem à família Cactaceae, a qual apresenta aproximadamente 84 gêneros e 1.400 espécies nativas das Américas. As espécies dessa família são freqüentemente usadas como plantas ornamentais e normalmente são adaptadas a ambientes extremamente quentes ou áridos, apresentando ampla variação anatômica e capacidade fisiológica de conservar água. A modificação caulinar é comumente chamada de cladódio.

Além de plantas de jardim, muitas espécies de cacto têm usos comerciais importantes. Algumas espécies produzem frutas comestíveis, como a *Opuntia Ficus-indica* (figo da Índia) e a *H. undatus* (fruta do dragão ou pitaya), a qual é uma das cactáceas frutíferas mais cultivadas do mundo.

Na América Latina, existem diferentes espécies cultivadas que são referidas como pitaya, que torna a classificação botânica difícil. No entanto, todas as espécies estão agrupadas em quatro gêneros principais: *Stenocereus* (Britton & Rose), *Cereus* (Mill), *Selenicereus* (Riccob) e *Hylocereus* (Britton & Rose) (MIZRAHI, et al., 1997; BRITTON e ROSE, 1963).

Segundo Mizrahi e Nerd (1999), a pitaya é cultivada comercialmente visando à produção de frutos na Austrália, Camboja, Colômbia, Equador, Guatemala, Indonésia, Israel, Japão, Nova Zelândia, Nicarágua, México, Peru, Filipinas, Espanha, Taiwan, Tailândia, Estados Unidos, Vietnã e Brasil.

É uma planta perene, crescendo comumente sobre árvores, muros ou pedras. As pitayas possuem raízes fibrosas, abundantes e desenvolvem numerosas raízes adventícias que ajudam na fixação e na obtenção de nutrientes. Os cladódios (segmentos de caules) são triangulares, suculentos e apresentam espinhos com 2 a 4 mm de comprimento. O fruto é globoso ou subgloboso, com diâmetro variável, podendo ser de coloração amarela ou vermelha, coberto com brácteas (escamas) ou espinhos. Sua polpa é rica em fibras com excelentes qualidades digestivas e de baixo teor calórico. As sementes medem aproximadamente de 0,5 a 2 mm de diâmetro e são muito numerosas, de coloração escura e se encontram distribuídas em toda a polpa (CANTO, 1993).

As flores nascem nas axilas dos espinhos, são hermafroditas, vistosas, medem 15 a 30 cm de comprimento, com antese de período noturno. Dependendo da espécie, a coloração das pétalas podem ser branca cremosa ou rosa. As flores são eretas e quando abertas são orientadas pela busca da luz da lua ou do sol. Uma boa floração está em

função de alguns fatores como a umidade, luz, temperatura e macro e micro nutrientes. Se a fecundação for insuficiente ou os ramos não estiverem bem desenvolvidos, pode posteriormente ocorrer uma grande perda de flores (BECERRA, 1987).

As plantas de pitaya foram domesticadas por um curto período de tempo e as primeiras referências publicadas para as práticas de cultivo são de aproximadamente 20 anos atrás.

O pouco conhecimento agrônômico foi adquirido a partir do cultivo na América tropical. Os métodos tradicionais de cultivo mudaram consideravelmente em novas áreas de produção, uma vez que foram adaptados e aperfeiçoados para superar os problemas encontrados (BARBEAU, 1990; BECERRA, 1987).

3.2 Produção comercial da pitaya

As pitayas podem ser cultivadas de 0 até 1.800 m acima do nível do mar, desde que as temperaturas sejam em média de 18 a 26°C, com chuvas de 1200 a 1500 mm/ano. Entretanto, pode adaptar-se a diversos tipos de climas, desde os tropicais aos subtropicais até aos áridos (LORENZI et al., 2001).

A cultura não é muito exigente em tratamentos culturais. Dependendo das condições pluviométricas regionais, exige-se irrigação, dando atenção especial na fase de crescimento vegetativo. Essa irrigação pode ser realizada através de gotejamento.

O manejo das plantas daninhas deve ser feito visando diminuir a concorrência por água, luminosidade, nutrientes, CO₂, além de promover maior controle de pragas e doenças das quais são hospedeiras.

A cultura não é sujeita a ataques frequentes de doenças e pragas, no entanto pode ocorrer a bacteriose, podridão-mole, causada por *Pectobacterium carotovora*, provocando danos nos cladódios. Temperatura e pluviosidade elevadas favorecem a doença. Insetos e pássaros também podem causar injúrias durante as fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, fazendo com que os frutos percam qualidade, impossibilitando sua comercialização (COSTA, 2012).

Os solos que oferecem melhores condições para o desenvolvimento do cultivo são aqueles de pH entre 5,5 e 6,5 e não compactados, ricos em matéria orgânica, bem drenados e de textura bem solta.

As plantas da pitaya apresentam boa resposta à adubação orgânica (MIZRAHI e NERD, 1999) e por isso a utilização de fontes alternativas de nutrientes na cultura da pitaya pode contribuir para minimizar os custos com boas perspectivas de produtividade

(MARQUES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2010).

Segundo Marques et al. (2012), o investimento em um novo produto é sempre um fator que gera dúvida para o produtor, que irá fazer gastos e quer saber qual a geração de benefícios em longo prazo. Deve-se levar em conta todos os aspectos de ordem técnica e financeira para que o produtor tenha garantia no empreendimento, melhorias na sua condição sócio-econômica e um aproveitamento racional no uso da terra (FACHINELLO et al., 1996).

A estimativa dos orçamentos para implantação de pomares serve para trazer uma estimativa dos níveis de preço final do produto. Assim, o produtor adquire conhecimentos sobre a viabilidade da cultura e os custos envolvidos na atividade agrícola.

O custo de produção das atividades agrícolas é um importante instrumento de planejamento e gestão de uma propriedade. A condição ideal para qualquer processo produtivo é aquela em que dado o preço de mercado e a receita do produtor, essa permita cobrir os custos de produção e de comercialização. Ademais, tal ferramenta de análise permite que se calcule indicadores como a rentabilidade da atividade, estimando não apenas as margens obtidas, como também o ponto de equilíbrio, que determina quanto se deve produzir sob nível pré-estabelecido de custo e preço de venda, em que a renda obtida remunere tais custos (OLIVEIRA e VEGRO, 2004).

Embora a pitaya seja considerada uma cultura rentável, é fundamental a realização de pesquisas mostrando não apenas resultados referentes à parte técnica relacionada ao manejo da cultura e das características genéticas das variedades, mas também as referentes ao rendimento econômico da cultura (MARQUES et al., 2012).

No primeiro ano, na fase de implantação da cultura de pitaya, os maiores custos são realizados com fontes de adubação, mão-de-obra e outras despesas inerentes ao bom funcionamento. No segundo e terceiro anos, na fase de manutenção, os maiores custos de produção também são com os adubos orgânicos e mão de obra (MARQUES et al., 2012).

Adubos orgânicos de esterco bovino adicionado de cama de frango proporcionam, segundo Marques et al. (2012), a maior produtividade e o maior retorno financeiro, tendo, ao final de três anos após a instalação da cultura no campo, compensado todos os custos e gerado benefícios líquidos. Para Costa (2012) e Moreira et al. (2011), a aplicação de esterco bovino com esterco de galinha associado ao granulado bioclástico resultou em maior produtividade, além de favorecer a qualidade dos frutos.

A pitaya amarela (*S. megalanthus*), proveniente da Colômbia ou da Martinica, pode chegar anualmente a uma produção de 14 toneladas por hectare de frutos e a pitaya vermelha de polpa branca (*H. undatus*) 30 toneladas por hectare (CRANE e BALERDI, 2005; LE BELLEC et al., 2006). Os produtores do Vietnã conseguem obter até 40 toneladas por hectare, provavelmente devido ao sistema de condução da planta com a utilização adequada de podas, o que aumenta a brotação de novos cladódios na planta e, conseqüentemente, leva à produção de mais flores e frutos. A irrigação nos períodos mais secos, desde que sem encharcamentos, também acelera o desenvolvimento da planta (FAZENDA CITRA, 2010).

Os frutos da pitaya vermelha de polpa branca (*H. undatus*) são muito atrativos ao consumidor (Figura 1), de sabor agradável e levemente adocicado. Esta pitaya tem origem em regiões de florestas tropicais do México e América Central e América do Sul (MIZRAHI et al., 1997). Essa espécie encontra-se distribuída pela Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Brasil, Colômbia e México, sendo os dois últimos os maiores produtores mundiais (CANTO, 1993). É uma espécie que apresenta vários nomes comuns, tais como: *pitahaya*, *red pitaya*, *strawberry pear* e pitaya na América Latina; *night blooming* e *queen of the night* na América do Norte e *red dragon fruit* e *dragon fruit* na Ásia.



Figura 1. Frutos de pitaya (*Hylocereus undatus*).

O gênero *Hylocereus* tem cerca de outras 25 espécies, algumas muito parecidas com a *H. undatus* (DONADIO e SADER, 2005). Dentre as inúmeras espécies citadas na literatura, a maioria apresenta frutos de polpa branca, com a cor da casca variando do vermelho ao púrpura, tendo as frutas de polpa vermelha maior aceitação no mercado externo (JACOBS, 1999; MERTEN, 2003). No Brasil, a maioria dos consumidores

preferem os frutos de polpa branca. O seu peso pode alcançar até 1.100 kg, contudo, a média situa-se entre 350 a 450 g (MIZRAHI e NERD, 1999).

A pitaya-do-cerrado (*S. setaceus*), conhecida popularmente como saborosa, é uma espécie de cactácea que vegeta naturalmente sobre maciços rochosos de arenito ou quartzito, troncos de árvores e em solos arenosos de campos rupestres dos Cerrados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Distrito Federal e Tocantins. Há relatos de sua ocorrência também em áreas de restinga na Bahia e Rio de Janeiro, bem como na Argentina e no Paraguai. Em seu habitat, os frutos apresentam espinhos, polpa branca succulenta, com pequenas sementes negras comestíveis. Quando maduros, pesam de 30 a 80 g, com sólidos solúveis na faixa de 13 % a 15 % e rendimento de polpa de 75 %. Seu sabor lembra uma mistura de kiwi e maracujá, mas é qualificado como mais agradável, e sua aparência é muito mais atrativa para o consumidor que a pitaya amarela (JUNQUEIRA et al., 2002b).

Moradores de fazendas mais antigas das regiões do Cerrado de Minas Gerais e Goiás costumavam manter essas plantas em suas propriedades sobre muros, troncos de árvores e cercas, pois utilizavam seus frutos como laxante e o suco concentrado dos cladódios como depurativo e em trabalhos de parto. Por essas razões, atualmente, essa espécie é facilmente encontrada em fazendas antigas e taperas (JUNQUEIRA et al., 2002b).

A pitaya-do-cerrado é uma fruta que desponta com grande potencial de aproveitamento e expansão na culinária brasileira, visto que reúne atributos sensoriais marcantes, apreciados pelos consumidores, como cor, sabor e aparência, além de ser rica em vitaminas, minerais e possuir baixo teor calórico. Um fator que pode constituir um entrave no consumo da pitaya-do-cerrado e que compromete sua conveniência é a grande quantidade de espinhos, finos e rígidos, aderidos à sua casca (RODRIGUES, 2010). Porém, esse espinhos são facilmente removidos.

3.3 Biologia floral e hibridações

As flores são hermafroditas, apresentam 20 a 35 cm de comprimento, perfumadas ao abrir, noturnas, quando são polinizadas por insetos. Contém numerosos estames, tendo sido contados acima de 800 em uma só flor, arranjados em duas fileiras, ao redor do pistilo formado por 14 a 28 estiletes de cor creme. As sépalas são de cor verde-clara. O pólen é abundante e de cor amarela (Figura 2).

Para que ocorra a polinização cruzada ou autopolinização é necessário que a flor

se abra, o que ocorre à noite, sendo sua abertura precedida de várias etapas. A partir das 12 horas há um inchamento do bulbo floral e o início da deiscência das anteras. No início da noite (após as 19 horas), se dá a abertura floral, com separação do perianto e das brácteas, estágio no qual as anteras já estão com sua máxima deiscência. Os lóbulos do estigma se estendem, mas como há uma separação dos estames e uma diferença de altura entre os órgãos, a autopolinização é dificultada.



Figura 2. Flores de pitaya (*Selenicereus setaceus*).

Segundo Donadio e Sader (2010), a polinização e fecundação são essenciais para que haja frutificação na pitaya, com atração de polinizadores, como abelhas, pássaros, mamangavas e morcegos, pelo perfume do néctar da flor. Há espécies que são auto-incompatíveis, necessitando de outra planta para que haja a polinização cruzada.

Como os órgãos masculinos amadurecem primeiro, a abertura da flor pode ser feita manualmente, o que atrai as abelhas e possibilita a transferência do pólen pelas mesmas, pois é comum os polinizadores procurarem as flores, mas estas ainda estarem fechadas.

Se houver condições de realizar a polinização manual, basta abrir a flor, retirar o pólen com os dedos e transferi-los ao estigma de outra flor de abertura no mesmo dia. (DONADIO e SADER, 2010).

3.4 Características físicas e químicas de frutos de pitayas

A parte comestível do fruto é constituída pelo mesocarpo, que possui uma textura mucilaginosa, com milhares de pequenas sementes distribuídas de forma homogênea em toda a polpa.

De acordo com Wu e Chen (1997), a distribuição de sólidos solúveis na polpa

dos frutos não é homogênea já que a parte do núcleo é mais rica em açúcares do que a parte periférica. Os sólidos solúveis consistem principalmente de açúcares redutores e, mais especificamente glicose e frutose, com conteúdos variando de (30-55) g L⁻¹ e (4 a 20) g L⁻¹, respectivamente, dependendo da variedade.

A acidez da polpa dos frutos geralmente é baixa, entre (2.4 e 3.4) g L⁻¹, o que resulta uma baixa qualidade sensorial de suco, quando é consumido sozinho. Os principais ácidos orgânicos presentes no suco de pitaya são o ácido cítrico e ácido láctico (STINTZING et al., 2003). A concentração encontrada de vitamina C é baixa, a maioria das espécies apresentam o teor menor que 11 mg L⁻¹.

Segundo trabalhos realizados na Embrapa Cerrados, constatou-se que a pitaya (*H. undatus*), apresenta um maior teor de sólidos solúveis na porção mediana do fruto em comparação com as porções superiores e inferiores. Os frutos quando armazenados em temperatura ambiente por até 15 dias após a colheita, não apresentaram alterações relevantes nas diferentes porções em relação ao teor de sólidos solúveis e pH (LIMA et al., 2006).

Souza et al. (2006) verificaram que a média do peso de frutos, de polpa e de casca da mesma espécie foram, respectivamente, 438,59 g, 301,83 g e 136,76 g. A média do valor observado para espessura de casca foi de 3,88mm. Para diâmetro longitudinal e transversal, as médias dos valores encontrados foram 83,18 mm e 96,59 mm, respectivamente. Em relação às características químicas, a média de pH observada nas amostras foi de 5,22 e a média do teor de sólido solúveis foi 7,01 %.

Estudando alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento da pitaya-do-cerrado (*S. setaceus*), em 2007, no município de Itumirim, Minas Gerais, Rodrigues (2010) relatou que o período de 63 dias após a antese (casca totalmente vermelha) foi marcado pelo tamanho final do fruto e por torná-lo atrativo e apto para o consumo, culminando com os maiores teores de beta cianinas na casca e sólidos solúveis e açúcares totais na sua polpa, bem como as maiores notas atribuídas pelos provadores em relação ao sabor. Segundo o autor, a pitaya nativa pode ser classificada como um fruto não climatérico.

Fernandes et al. (2009) avaliaram a influência de diferentes doses de irradiação nas características pós-colheita em frutos de pitaya da espécie *H. undatus* sob cultivo orgânico na região de Itajobi, SP. Os frutos foram submetidos à diferentes doses de irradiação gama (0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 KGy de Cobalto-60) e foram avaliados aos vinte dias após a irradiação quanto ao pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e perda de peso. De acordo com o autor, não foram observadas

diferenças estatísticas significativas para pH (média de 4,82), SS (11,38 %), AT (0,14) e SS/AT (87,75), indicando que a irradiação não alterou as características químicas e físico-químicas dos frutos de pitaya. Com relação a porcentagem de perda de peso, o maior valor foi observado no tratamento irradiado com 0,8 KGy (12,12 %), enquanto que o tratamento na dose de 0,0 KGy apresentou menor perda de peso (11,59 %), diferindo apenas entre si. Conclui-se que dose de 0,8 KGy ocasiona maior perda de água em frutos de pitaya.

3.5 Propagação da pitaya

A produção de mudas, de boa qualidade genética, fisiológica e sanitária, de pitaya é condição fundamental para o sucesso de uma boa produção agrícola, podendo ser realizada através de sementes ou vegetativamente através dos ramos (cladódios). A propagação vegetativa se utiliza de segmentos destacados de uma planta que, sob condições adequadas, emitem raízes e originam uma nova planta com características idênticas àquela que lhe deu origem (MELETTI, 2000; SIMÃO, 1998).

No entanto, quando propagada por via seminífera, a pitaya apresenta desuniformidade. Além disso, o início da produção é tardia quando comparada com as plantas provenientes de cladódios. A propagação por sementes é utilizada para a obtenção de variabilidade em programas de melhoramento da espécie. Por esse método, deve-se ter os cuidados quanto à profundidade de plantio da semente, que necessita ser superficial, e a perda de vigor, que na maioria das vezes está relacionada ao armazenamento das sementes, que induz a germinação desuniforme e demorada (MARQUES et al., 2010).

Há relatos de que a propagação feita pelo método assexuado, utilizando cladódios, é um método simples e rápido. As mudas respondem bem à matéria orgânica do solo, embora, quando em areia, desenvolvam uma grande quantidade de raízes (MIZRAHI e NERD, 1999).

A viabilidade das mudas propagadas por cladódio depende da capacidade de formação de raízes, da qualidade do sistema radicular formado e do desenvolvimento posterior e produção da planta propagada por este método (FACHINELLO et al., 1995). Normalmente, utilizam-se cladódios com 25 a 40 cm de comprimento (MIZRAHI et al., 2002).

Os cuidados que se deve ter são quanto ao teor de umidade do substrato e a profundidade de plantio das estacas, pois esses são os fatores que influenciam

diretamente no processo de enraizamento. O excesso de umidade causa o apodrecimento da base das estacas e profundidades de plantio maiores que 1 cm retardam a formação da muda em função do menor desenvolvimento do sistema radicular e pequeno número de brotações emitidas.

Recomendam-se que as brotações emitidas lateralmente sejam eliminadas, deixando-se aquelas que estejam bem localizadas no sentido vertical. Essa prática favorece a condução das mudas em haste única e, além disso, contribui para o seu rápido desenvolvimento quando forem transplantadas para o local definitivo (MARQUES et al., 2010).

O tutoramento com mourões é fundamental. Pode ser feito com mourões de madeira tratada, postes de concreto e até caules de frutíferas como tangerineiras e laranjeiras, que após podados podem ser usados para tutoramento. Um espaçamento sugerido usando os tutores seria de 3 metros entre as plantas e 4 metros entre as ruas, podendo ser plantada uma ou duas mudas por tutor (FAZENDA CITRA, 2010).

3.6 Caracterização de germoplasma e melhoramento genético das pitayas

Junqueira et al. (2007) realizaram um trabalho no Laboratório de Genética e Biologia Molecular da Embrapa Cerrados para verificar a diversidade genética de 13 acessos de pitayas mantidas na coleção de germoplasma por meio de marcadores moleculares RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Os resultados mostraram que as distâncias genéticas entre os 13 acessos de pitaya variaram entre 0,088 e 0,848. O acesso que mais diferenciou dos demais foi o procedente de Unaí, MG (pitaya oval sem espinhos, *Harrisia* sp.), que apresentou distância genética média de 0,675 em relação aos demais acessos. A grande distância genética verificada ocorreu devido ao fato dos referidos acessos não pertencerem à mesma espécie.

A partir da análise de agrupamento realizada com base nas distâncias genéticas, subdividiram-se os 13 acessos em, pelo menos, 7 grupos de similaridade genética, sendo 2 grupos dentro da espécie *S. setaceus*, 2 grupos pertencentes à espécie *H. undatus*, 1 grupo dentro de *S. megalanthus* e 2 grupos com taxonomia desconhecida. Observou-se neste trabalho altos valores dentro do mesmo grupo que refletem significativa variabilidade intraespecífica.

Em 2008, Junqueira et al. realizaram outro trabalho sobre a variabilidade genética de 16 acessos de pitayas da espécie *H. undatus*, mantidos na coleção de germoplasma da Embrapa Cerrados, apresentando diferentes características fenotípicas

relacionadas especialmente à produção, por meio de marcadores moleculares RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Os resultados mostraram que, mesmo dentro da mesma espécie, há variabilidade genética entre plantas com produções diferentes. As distâncias genéticas entre os 16 acessos de pitaya variaram entre 0,006 e 0,148, ressaltando a importância das técnicas moleculares como instrumentos auxiliares na seleção de matrizes.

Esses trabalhos comprovam a larga base genética das pitayas de modo geral, verifica-se que o Brasil é um dos maiores centros de diversidade desta fruteira.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBEAU G., La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique, **Fruits**. 45. p. 141–174. 1990.
- BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P. De; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. **Propagação da Pitaya ‘Vermelha’ por estaquia**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006.
- BECERRA OCHOA L.A., El cultivo de la pitaya, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia., 6th ed., Manizales, 1987. 20 p.
- BRITTON N.L., ROSE J.N., Descriptions and illustrations of plants of the cactus family, Vol. I and II, **Dover Publ.**, Inc., New York, USA, p. 183-195, 1963.
- CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya em Yucatan**. Maxcanú: Yucatán, 1993. 53 p.
- COSTA, A. C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção da pitaya vermelha**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)/Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2012. 69p.
- CRANE, J. H.; BALERDI, C. F. **Pitaya growing in the Florida home landscape**. Orlando: IFAS Extension of University of Florida, 2005. 9p.
- DAM (Departament of Agriculture-Malaysia). **A Research and Development Center for Pitaya (Dragon Fruit)**. Malásia. Disponível em: <[http://www.dam- Department of Agriculture-Malaysia/default.htm](http://www.dam-Department of Agriculture-Malaysia/default.htm)> Acesso em 15 de abr de 2009.
- DONADIO, L. C. e SADER, A. D. **Cultura da pitaya – Polinização**. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br/portal/icNoticiaAberta.asp?idNoticia=18843>> Acesso em 02 de set de 2010.
- DONADIO, L. C.; SADER, A. D. **Curso de pitaya**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2005. 16 p.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPel, 1995. 179 p.
- FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. Pelotas: UFPel, 1996. 311p.
- FAZENDA CITRA. **A Pitaya na Dierberger**. Disponível em:< www.fazendacitra.com.br> Acesso em 02 de set de 2010.
- FERNANDES, L. M. S.; SIRTOLI, L. F.; CERQUEIRA, R. G.; BRAGA, C. L.; EVANGELISTA, R. M.; VIEITES, R. L. **Características pós-colheita de frutos de pitaya orgânica submetidos a diferentes doses de irradiação**. In: XII Congresso

Brasileiro de Fisiologia Vegetal. Fortaleza, CE. 2009.

HESSEN, A. J. e TELLEZ, A. La pitahaia se abre paso! **Cultivo exótico com pontecial para exportación para las regiones tropicales de la America Latina**. Agricultura de las Américas. p. 6-10, 1995.

JACOBS, D. Pitaya (*Hylocereus undatus*), a potencial New Crop for Australia. **The Australian New Crop Newsletter**, Melbourne, n. 11, 1999.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LIMA, C. A.; FONSECA, K. G.; SANTOS E. C. **Variabilidade genética de acessos de pitaya com diferentes níveis de produção por meio de marcadores RAPD**. IX Simposio Nacional do Cerrado. II Encontro Internacional Savanas Tropicais. 2008.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; LIMA, C. A.; SANO, S. M. **Diversidade genética de Pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD**. In: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2007, São Lourenço- MG. Diversidade genética de Pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD, 2007.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; SALVIANO, A.; PEREIRA, A. V. Informações preliminares sobre uma pitaya (*Selenicereus setaceus* Rizz.) nativa do cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, CD-ROM. 2002a.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de Pitaya do Cerrado**. Documentos/ EMBRAPA Cerrados, Ed. 1. Planaltina, DF, 18 p. 2002b.

LE BELLEC, F.; VILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaia (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. **Fruits**, France, v. 61, n. 4, p. 237 – 250. 2006.

LIMA, C. A.; JUNQUEIRA, K. P.; GERMENDORFF, A. L.; NASCIMENTO, A. H. C.; SOUZA, L. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; SILVA, D.G. P.; REZENDE, L. N. **Variações nas características químicas em diferentes posições no fruto da pitaya vermelha**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. Frutas do Brasil: saúde para o mundo: palestras e resumos. Cabo Frio: SBF; UENF; UFRRJ, 2006. p. 323.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. Instituto Plantarum, 2006. Essencial - Um guia prático para cuidar da saúde, Editora Nova Cultural Ltda, São Paulo, 2001.

MARQUES, V. B.; RAMOS, J. R.; ARAÚJO, N. A.; MOREIRA, R. A. Custo de

produção e rentabilidade na cultura da pitaia sob o efeito de adubação orgânica. **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.2, p.138 – 149, 2012.

MARQUES, V. B.; RAMOS, J. R.; CRUZ, M. C. M. **Propagação da Pitaia - *Hylocereus undatus* (Haw.)**. Disponível em <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/pitaia/pitaia-3.php>> Acesso em 02 de set de 2010.

MELETTI, L. M. M. **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 239 p.

MERCADO LIVRE, 2010. Pitaya Fruta. Disponível em: <<http://lista.mercadolivre.com.br/pitaya>> Acesso em 05 de ago de 2010.

MERTEN, S. A review of *Hylocereus* production in the United States. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, Chicago, v. 32, n. 4, p. 98-105, 2003.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; SITRIT, Y. New fruits for arid climates. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (Eds.). **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS, p. 378-384, 2002.

MIZRAHI, Y.; NERD, A. Climbing and columnar cacti–new arid lands fruit crops. In: JANICK, J. (Ed.). **Perspective in new crops and new crops uses**. Alexandria: ASHS, p. 358-366, 1999.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crops. **Horticultural Review**, New York, v. 18, p. 291-320, 1997.

MOREIRA, R.A; RAMOS, J.D.; MARQUES, V.B.; ARAÚJO, N.A.; MELO, P.C.; Crescimento de pitaia vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.785-788, 2011.

NERD, A.; TEL–ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruit of vine and columnar cacti. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Los Angeles: UCLA, p. 254–262, 2002.

ORTIZ, H. Y. D.; LIVERA, M. M. La pitahaya (*Hylocereus* spp): Recurso genético de América. Pimienta B. et al. (ed.s). **Memorias del 6º Congreso Nacional y 4º Internacional sobre El conocimiento y aprovechamiento del nopal**. Guadalajara. México. p.191-194, 1995.

OLIVEIRA, M. D. M.; FACHINI, C.; RAMOS JUNIOR, E. D.; ITO, M. A. Custo de produção da cultura do feijão na região sudoeste paulista. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v.5, n.7, p.1-5, 2010.

OLIVEIRA, M. D. M.; VEGRO, C. L. R. Custo de produção e rentabilidade na cafeicultura paulista: um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, **Anais...** 62. Cuiabá, MT, 2004.

- RODRIGUES, L. J. **Desenvolvimento e processamento mínimo de pitaia nativa.** (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro. Tese (doutorado) – Lavras: UFLA, 2010. 164 p.
- SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura.** Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.
- SOCHA, A. M. From Areoles to Zygocactus: An Evolutionary Masterpiece, A Synopsis of the Family Cactaceae. **The New York Botanical Garden.** Disponível em: <www.nybg.org/bsci/herb/cactaceae1.html> Acesso em 06 de set de 2010.
- SOUZA, C. E. Economia e Negócios. Fruta exótica pouco cultivada na região faz sucesso. Disponível em: <http://www.diarioweb.com.br/noticias/corpo_noticia> Acesso em 05 de ago de 2010.
- SOUZA, L. S.; JUNQUEIRA, K. P.; LIMA, C. A.; CASTIGLIONI, G. L.; VILLANOVA, A. C. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SILVA, D. G. P.; FALEIRO, F. G.; SANTOS, E. C.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, L. P. **Características físico-químicas de frutos de pitaya cultivada nos cerrados.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. Frutas do Brasil: saúde para o mundo: palestras e resumos. Cabo Frio: SBF; UENF; UFRRJ, 2006. p. 323.
- STINTZING F. C., SCHIEBER A., CARLE R., Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices, Eur. Food. Res. Technol. 216. p. 303-311, 2003.
- ZEE, F.; YEN, CHUNG-RUEN; NISHINA, M. Pitaya (Dragon fruit, Strawberry pearl). **Fruits e Nuts**, Hawai, n.9, pag. 1-3, 2004.
- WU M. C.; CHEN C. S. Variation of sugar content in various parts of pitahaya fruit, Proc. Fla. **State Hortic. Soc.** 110, p. 225-227, 1997.

**CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO INTRA E INTERESPECÍFICA DE
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE DUAS ESPÉCIES
DE PITAYA**

**CHAPTER I. INTRA AND INTERSPECIFIC EVALUATION OF FRUIT
PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF TWO SPECIES OF PITAYA**

RESUMO

Apesar do grande potencial comercial dessa fruta, ainda são escassos os estudos sobre a pitaya, principalmente considerando espécies nativas do Cerrado. O objetivo do trabalho foi determinar características físico-químicas dos frutos de 21 acessos de duas espécies de pitayas, *Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*. Foram analisadas as características comprimento, diâmetro, pH, sólidos solúveis, massa total da casca e da polpa. Os teores de sólidos solúveis foram determinados na polpa homogeneizada e em três pontos distintos na parte interna da polpa. Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições. As análises de variância e as médias foram comparadas utilizando o teste Scott-Knott a 5 % de significância e foram determinados os coeficientes de correlação de Pearson entre as diferentes características analisadas. Os genótipos 02 (CPAC PY-01(2)) e 05 (CPAC PY-01(4)) da espécie *H. undatus* se destacam por apresentarem maior comprimento, diâmetro e massa dos frutos quando comparados com os demais genótipos. A espécie *S. setaceus* apresenta maior teor de sólidos solúveis nas três porções dos frutos quando homogeneizados, diferenciando significativamente da espécie *H. undatus*. Altos valores foram encontrados na herdabilidade e no coeficiente de variação genética para as características físicas dos frutos de pitaya, estimativas importantes para determinar estratégias de seleção e estimar o ganho genético. Os resultados das correlações indicam que quanto maior o tamanho e massa dos frutos, menor é o teor de sólidos solúveis na polpa dos frutos de pitaya, considerando os genótipos e espécies analisados.

Palavras-chave: Cactaceae, *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus*, características pós-colheita.

ABSTRACT

Although the high commercial potential of pitaya, there are yet few studies of physico-chemical characterization of pitaya fruits, especially considering wild species from Brazilian Savannas. The objective of this study was to evaluate physical and chemical characteristics of the fruits of 21 accessions of two pitayas species, *Hylocereus undatus* and *Selenicereus setaceus*. The characteristics analyzed were length, diameter, pH, soluble solids, skin and pulp total mass. The soluble solids were determined in the homogenized pulp and at three different points inside the pulp. Completely randomized design with four replications was used. Variance analyses were realized and the means were compared using the Scott-Knott test. Pearson correlation coefficients between different traits were determined. *H. undatus* genotypes 02 (CPAC PY-01(2)) and 05 (CPAC PY-01(4)) stand out due to their larger length, diameter and fruit weight, compared with the other genotypes. *S. setaceus* species has higher soluble solids content in the three portions of fruit when homogenized, differing significantly from the *H. undatus*. High heritability and genetic variation values were found to the physical characteristics of pitaya fruit. These parameters are important to determine selection strategies and to estimate the genetic gain. The correlations results indicate that genotypes with larger fruits size and mass present less soluble solid content in the pulp, considering the genotypes and species analyzed in this work.

Keywords: Cactaceae, *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus*, post-harvest characteristics.

1.1 INTRODUÇÃO

A pitaya é uma fruta rústica, pertencente à família Cactaceae, sendo conhecida mundialmente como "Fruta-do-Dragão". De acordo com a espécie, seus frutos podem apresentar características diversificadas, como formato, presença de espinhos, cor da casca e da polpa, refletindo em alta variabilidade genética (JUNQUEIRA et al., 2007).

No Brasil, é comum serem encontradas, em estágio nativo no Cerrado e Caatinga, espécies do gênero *Selenicereus* e *Hylocereus* (JUNQUEIRA et al., 2002). Atualmente, as espécies de pitaya mais cultivadas no mundo são a *Hylocereus undatus* (pitaya de casca vermelha) e a *Selenicereus megalanthus* (pitaya de casca amarela) (MIZRAHI et al., 1997; NERD et al., 2002).

Devido ao seu sabor doce e suave, de polpa firme e repleta de sementes e às suas propriedades nutricionais e funcionais, a pitaya é um fruto aceito e valorizado nos mercados consumidores, o que têm despertado o interesse dos produtores. O alto valor pago pelo quilo da fruta, dependendo da espécie, época do ano e da demanda constitui um grande atrativo para o cultivo comercial dessa frutífera (JUNQUEIRA et al., 2002).

A pitaya é uma fruta nutritiva e com uma grande variedade de usos, com a polpa constituindo 70-80 % do fruto. Pode ser consumido tanto ao natural como transformado numa gama de produtos industrializados, como sorvetes, geléias, sucos, caldas e doces (GUNASENA et al., 2007).

As características físicas e químicas dos frutos são de grande importância para seu valor comercial. As características físicas estão relacionadas ao aspecto visual dos frutos e as características químicas, como os sólidos solúveis e acidez titulável, estão relacionados com o sabor do fruto, que inclui principalmente os açúcares e ácidos orgânicos da polpa. De acordo com PINHEIRO et al. (1984), em alguns frutos, a determinação dos sólidos solúveis é importante tanto para o consumo in natura como para o processamento industrial. Estudos de variações nas características físico-químicas de frutos de pitaya em pós-colheita comprovaram que o tempo comercialização do fruto sem uso de nenhum tratamento químico poderá ser de até 10 dias (HOA et al., 2006).

O fruto é sensível a injúrias causadas pelo frio ("chilling") e não é climatérico (ZEE et al., 2004). A polpa é formada a partir do desenvolvimento do ovário e a casca a partir do receptáculo que circunda o ovário (MIZRAHI e NERD, 1999), e exibem uma correlação positiva entre o peso do fruto e o número de sementes (WEISS et al., 1994; NERD e MIZRAHI, 1997). As sementes são negras, obovadas, de 0,5-2 mm de largura,

em grande quantidade e com elevada capacidade de germinação (ORTIZ, 2000).

Apesar do grande potencial comercial dessa fruta, ainda são escassos os estudos sobre a pitaya, principalmente considerando espécies nativas do Cerrado. Neste trabalho, objetivou-se determinar características físico-químicas de frutos de 21 genótipos de duas espécies de pitaya com grande potencial comercial.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar a caracterização físico-química, foram coletados e avaliados frutos de vinte e um acessos de duas espécies de pitayas, *H. undatus* e *S. setaceus*. Cada amostra foi representada por 12 frutos de cada acesso, escolhidos aleatoriamente (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 Acessos de pitaya analisados, com a respectiva espécie, nome popular, procedência, Estado de origem e código de introdução no banco de germoplasma da Embrapa Cerrados. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.

Nº	Espécie	Nome popular	Procedência	Estado	Códigos
01	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(3)
02	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(2)
03	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(1)
04	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Tiradentes	MG	CPAC PY-04
05	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(4)
06	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(5)
07	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(01)
08	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(02)
09	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(03)
10	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(04)
11	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(05)
12	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(09)
13	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(10)
14	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(11)
15	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(12)
16	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(13)
17	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(14)
18	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(15)
19	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(16)
20	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(17)
21	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(18)

Os dados climatológicos, durante a condução do experimento foram: temperatura mínima (16,3 °C), média (21,4 °C) e máxima (28,2 °C) do ar; umidade mínima (44,1 %), média (70,8 %) e máxima do ar (89,4 %); velocidade média do vento de 1,9 m s⁻¹; radiação solar média de 426,6 cal/cm²/dia.

Os frutos foram coletados em estágio maduro, ao acaso e foram determinadas as características Comprimento do Fruto (CF), Diâmetro do Fruto (DF), Massa Total do Fruto (MTF), Massa da Casca (MC), Massa da Polpa (MP), Sólidos Solúveis da parte

Superior (SSS), Sólidos Solúveis da parte Mediana (SSM), Sólidos Solúveis da parte Inferior (SSI), Sólidos solúveis da Base do Terço Superior (SBTS), Sólidos solúveis do Centro do Terço Intermediário (SCTI) e Sólidos solúveis da parte Superior do Terço Inferior (SSTI) dos frutos (Figura 1.1).

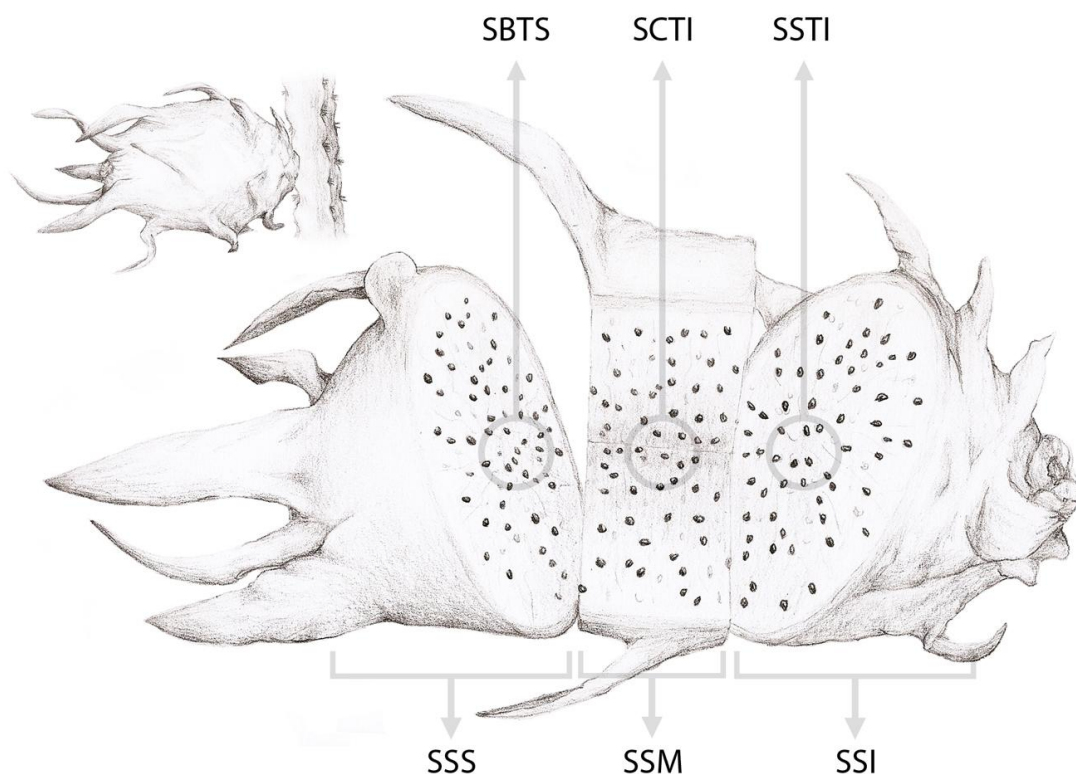


Figura 1.1 Partes do fruto de pitaya (*H. undatus*).

O estágio de amadurecimento dos frutos de pitaya foi determinado pela aparência visual da casca completamente vermelha. Os frutos foram pesados em balança de precisão (0,01g) e o comprimento e o diâmetro foram medidos com o auxílio de um paquímetro.

Para a remoção da polpa, os frutos foram cortados transversalmente em três partes, identificadas como porções basal, mediana e apical. Os teores de sólidos solúveis foram determinados na polpa homogeneizada em três pontos distintos na parte interna da polpa (base do terço superior, centro do terço intermediário e parte superior do terço inferior) com o uso de um refratômetro portátil com leitura na faixa de 0 a 32 °Brix. A leitura do pH foi realizada por medida direta em pHmetro digital (AOAC, 1997).

Para a análise estatística dos dados, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição a média de três frutos. Análises de variância foram realizadas para as características avaliadas, de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} é o valor observado para a variável resposta obtido para o i -ésimo tratamento em sua j -ésima repetição; m é a média de todos os valores possíveis da variável resposta; t_i é o efeito do tratamento (genótipo) i no valor observado Y_{ij} ; e e_{ij} é o erro experimental associado ao valor observado Y_{ij} . Em seguida, foram estimados os parâmetros genéticos: coeficiente de variação experimental (CVe) e genotípico (CVg), em porcentagem da média geral, respectivamente, por meio das expressões: $CVe = 100(\sqrt{QME}/m)$ e $CVg = 100(\sqrt{s^2g}/m)$, relação entre o coeficiente de variação genotípico e experimental (CVg/CVe), variância fenotípica (s^2f), genotípica (s^2g), e herdabilidade dos caracteres avaliados no sentido amplo (h_a^2). As médias foram comparadas utilizando o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

Os componentes de variância fenotípica média $s^2f = QMT/J$, ambiental média $s^2e = QME/J$ e genotípica média $s^2g = (QMT - QME)/J$ foram obtidos.

Foi também calculado o coeficiente de correlação fenotípica com base no coeficiente de correlação de Pearson. Inicialmente, foram obtidos os produtos médios entre os vários caracteres analisados, utilizando o método relatado por KEMPTHORNE (1966). A partir destas análises, foram obtidas as estimativas da covariância fenotípica entre os caracteres dois a dois e finalmente os coeficientes de correlação de Pearson.

As análises foram realizadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006). Para analisar os coeficientes de correlação foi utilizada a classificação de intensidade da correlação estabelecida por Gonçalves e Gonçalves (1985), citados por Guerra e Livera (1999) sendo: muito forte ($r \pm 0,91$ a $\pm 1,00$), forte ($r \pm 0,71$ a $\pm 0,90$), média ($r \pm 0,51$ a $\pm 0,70$) e fraca ($r \pm 0,31$ a $\pm 0,50$).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância, verificaram-se diferenças significativas entre os 21 genótipos de pitaya em todas as características físico-químicas avaliadas ($p < 0,01$), pelo teste F. Tais efeitos evidenciam a existência de variabilidade genética entre os genótipos (Tabela 1.2).

De acordo com Gonçalves et al. (2000), os teores de sólidos solúveis são variáveis em um mesmo cultivar, e esta variação pode também ocorrer entre porções da polpa. Neste trabalho verificou-se que todos os genótipos, das duas espécies analisadas, apresentaram o teor de sólidos solúveis maior na porção mediana e central dos frutos. A

espécie *H. undatus* apresentou em média 9 % e 6 % mais sólidos solúveis na parte mediana dos frutos em relação à parte inferior e superior, respectivamente, e na espécie *S. setaceus* esses valores foram de 9 % e 10 %, respectivamente.

A espécie *S. setaceus* apresentou maior teor de sólidos solúveis nas três porções dos frutos quando homogeneizados, variando de 13,1 a 14,5 °Brix (SSS), 14,3 a 15,6 °Brix (SSM) e 13,9 a 14,6 °Brix (SSI), diferenciando significativamente da espécie *H. undatus*. O genótipo (CPAC PY-01(2)) apresentou o maior teor de sólido solúveis nos três pontos distintos da parte interna da polpa, diferenciando significativamente dos demais genótipos (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 Comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa total do fruto (MTF), massa da casca (MC), massa da polpa (MP), sólidos solúveis da parte superior (SSS), sólidos solúveis da parte mediana (SSM), sólidos solúveis da parte inferior (SSI), sólidos solúveis da base do terço superior (SBTS), sólidos solúveis do centro do terço intermediário (SCTI) e sólidos solúveis da parte superior do terço inferior (SSTI) de 21 genótipos de pitaya das espécies *H. undatus* e *S. setaceus*. UnB/Embrapa Cerrados.

Códigos	CF	DF	MTF	MC	MP	SSS	SSM	SSI	SBTS	SCTI	SSTI
CPAC PY-01(3)	107,4c	87,8b	448,6c	97,9d	350,8c	12,3b	12,9b	11,6c	17,7b	18,5b	17,6b
CPAC PY-01(2)	125,3a	99,5a	752,5a	176,3 ^a	580,1a	13,3a	14,9a	13,7b	20,6a	20,9a	20,1a
CPAC PY-01(1)	102,2c	80,0c	405,5c	141,1b	264,4c	10,8c	11,2c	9,4d	13,1c	13,6c	13,0d
CPAC PY-04	92,4d	80,6c	343,5c	121,7c	221,8d	11,0c	11,9c	11,3c	14,8c	15,3c	14,9c
CPAC PY-01(4)	115,3b	96,6a	636,2b	143,7b	492,6b	10,6c	11,3c	10,7c	15,4b	15,7c	14,4d
CPAC PY-01(5)	100,3c	86,5b	448,0c	142,9b	305,1c	12,1b	12,3b	11,4c	16,4b	16,6b	15,8c
CPAC PY-06(01)	77,0e	45,5d	90,2d	23,8e	66,3e	13,7a	15,5a	14,6a	16,8b	17,9b	17,3b
CPAC PY-06(02)	74,5e	44,9d	78,3d	23,2e	60,5e	13,9a	15,6a	14,3a	16,3b	17,4b	17,0b
CPAC PY-06(03)	75,3e	47,4d	91,0d	25,4e	65,5e	14,3a	15,6a	14,2a	16,3b	17,5b	17,4b
CPAC PY-06(04)	74,3e	43,3d	79,5d	23,9e	55,4e	13,9a	15,4a	14,6a	16,1b	17,7b	17,4b
CPAC PY-06(05)	76,3e	44,1d	68,8d	23,3e	58,8e	13,6a	15,1a	14,1a	16,5b	17,2b	16,8b
CPAC PY-06(09)	68,4e	44,0d	67,2d	17,5e	49,5e	13,6a	14,9a	13,8b	15,7b	16,8b	16,0c
CPAC PY-06(10)	70,9e	40,3d	67,9d	16,0e	53,2e	13,7a	15,1a	13,7b	16,1b	17,1b	16,6b
CPAC PY-06(11)	79,6e	46,3d	88,8d	21,0e	67,7e	12,6a	14,3a	12,9b	15,8b	17,4b	16,8b
CPAC PY-06(12)	75,9e	44,8d	80,4d	22,6e	57,8e	13,7a	15,5a	13,7b	16,6b	17,8b	16,8b
CPAC PY-06(13)	72,1e	44,3d	74,8d	20,5e	54,0e	13,7a	15,4a	14,1a	16,5b	17,0b	17,0b
CPAC PY-06(14)	71,6e	41,8d	68,7d	21,1e	47,5e	13,1a	14,5a	13,1b	14,6c	15,6c	15,4c
CPAC PY-06(15)	75,3e	41,8d	72,2d	15,4e	56,7e	14,5a	15,6a	14,1a	16,2b	17,5b	16,9b
CPAC PY-06(16)	73,3e	44,0d	78,6d	17,2e	61,0e	13,8a	15,1a	13,3b	15,8b	16,5b	16,2c
CPAC PY-06(17)	76,5e	44,0d	85,1d	20,7e	64,0e	14,3a	15,4a	14,5a	16,8b	17,5b	16,7b
CPAC PY-06(18)	73,5e	45,4d	82,2d	19,8e	62,4e	14,1a	15,5a	14,2a	16,0b	17,2b	15,8c

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância.

Em abacaxi, Antonioli et al. (2005) verificaram que a preferência pela porção basal do fruto está diretamente relacionada aos maiores teores de açúcares, representados pelos sólidos solúveis. Em frutos da pinheira (*Annona squamosa* L.), Silva et al. (2002) observaram que os teores de sólidos solúveis na porção basal foi

inferior comparada com as porções mediana e apical. Em kiwi (*Actinidia deliciosa*), Martinsen e Schaare (1998) verificaram que a concentração de sólidos solúveis na porção central do fruto foi 15 % maior que nas porções interna e externa do pericarpo. Simão e Pimentel-Gomes (1996) concluíram que as partes mais doces e menos ácidas foram a seção basal e o terço externo da seção mediana da manga.

Na comparação das médias das variáveis, os genótipos (CPAC PY-01(2)) e (CPAC PY-01(4)) da espécie *H. undatus*, se destacaram por apresentarem maior comprimento (125,3 e 115,3 cm), diâmetro (99,5 e 96,6 cm) e massa (752,5 e 636,2 g) dos frutos, respectivamente, em relação aos demais genótipos (Tabela 1.2).

De acordo com o valor de F, a precisão experimental foi considerada adequada para ensaios de avaliação genotípica, uma vez que os valores obtidos foram superiores a 2,0. Os valores de F variaram de 4,33 a 79,78. Levando-se em consideração esta medida como grau de precisão experimental, conforme recomenda RESENDE e DUARTE (2007), os ensaios enquadram-se na classe de muito alta precisão (Tabela 1.3).

Os valores dos coeficientes de variação genética (CVg) para os caracteres estudados variaram de 7,26 a 106,75, enquanto os valores dos coeficientes de variação ambiental (CVe) variaram de 5,46 a 37,62. Os valores dos coeficientes de variação ambiental foram baixos para maioria dos caracteres, o que denota um bom controle ambiental e adequada precisão experimental.

Segundo Resende (2002), altos valores de herdabilidade e CVg, são determinantes para uma eficaz inferência sobre o valor genotípico do material genético a partir das avaliações fenotípicas. A herdabilidade pode ser usada para estimar a resposta à seleção baseada em indivíduos ou em famílias, também fornece base para decidir em quais características devem ser investidos os esforços em seleção e para escolher o melhor método de seleção (COTTERILL e ZED, 1980). Ela indica o quanto da variação fenotípica é devido a efeitos genéticos. Quanto mais próxima de 100 %, menos a característica é afetada pelo ambiente ou que a maior parte da variação é ocasionada por fatores genéticos como efeitos aditivos ou não-aditivos. Segundo Vencovsky (1978), isso significa que existe uma grande possibilidade de obtenção de ganho genético com a seleção. Nesse trabalho, observou-se que as estimativas foram altas, pois a herdabilidade de todas as características foram superiores a 93 %.

Tabela 1.3 Quadrados médios de genótipos (QMg) e do erro (QMe), valor de F e estimativas das variâncias fenotípica a nível de média (σ_f^2), genotípica (σ_g^2) e ambiental (σ_e^2), da herdabilidade ao nível de média (h_a^2), dos coeficientes de variação experimental (Cve) e genético (CVg) e da relação CVr de cada caráter avaliado para 21 genótipos de pitaya. UnB/Embrapa Cerrados⁽¹⁾.

Parâmetros genéticos	Caracteres										
	CF	DF	MTF	MC	MP	SSS	SSM	SSI	SBTS	SCTI	SSTI
QMg	1084,148476	1763,824369	181875,368405	12342,802369	102081,950726	5,454869	9,069369	8,322369	7,586583	7,843321	7,717155
QMe	39,367897	22,109881	4345,456349	276,130198	3073,597659	0,577857	0,627341	0,517817	1,598929	1,702619	1,784206
Valor de F	27,5389**	79,7754**	41,8541**	44,6992**	33,2125**	9,4398**	14,4568**	16,072**	4,7448**	4,6066**	4,3253**
σ_f^2	271,037119	440,956092	45468,842101	3085,700592	25520,487682	1,363717	2,267342	2,080592	1,896646	1,96083	1,929289
σ_g^2	261,195145	435,428622	44382,478014	3016,668043	24752,0888267	1,219253	2,110507	1,951138	1,496914	1,535176	1,483237
σ_e^2	9,841974	5,52747	1086,364087	69,03255	768,399415	0,1444464	0,156835	0,129454	0,399732	0,425655	0,446052
h_a^2 (%)	96,3688	98,7465	97,6108	97,7628	96,9891	89,4066	93,0829	93,778	78,9243	78,2921	76,88
Cve (%)	7,4987	8,2806	32,8677	30,7529	37,6177	5,7766	5,4944	5,4579	7,8095	7,6434	8,1177
CVg (%)	19,3152	36,7476	105,0406	101,6465	106,7518	8,3909	10,0778	10,5945	7,5563	7,2579	7,4014
CVr (%)	2,5758	4,4378	3,1959	3,3053	2,8378	1,4526	1,8342	1,9411	0,9676	0,9496	0,9118

¹ Comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa total do fruto (MTF), massa da casca (MC), massa da polpa (MP), sólidos solúveis da parte superior (SSS), sólidos solúveis da parte mediana (SSM), sólidos solúveis da parte inferior (SSI), Sólidos solúveis da Base do Terço Superior (SBTS), Sólidos solúveis do Centro do Terço Intermediário (SCTI) e Sólidos solúveis da parte Superior do Terço Inferior (SSTI) dos frutos.

** significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

De acordo com Vencovsky (1987), existe uma situação muito favorável para a obtenção de ganhos na seleção quando a relação CVg/CVe é maior que 1,0 já que, nesses casos, a variação genética supera a variação ambiental. O valor mais elevado para a relação CVg/CVe foi encontrado para diâmetro médio dos frutos por planta (4,44), indicando que a seleção contra esse caráter apresenta as condições mais favoráveis em termos de ganhos genéticos imediatos.

Os coeficientes de correlação de Pearson foram significativos e muito fortes para vários pares de características envolvendo comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa total do fruto (MTF), massa da casca (MC), massa da polpa (MP). A amplitude das estimativas de correlação entre as variáveis foram de -0,61 a 1,00, respectivamente, para MP X SSI e MTF X MP. Os caracteres analisados como comprimento, diâmetro, massa total, massa da casca e massa da polpa do fruto obtiveram uma correlação fenotípica forte entre si (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 Estimativas das correlações de Pearson entre os caracteres: comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa total do fruto (MTF), massa da casca (MC), massa da polpa (MP), sólidos solúveis da parte superior (SSS), sólidos solúveis da parte mediana (SSM), sólidos solúveis da parte inferior (SSI), sólidos solúveis da base do terço superior (SBTS), sólidos solúveis do centro do terço intermediário (SCTI) e sólidos solúveis da parte superior do terço inferior (SSTI) de 21 genótipos de pitaya.

	CF	DF	MTF	MC	MP	SSS	SSM	SSI	SBTS	SCTI	SSTI
CF	1,00	0,97**	0,99**	0,95**	0,99**	-0,68**	-0,69**	-0,66**	0,32 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}
DF		1,00	0,98**	0,98**	0,96**	-0,77**	-0,79**	-0,74**	0,21 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
MTF			1,00	0,97**	1,00**	-0,69**	-0,70**	-0,65**	0,31 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
MC				1,00	0,94**	-0,77**	-0,79**	-0,75**	0,14 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
MP					1,00	-0,64**	-0,65**	-0,61**	0,36 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,05 ^{ns}
SSS						1,00	0,97**	0,94**	0,39 ^{ns}	0,55**	0,62**
SSM							1,00	0,97**	0,40 ^{ns}	0,57**	0,64**
SSI								1,00	0,45*	0,60**	0,67**
SBTS									1,00	0,96**	0,91**
SCTI										1,00	0,97**
SSTI											1,00

**, * significativos a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t.

As correlações obtidas entre os caracteres físicos e a quantidade de sólidos solúveis da parte superior, mediana e inferior foram negativas e significativas a 1 % de probabilidade, ou seja, quanto maior o diâmetro do fruto (DF), massa total do fruto (MTF),

massa da casca (MC), massa da polpa (MP), menor foi a quantidade dos sólidos solúveis da parte superior, mediana e inferior dos frutos. Os teores de sólidos solúveis medidos nos três pontos da parte interna da polpa dos frutos, não foram significativos quanto correlacionados com as características físicas do fruto.

De acordo com AULENBACH E WORHINGTON (1974) o teor de sólido solúveis, expresso em porcentagem e a massa da matéria fresca, apresenta alta correlação positiva com o teor de açúcares, o qual é aceito como uma importante característica de qualidade.

Segundo DEGENHARDT et al. (2005), as correlações simples são utilizadas com frequência em plantas de ciclo longo, principalmente nas nativas, para entender as relações entre as características e também como estratégia de seleção para aumentar os ganhos genéticos indiretos.

1.4 CONCLUSÕES

Verificou-se variabilidade genética intra e interespecífica para características físicas e químicas de frutos de pitaya. Os acessos 02 (CPAC PY-01(2)) e 05 (CPAC PY-01(4)) da espécie *H. undatus*, se destacaram por apresentarem maior comprimento (125,3 e 115,3 cm), diâmetro (99,5 e 96,6 cm) e massa (752,5 e 636,2 g) dos frutos.

As espécies *H. undatus* e *S. setaceus* apresentam o teor de sólidos solúveis maior na porção mediana e central dos frutos, sendo que a espécie *S. setaceus* apresentou maior teor de sólidos solúveis nas três porções dos frutos quando comparada com a espécie *H. undatus*.

Verificou-se elevados valores de herdabilidade no sentido amplo e CVg para os caracteres físicos dos frutos de pitaya, o que denota um bom controle ambiental e uma grande possibilidade de obtenção de ganho genético com a seleção.

Os resultados das correlações indicam que quanto maior o tamanho e massa dos frutos menor é o teor de sólidos solúveis na polpa dos frutos de pitaya, considerando os acessos e as duas espécies analisadas.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B. C.; SOUZA FILHO, M. S. M. e GARRUTI, D. S. Influência da posição e formato de corte na preferência sensorial de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.27, n.3 p. 511-513, 2005.

AOAC. 1997. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: edited Ig W. Horwitz 16ª ed. Washington, V.2, 850p.

AULENBACH, B. B.; WORTHINGTON, J. T. Sensory evaluation of muskmelon: is soluble solids content a good quality index. **HortScience**, v. 9, n. 2, p. 136 - 37, 1974.

COTTERILL, P. P. e ZED. P. G. Estimates of genetic parameters for growth and form traits in four *Pinus radiata* D. Don progeny tests in South Australia. **Australian Forest Research**, v.10, p. 155-167, 1980.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2006. 442 p.

DEGENHARDT, J.; DUCROQUET, J.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Variação fenotípica em plantas de duas famílias de meios-irmãos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana* Berg.) em um pomar comercial em São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.462-466, 2005.

GONÇALVES, N.B.; ABREU, C.M.P.; AMARAL, C.M.; REINHARD, D.H.R.C.; SILVA, O.L.R.; CARVALHO, V.D. - Abacaxi, Pós-colheita; Brasília: EMBRAPA **Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 2000, p.13 - 17.

GUERRA, N.B.; LIVERA, A.V.S. Correlação entre o perfil sensorial e determinações físicas e químicas do abacaxi cv. Pérola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 21, n. 1, p.32-35, 1999.

GUNASENA, H. P. M.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; KARIYAWASAM, M. **Dragon Fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose**. In: PUSHPAKUMARA, D. K. N.; GUNASENA, H. P.M.; SINGH, V. P. (Eds.) Underutilized fruit trees in Sri Lanka. World Agroforestry Centre, South Asia Office: India. p. 110-142, 2007.

HOA, T. T.; CLARK, C. J.; WADDELL, B. C. WOOLF, A. B. Postharvest quality of Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfesting hot air treatments. **Postharvest**

Biology and technology. 41 (1). p. 62-69, 2006.

JUNQUEIRA, K.P.; JUNQUEIRA, N.T.V.; RAMOS, J.D.; PEREIRA, A.V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 18p. 2002.

JUNQUEIRA, K. P. ; FALEIRO, F, G ; JUNQUEIRA, N,T,V ; BELLON, G. ; FONSECA, K.G ; LIMA, C.A ; SANO, S.M . **Diversidade genética de Pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD.** In: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2007, São Lourenço- MG. Diversidade genética de Pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD, 2007.

KEMPTHORNE, O. **An introduction to the genetic statistics.** New York: J. Willey, 1966. 545 p.

MARTINSEN, P.; SCHAARE, P. Measuring soluble solids distribution in kiwifruit using near-infrared imaging spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.271-281, 1998.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crops. **Horticultural Review**, New York, v. 18, p. 291–320, 1997.

MIZRAHI, Y.; NERD, A. Climbing and columnar cacti: new arid lands fruit crops. In: JANICK, J. (Ed.). **Perspective in new crops and new crops uses.** Alexandria: ASHS, 1999. p. 358-366.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, v. 18, p. 321-349, 1997.

NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruit of vine and columnar cacti. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses.** Los Angeles: UCLA, 2002. p. 254–262.

ORTIZ H, Y. D. **Hacia el conocimiento y conservación de la pitahaya (Hylocereus sp.).** Oaxaca: Ed. IPN-CONACYT-SIBEJ-FMCN, 2000. 124p.

PINHEIRO, R.V.R.; MARTELETO, L.O.; SOUZA, A.C.G. de; CASALI, W.D.; CONDÉ, A.R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, v.31, p.360-387, 1984.

RESENDE, M.D.V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194, 2007.

SIMÃO, S.; PIMENTEL-GOMES, F. Açúcares e acidez: sua distribuição em torno da manga (*Mangifera indica* L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.71, n.1, p.3-12, 1996.

SILVA, J., SILVA, E. S. e SILVA, P. S. L. Determinação da qualidade e do teor de sólidos solúveis nas diferentes partes do fruto da pinheira (*Annona squamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.24, n.2, p.562-564, 2002.

VENCOVSKY, R.. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba, Fundação Cargill, p. 122-99, 1978.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Eds). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.137-214.

ZEE, F.; CHUNG-RUEY, Y; NISHINA, M. **Pitaya** (Dragon Fruit, Strawberry Pear). Mānoa: University of Hawai'i, 2004. 3p.

WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, Alexandria, v. 29, p. 1.487-1.492, 1994.

**CAPÍTULO 2. DIVERSIDADE GENÉTICA INTRA E INTERESPECÍFICA DE
PITAYA COM BASE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS**

**CHAPTER 2. EVALUATE THE INTRA AND INTERSPECIFIC GENETIC
DIVERSITY OF PITAYA USING THE PHYSICAL AND CHEMICAL
CHARACTERISTICS OF THE FRUIT**

RESUMO

Pela diversidade de climas e solos, o Brasil apresenta condições ecológicas para produzir frutas de ótima qualidade e com uma variedade de espécies que passam pelas frutas tropicais, subtropicais e temperadas. Neste trabalho, objetivou-se estabelecer a diversidade genética intra e interespecífica de 21 acessos de duas espécies de pitaya, com base nas características físico-químicas dos frutos. Foram avaliadas as características: comprimento, diâmetro, pH, sólidos solúveis, massa total da casca e da polpa dos frutos. Com base na média das características físico-químicas de cada material genético foram calculados índices de distância genética entre cada par de acessos com base na distância euclidiana média padronizada. A partir da matriz de distâncias genéticas, realizou-se análises de agrupamento por meio de dendrograma e dispersão gráfica baseada em escalas multidimensionais. As variáveis analisadas apresentaram diferentes contribuições relativas para a diversidade genética. O diâmetro do fruto foi a variável que teve maior contribuição no índice de diversidade genética (27,45 %), seguido pela massa total do fruto (25,43 %) e pela massa da polpa do fruto (24,67 %). As distâncias genéticas entre os 21 acessos de pitaya variaram de 2,2 a 540,1. A análise de agrupamento permitiu subdividir os vinte e um genótipos das duas espécies de pitaya em dois grupos de similaridade genética a uma distância genética relativa de 100. As características físico-químicas dos frutos evidenciam alta diversidade genética entre os acessos das espécies *Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus* de pitaya.

Palavras-chave: Cactaceae, *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus*, divergência genética, características pós-colheita.

ABSTRACT

For diversity of climates and soils, Brazil presents ecological conditions to produce fruit of excellent quality and with a variety of species that pass through fruits tropical, subtropical and temperate. In this work, the objective was to evaluate the intra and interspecific genetic diversity of 21 accessions of two pitaya species, using the physical and chemical characteristics of the fruit. The characteristics evaluated were length, diameter, pH, soluble solids, total peel and pulp weight. Based on these characteristics, genetic dissimilarity index between each pair of accessions were calculated using standardized mean Euclidean distance. From the genetic distance matrix, cluster analysis by dendrogram and graphic dispersion by multidimensional scaling were performed. The characteristics showed different relative contributions to genetic diversity. The fruit diameter was the variable that contributed most for the genetic diversity index (27.45 %), followed by the total mass of the fruit (24.43 %), and mass of fruit pulp (24.67 %). The genetic distances between the 21 pitaya accessions ranged 2.2 to 540.1. Cluster analysis subdivided the twenty-one accessions of two pitaya species in two genetic similarity groups at a genetic relative distance of 100. The physical and chemical characteristics of the fruit showed high genetic diversity among accessions of the species *Hylocereus undatus* and *Selenicereus setaceus* of pitaya.

Keywords: Cactaceae, *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus*, genetic diversity, post-harvest characteristics.

2.1 INTRODUÇÃO

Pela diversidade de climas e solos, o Brasil apresenta condições ecológicas para produzir frutas de ótima qualidade e com uma variedade de espécies que passam pelas frutas tropicais, subtropicais e temperadas (FACHINELLO et al., 2008). As novas opções de cultivo estão em constante desenvolvimento, tanto pela busca por parte dos produtores, como pela procura de novas opções de frutas pelos consumidores, colaborando para a expansão de produção e mercado (ANDRADE et al., 2008), dentro as quais se destaca a cultura da pitaya.

A pitaya encontra-se entre as frutíferas tropicais pouco conhecidas, porém com elevado potencial para os mercados interno e externo. No entanto, deve haver intensificação das pesquisas, visando principalmente à obtenção de informações básicas sobre a cultura e que estas possam ser utilizadas na prática pelos produtores (ANDRADE et al., 2007). Até o momento, ainda não existem variedades recomendadas para o plantio comercial, sendo que para a formação de novos pomares é necessário dispor de material que reúna características favoráveis.

O conhecimento da diversidade genética entre os acessos de uma espécie tem uma grande importância no manejo adequado da cultura, além de contribuir para a seleção de genótipos promissores e para o aumento das possibilidades de cruzamentos. O estudo da diversidade genética é importante na caracterização de bancos de germoplasma, pois fornecem informações sobre os recursos genéticos disponíveis, com a identificação de características de importância, auxiliando na sua utilização prática e em programas de melhoramento genético (RAMOS et al., 2007; CARVALHO e QUESENBERRY, 2009).

A caracterização físico-química, bioquímica e morfológica de frutos de acessos e seleções de espécies fruteiras é de fundamental importância na fase de pré-melhoramento genético, visam descrever os diversos acessos de uma coleção de germoplasma, por meio de características de interesse, tais como: produtividade, massa de frutos, espessura de polpa, número de sementes por fruto, resistência a pragas e doenças, entre outras. Assim, a partir desses dados e com o uso de metodologias genético-estatísticas, é possível analisar a diversidade genética dos diferentes acessos, avaliar seu potencial, quantificar as propriedades organolépticas de frutos de genótipos potencialmente úteis, garantindo sua

qualidade para o mercado consumidor (CARDOSO-SILVA et al., 2007; MARIM et al., 2009).

Melhoristas utilizam diversos métodos para acessar a diversidade genética e estabelecer relações entre acessos, tais como: determinar a importância dos caracteres na avaliação da diversidade existente, realizar eventuais descartes de caracteres, determinar a relação entre os caracteres e sugerir possíveis cruzamentos entre acessos, sobretudo com a finalidade de promover seu uso em programas de melhoramento, possibilitando a seleção de materiais comerciais com características superiores. Esses métodos também permitem a realização de estudos agrônômicos, botânicos e filogenéticos de um grande número de seleções (UPADHYAYA et al., 2006; KOTTAPALLI et al., 2007; DIAS, 1994).

Junqueira et al. (2010a) estudaram a diversidade genética da pitaya por meio de marcadores moleculares RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Foram analisados 13 acessos de pitayas nativas do cerrado e, segundo os autores, a grande diversidade genética das pitayas encontradas no Cerrado permite incluir esse Bioma no centro de diversidade e abre boas perspectivas para maiores estudos acerca do potencial dessa frutífera.

No presente trabalho, objetivou-se estabelecer a divergência genética de 21 acessos de duas espécies de pitaya mantidas na coleção de germoplasma da Embrapa Cerrados com base nas características físico-químicas dos frutos. O objetivo finalístico desse trabalho foi contribuir para os programas de seleção e melhoramento genético da cultura por meio da caracterização de materiais geneticamente promissores a serem disponibilizados para uso comercial.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar a caracterização físico-química, foram coletados e avaliados doze frutos de vinte e um acessos de duas espécies de pitayas, *Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*, mantidas no Banco de Germoplasma da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, latitude 15° 35'00", longitude 47° 35' 00" (Tabela 2.1).

Os dados climatológicos, durante a condução do experimento foram: temperatura mínima (16,3°C), média (21,4°C) e máxima (28,2°C) do ar; umidade mínima (44,1 %), média (70,8 %) e máxima do ar (89,4 %); velocidade do vento de 1,9 m s⁻¹; radiação solar

de 426,6 cal/cm²/dia.

Tabela 2.1 Acessos de pitaya analisados, com a respectiva espécie, nome popular, procedência, estado e código de introdução no banco de germoplasma da Embrapa Cerrados. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.

Nº	Espécie	Nome popular	Procedência	Estado	Código
01	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(3)
02	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(2)
03	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(1)
04	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Tiradentes	MG	CPAC PY-04
05	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(4)
06	<i>H. undatus</i>	Pitaya vermelha	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(5)
07	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(01)
08	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(02)
09	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(03)
10	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(04)
11	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(05)
12	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(09)
13	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(10)
14	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(11)
15	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(12)
16	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(13)
17	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(14)
18	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(15)
19	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(16)
20	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(17)
21	<i>S. setaceus</i>	Saborosa	Itumirim	MG	CPAC PY-06(18)

Os frutos foram coletados em estágio maduro, ao acaso e encaminhados ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Cerrados, a partir dos quais foram determinadas as características Comprimento do Fruto (CF), Diâmetro do Fruto (DF), Massa Total do Fruto (MTF), Massa da Casca (MC), Massa da Polpa (MP), Sólidos Solúveis da parte Superior (SSS), Sólidos Solúveis da parte Mediana (SSM), Sólidos Solúveis da parte Inferior (SSI), Sólidos Solúveis da base do Terço Superior (SBTS), Sólidos Solúveis do centro do Terço Intermediário (SCTI) e Sólidos Solúveis da parte superior do Terço Inferior (SSTI) dos frutos.

O estágio de amadurecimento dos frutos de pitaya foi determinado pela aparência visual da casca completamente vermelha. Os frutos foram pesados em balança de precisão (0,01g) e medidos o comprimento e o diâmetro, com o auxílio de um paquímetro.

Para a remoção da polpa, foram cortados transversalmente em três partes, identificadas como porções basal, mediana e apical. Os teores de sólidos solúveis foram determinados de duas formas: na polpa homogeneizada e em três pontos distintos na parte

interna da polpa (base do terço superior, centro do terço intermediário e parte superior do terço inferior), com o uso de um refratômetro portátil, com leitura na faixa de 0 a 32 °Brix.

A leitura do pH foi realizada por medida direta em pHmetro digital (AOAC, 1997). Estatísticas descritivas relacionadas ao valor médio, máximo, mínimo, variância e desvio padrão foram estimadas com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2006).

Com base na média das características físico-químicas avaliadas em cada material genético foi calculada uma matriz de distâncias genéticas, utilizando a Distância Euclidiana Média Padronizada (DEMP) com o auxílio do Programa Genes (CRUZ, 2006). A matriz de distâncias genética foi utilizada para realizar análises de agrupamento por meio de dendrograma, utilizando-se o método do UPGMA (*Unweighted pair-group arithmetic average*) como critério de agrupamento, e a dispersão gráfica baseada em escalas multidimensionais usando o método das coordenadas principais, com auxílio do Programa SAS (SAS INSTITUTE INC., 1989) e Statistica (STATSOFT INC., 1999). A contribuição relativa de cada característica para a diversidade genética também foi avaliada, utilizando o método de Singh (1981), com o auxílio do Programa Genes (CRUZ, 2006).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos valores médio, mínimo e máximo das características avaliadas (Tabela 2.2) evidenciam a amplitude das características nos diferentes acessos. As diferenças entre a massa total dos frutos, massa da casca e massa da polpa foram superiores a 10 vezes entre o acesso com menor valor e o acesso com maior valor. Considerando as características comprimento e diâmetro do fruto, a diferença entre os acessos com menor e maior valor foi da ordem de duas vezes. Com relação ao teor de sólidos solúveis, foi menor que uma vez. Esse resultado evidencia as diferenças entre os acessos, principalmente considerando as características físicas dos frutos.

Em termos proporcionais, as menores diferenças foram verificadas quanto ao teor de sólidos solúveis. Entretanto diferenças de 5 a 7,5 °Brix entre os acessos são muito significativas, tendo um impacto importante nas características organolépticas da fruta, tanto no consumo *in natura* como na industrialização dos frutos, visto que elevados teores desses constituintes na matéria-prima implicam em menor adição de açúcares, menor tempo

de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento (PINHEIRO et al., 1984).

As diferenças e amplitudes de valores observados nas características avaliadas nos diferentes acessos de pitaya, juntamente com os altos valores de variância e desvio padrão da média (Tabela 2.2), evidenciam a alta diversidade genética entre os acessos de pitayas, o que tem sido também verificado com base em marcadores moleculares (JUNQUEIRA et al., 2010 a,b).

As características analisadas apresentaram diferentes contribuições relativas para a diversidade genética. O diâmetro do fruto foi a característica que teve maior contribuição para o índice de diversidade genética (27,45 %); seguido pela massa total do fruto (25,43 %) e pela massa da polpa do fruto (24,67 %). Esta informação evidencia que estas características foram as mais determinantes para a diferenciação entre os acessos analisados, sendo importantes para trabalhos de caracterização de germoplasma (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 Estatísticas descritivas relacionadas às características físicas e químicas de frutos de 21 acessos de pitaya e contribuição relativa para a diversidade genética. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	Variância	DP	CRDG ¹ (%)
CF	83,67	68,38	125,28	271,04	16,46	0,71
DF	56,78	40,25	99,5	440,96	20,99	27,45
MTF	200,56	67,15	756,45	45468,84	213,23	25,43
MC	54,03	15,43	176,33	3085,70	55,55	6,26
MP	147,38	47,45	580,13	25520,49	159,75	24,67
SSS	13,16	10,55	14,5	1,36	1,17	2,32
SSM	14,42	11,23	15,63	2,27	1,51	10,59
SSI	13,18	9,43	14,6	2,08	1,44	1,79
SBTS	16,19	13,08	20,58	1,90	1,38	0,50
SCTI	17,1	13,63	20,93	1,96	1,40	0,10
SSTI	16,5	12,98	20,05	1,93	1,39	0,18

¹Contribuição Relativa para a Diversidade Genética, utilizando-se o método de Singh (1981).

Comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa total do fruto (MTF), massa da casca (MC), massa da polpa (MP), sólidos solúveis da parte superior (SSS), sólidos solúveis da parte mediana (SSM), sólidos solúveis da parte inferior (SSI), sólidos solúveis da base do terço superior (SBTS), sólidos solúveis do centro do terço intermediário (SCTI) e sólidos solúveis da parte superior do terço inferior (SSTI).

As distâncias genéticas entre os 21 acessos de pitaya variaram entre 2,2 e 540,1

(Tabela 2.3). A maior distância genética foi obtida entre os genótipos “CPAC PY-01(4)” e “CPAC PY-06(15)”. Esta maior distância genética era esperada, considerando que o “CPAC PY-01(4)” pertence à espécie *H. undatus* e o “CPAC PY-06(15)” pertence a espécie *S. setaceus*. As menores distâncias genéticas entre os acessos da espécie *S. setaceus* foram constatadas entre “CPAC PY-06(01)” e “CPAC PY-06(04)” (2,2) e da espécie *H. undatus* entre “CPAC PY-04” e “CPAC PY-01(5)” (11,1). De um modo geral, os acessos da espécie *H. undatus* apresentaram maiores valores para as características físicas dos frutos (comprimento e massa) e os acessos da *S. setaceus* apresentaram maiores valores para o teor de sólidos solúveis, sendo mais doces.

A análise de agrupamento via dendrograma realizada com base nas distâncias genéticas calculadas baseadas nas análises físico-químicas permitiu subdividir os vinte e um acessos das duas espécies de pitaya em dois grupos de similaridade genética a uma distância genética relativa de 100 (Figura 2.1). Os acessos de pitayas da espécie *H. undatus* formaram o primeiro grupo. O acesso CPAC PY-01(2) se destacou em relação aos demais acessos, devido aos seus frutos apresentarem maiores comprimentos, diâmetros e massa total, além dos teores de sólidos solúveis serem superiores em todas as porções dos frutos, quando comparado com os genótipos da mesma espécie. Os demais genótipos da espécie *S. setaceus* formaram o segundo grupo, evidenciando frutos de menores tamanhos e pesos, com maiores teores de sólidos solúveis em todas as partes da polpa. Dentro desse grupo é possível verificar maior similaridade entre os genótipos. “CPAC PY-06(01)” e “CPAC PY-06(04)”.

Pode-se observar no dendrograma (Figura 2.1) e também no gráfico de dispersão (Figura 2.2) as distâncias e a distribuição dos acessos das duas espécies nos grupos de similaridade. A análise dessas figuras permite observar a diversidade genética inter e intraespecífica. Torna-se possível concluir que a diversidade genética intraespecífica é maior para os acessos da espécie *H. undatus* em relação aos acessos da *S. setaceus* analisados nesse trabalho.

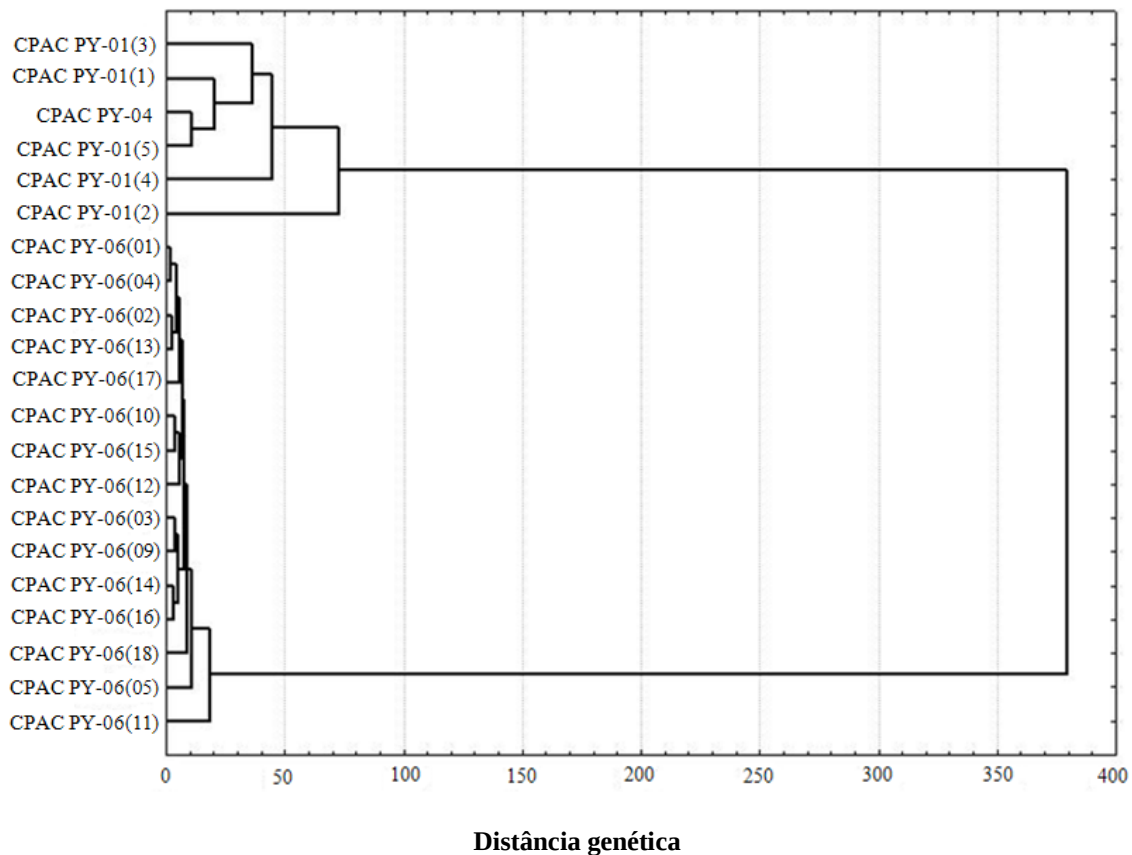


Figura 2.1 Análise de agrupamento de 21 acessos de pitaya com base na matriz de distâncias euclidianas médias padronizadas calculadas utilizando-se 11 características físico-químicas de frutos. O método do UPGMA foi utilizado como critério de agrupamento. Brasília, Unb/Embrapa Cerrados.

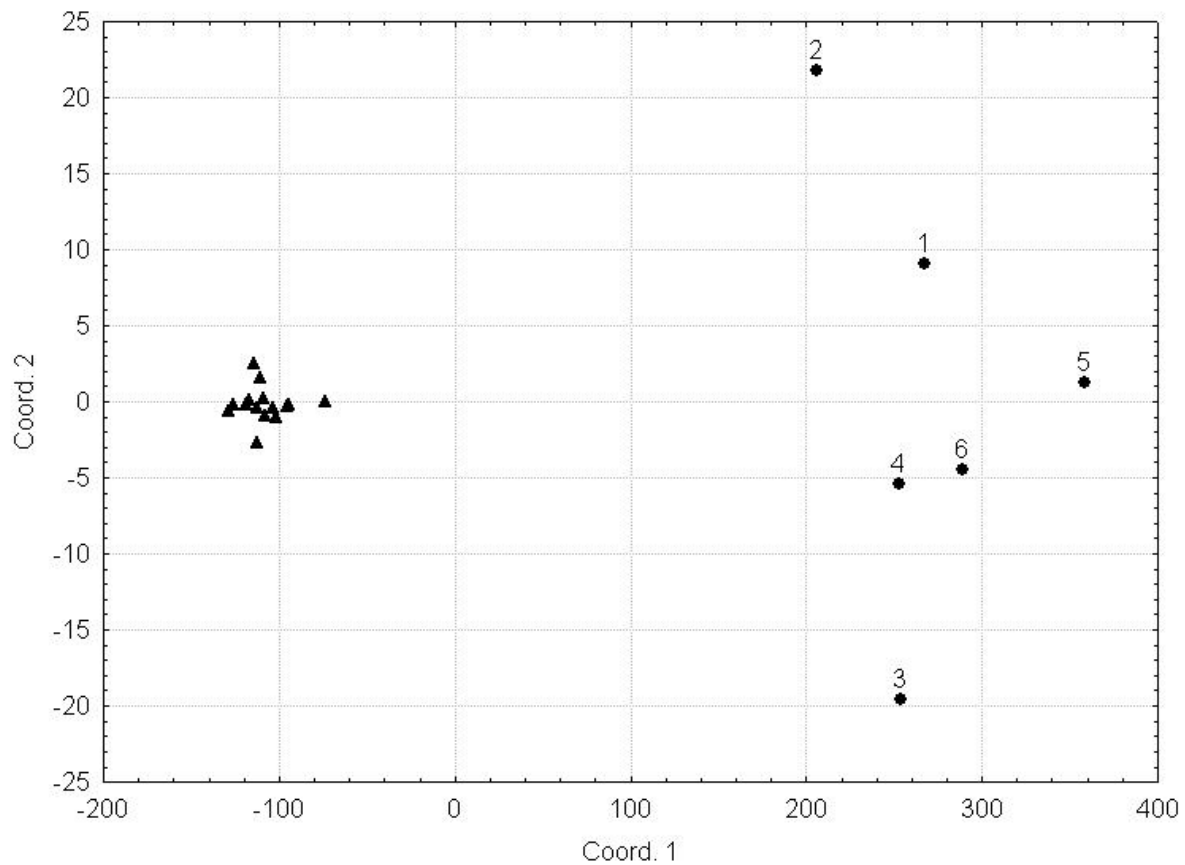


Figura 2.2 Dispersão gráfica de 21 acessos de pitaya com base na matriz de distâncias euclidianas médias padronizadas calculadas utilizando-se de análises 11 características físico-químicas de frutos. Brasília, Unb/Embrapa Cerrados.

Tabela 2.3 Matriz de distância genética entre 21 acessos de pitaya, baseado em análises de 11 características físico-químicas de frutos, utilizando o índice da Distância Euclidiana Média Padronizada. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,0																			
2	79,9	0,0																		
3	42,1	82,1	0,0																	
4	35,6	73,7	22,5	0,0																
5	46,9	60,7	47,5	43,5	0,0															
6	31,3	66,7	18,6	11,1	40,8	0,0														
7	381,3	301,1	370,5	357,4	485,5	406,8	0,0													
8	400,2	328,1	384,5	377,1	512,5	427,9	3,7	0,0												
9	331,8	286,1	320,2	315,9	447,8	359,1	8,6	6,2	0,0											
10	398,3	319,0	380,6	372,2	506,3	420,6	2,2	3,9	7,5	0,0										
11	384,5	310,7	371,3	364,0	499,1	407,0	8,1	5,8	12,5	9,4	0,0									
12	340,2	288,8	324,2	317,1	444,5	362,0	8,0	7,1	3,8	7,1	13,8	0,0								
13	415,7	343,7	397,0	399,2	534,0	442,7	7,5	4,9	10,1	4,8	7,8	8,4	0,0							
14	283,5	252,0	284,5	285,6	398,5	327,1	17,3	20,6	14,4	19,6	21,1	15,9	19,6	0,0						
15	368,9	311,2	358,0	358,1	486,1	403,5	5,2	4,2	6,4	6,3	10,3	6,1	4,6	10,5	0,0					
16	377,3	310,3	362,8	352,6	489,5	401,0	4,4	2,7	4,9	5,5	6,9	6,5	5,8	18,8	6,1	0,0				
17	364,9	307,6	336,7	342,4	470,0	388,2	9,3	5,8	5,0	6,9	11,9	4,6	5,0	14,9	5,7	5,0	0,0			
18	413,5	353,6	395,6	405,7	540,1	445,3	12,0	8,1	8,3	7,6	13,9	10,7	4,0	23,5	6,9	10,5	7,0	0,0		
19	353,4	312,0	337,2	344,7	474,0	386,0	13,7	7,8	3,8	12,3	13,6	6,6	7,0	15,1	5,7	6,2	3,0	6,0	0,0	
20	383,7	308,4	367,6	364,4	494,3	403,7	4,5	6,7	7,9	5,1	7,4	8,3	5,7	22,0	7,3	5,5	8,5	6,4	9,7	0,0
21	385,8	320,1	366,3	363,0	485,9	412,1	8,3	7,0	9,0	8,6	19,1	5,2	11,6	26,0	6,9	11,4	9,3	10,5	11,7	9,9

2.4 CONCLUSÕES

As características físico-químicas dos frutos evidenciam alta diversidade genética entre os acessos das espécies *H. undatus* e *S. setaceus* de pitaya.

Análises de agrupamento e dispersão dos acessos com base nas características físicas e químicas de frutos evidenciam a diversidade interespecífica e também a maior diversidade intraespecífica dos acessos da espécie *H. undatus*.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G.; SILVA, M. T. H. Influência da fonte material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.1, p.183-186, 2007.
- ANDRADE, R. A. de.; LEMOS, E. G. de M.; MARTINS, A. B. G.; PAULA, R. C. de P.; JÚNIOR, J. L. P.; Caracterização morfológica e química de frutos de rambutan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30., n.4., p. 958-963, 2008.
- AOAC. 1997. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: edited Ig W. Horwitz 16^a ed. Washington, V.2, 850p.
- CARDOSO-SILVA, C. B.; MELO, J. R. F.; PEREIRA, A. S.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; OLIVEIRA, A. C. Estudo da diversidade genética mediante caracterização físico-química de frutos de maracujazeiros-do-sono nativos do estado da Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 19, n. 4, p. 352-358, 2007.
- CARVALHO, M. A.; QUESENBERRY, K. H. Morphological characterization of the USA *Arachis pintoi* Krap. and Greg. collection. **Plant Systematics and Evolution**, v.277, p. 1-11, 2009.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2006. 442 p.
- DIAS, L. A. S. **Divergência genética e fenética multivariada na predição de híbridos e preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. 1994. 94p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. e KERSTEN, E. **Fruticultura fundamentos e práticas**. Pelotas, 2008. 176 p.
- JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; LIMA, C. A.; SOUZA, L. S. Diversidade genética de pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 819-824, 2010a.
- JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FONSECA, K. G.; LIMA, C. A.; SANTOS, E. C. Variabilidade genética de acessos de pitaya com

diferentes níveis de produção por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 840-846, 2010b.

KOTTAPALLI, K. R.; BUROW, M. D.; BUROW, G.; BURKE, J.; PUPPALA, N. Molecular characterization of the U.S. peanut mini core collection using microsatellite markers. **Crop Science**, v.47, p.1718-1727, 2007.

MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H.; CARNEIRO, P. C. S.; MIRANDA, G. V.; MATTEDI, A. P.; CALIMAN, F. R. B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10. p. 1283-1290, 2009.

PINHEIRO, R. V. R.; MARTELETO, L. O.; SOUZA, A. C. G. de; CASALI, W. D.; CONDÉ, A. R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, v.31, p. 360-387, 1984.

RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. de; PEREIRA, T. N. S. Recursos genéticos vegetais: manejo e uso. **Magistra**, v.19, p. 265-273, 2007.

SAS INSTITUTE INC. 1989. **SAS/STAT user's guide. Version 6, 4 ed.** SAS Institute, North Caroline, Cary. 1989.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic diversity. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

STATSOFT INC. **Statistica for Windows [Computer program manual]** Tulsa, OK. StatSoft Inc. 2300 East 14th Street, Tulsa. 1999.

UPADHYAYA, H. D.; REDDY, L. J.; GOWDA, C. L. L.; REDDY, K. N.; SINGH, S. Development of a mini core subset for enhanced and diversified utilization of pigeonpea germplasm resources. **Crop Science**, v.46, p.2127-2132, 2006.

**CAPITULO 3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, POLIFENÓIS E
FLAVONÓIDES AMARELOS EM FRUTOS DE ESPÉCIES DE PITAYAS
COMERCIAIS E NATIVAS DO CERRADO**

**CHAPTER 3. PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS AND
POLYPHENOLS AND FLAVONOIDS YELLOW IN FRUITS OF COMMERCIAL
AND WILD PITAYA SPECIES FROM BRAZILIAN SAVANNAS**

RESUMO

Apesar do grande potencial comercial da pitaya, ainda são escassos os estudos de caracterização físico-química de frutos da pitaya, principalmente considerando espécies nativas do Cerrado. Neste trabalho, objetivou-se analisar a caracterização físico-química, polifenóis e flavonóides amarelos totais de frutos de espécies de pitaya *Hylocereus costaricensis*, *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus* e *Selenicereus megalanthus*. Para as avaliações físico-químicas, foram realizadas as análises de sólidos solúveis, pH e acidez total titulável. Para a determinação dos compostos fenólicos, realizou-se as análises de polifenóis extraíveis totais e flavonóides amarelos. Foram observadas diferenças significativas entre as espécies de pitaya e entre as partes basal, mediana e apical dos frutos, quanto às características físico-químicas e a concentração de compostos fenólicos. A espécie *S. megalanthus* apresentou maior quantidade de sólidos solúveis, apresentando assim, a polpa mais doce. Tal característica foi mais pronunciada na parte mediana do fruto de todas as espécies. Houve diferença significativa entre o pH, com valores variando de 4,84 a 5,67, classificando-se como alimentos pouco ácidos. A acidez variou de 0,10 % a 0,15 % de ácido cítrico. *H. costaricensis* merece destaque pela presença de maior quantidade de polifenóis totais e de flavonóides amarelos, diferenciando significativamente das demais espécies.

Palavras-chave: Cactaceae, variabilidade genética, melhoramento, características pós-colheita.

ABSTRACT

Although the high commercial potential of pitaya, there are yet few studies of physico-chemical characterization of pitaya fruits, especially considering wild species from Brazilian Savannas. This study was conducted with the objective to analyze the physico-chemical characterization, total polyphenols and flavonoids yellow of fruits of *Hylocereus costaricensis*, *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus* and *Selenicereus megalanthus* pitaya species. For the physico-chemical analyzes, the percentage of soluble solids, pH value and total acidity. For the phenolic compounds quantification, total flavonoids and yellow polyphenols extractable were analyzed. Significant differences of chemical characteristics and the amount concentration of phenolic compounds were observed among pitaya species and basal, middle and apical portions of fruit. The species *S. megalanthus* had higher amounts of soluble solids. This characteristic is more pronounced in the middle part of the fruit of all species. There was significant difference of pH, with values ranging from 4.84 to 5.67. The pitaya fruits are classified as low acid fruits. The acid content ranged from 0.10% to 0.15% of citric acid. *H. costaricensis* presented higher amount of total polyphenols and flavonoids yellow, differing significantly from the other species.

Keywords: Cactaceae, genetic variability, breeding, post-harvest characteristics.

3.1 INTRODUÇÃO

A pitaya é uma planta rústica da família Cactaceae e é conhecida mundialmente como "Dragon Fruit (Fruta-do-Dragão)". Existem diferentes espécies de pitaya, sendo algumas comerciais e outras nativas. De acordo com a espécie, seus frutos podem apresentar características físicas e químicas diversificadas quanto ao formato, presença de espinhos, cor da casca e da polpa, teores de sólidos solúveis e pH na polpa, reflexo da alta diversidade genética desta frutífera.

A pitaya pertence ao grupo de frutíferas tropicais, consideradas promissoras para o cultivo, devido à sua aparência exótica, sabor doce e suave, polpa firme e às suas propriedades nutricionais e funcionais, a pitaya é uma fruta de aceitação crescente nos mercados consumidores (MARQUES et al, 2011; MOREIRA et al., 2011). Atualmente, as principais espécies comerciais são a pitaya de casca vermelha (*Hylocereus undatus*) e a de casca amarela (*Selenicereus megalanthus*) (DONADIO, 2009).

A polpa (mesocarpo) é a parte comestível do fruto, formada por uma massa de textura mucilagínosa com sementes pequenas e macias distribuídas homogeneamente, e representa de 60 a 80% do peso dos frutos maduros. O rendimento de polpa, sem as sementes, representa em torno de 55% do fruto, embora maiores variações possam ser encontradas entre as diferentes espécies. Variações também podem ser observadas na acidez (pH) e na doçura (teor de sólidos solúveis). Dentre os açúcares presentes na polpa se destacam a glicose e a frutose (LE BELLEC, 2006).

Entre as características físico-químicas utilizadas na avaliação da qualidade dos frutos, consideram-se as mais comuns: teor de sólidos solúveis (SS), pH, acidez total (AT) e compostos fenólicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Essas características são influenciadas por diversos fatores como as condições edafoclimáticas, tratos culturais, época e local de colheita, variedade e manuseio pós-colheita.

Apesar do grande potencial comercial dessa fruta, ainda são escassos os estudos de caracterização físico-química de frutos da pitaya, principalmente considerando espécies nativas do Cerrado. Neste trabalho, objetivou-se obter as características físico-químicas e a quantificação de polifenóis e flavonóides amarelos totais em diferentes porções dos frutos de quatro diferentes espécies de pitayas comerciais e nativas do Cerrado.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar a caracterização físico-química e o teor de polifenóis e flavonóides amarelos totais foram coletados ao acaso e avaliados seis frutos de quatro espécies de pitayas nativas, *H. costaricensis*, *S. setaceus*, *H. undatus*, *S. megalanthus*, disponíveis no Banco de Germoplasma da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, latitude 15° 35'00", longitude 47° 35' 00" e frutos comerciais das espécies *H. undatus* e *S. megalanthus* adquiridos em mercados da região de Brasília-DF.

Os frutos foram encaminhados ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Cerrados para a determinação de alguns parâmetros relacionados à sua composição físico-química (sólidos solúveis, pH e acidez total titulável) bem como para análise de polifenóis e flavonóides amarelos.

Os frutos foram lavados em água corrente, secos com papel absorvente e cortados transversalmente em três segmentos identificados como porções basal, mediana e apical. A polpa de cada porção dos seis frutos de cada espécie foi separada da casca, homogeneizada, embalada em sacos plásticos de baixa densidade e congelada até o momento das diferentes análises.

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 6 x 3 (6 genótipos x 3 porções do fruto) com três repetições, sendo cada repetição uma amostra retirada da polpa homogeneizada de cada porção dos seis frutos de cada acesso.

As análises realizadas em cada amostra foram o teor de sólidos solúveis totais (%) pelo método refratométrico, de acordo com as normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ, (1985), a acidez total titulável (titulação com NaOH 0,1 N até pH de 8,1) com os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico e o pH, determinado por um medidor de pH Hanna Instruments, modelo HI 9321, calibrado periodicamente com soluções tampão de pH 4 e 7. Todas as metodologias utilizadas são descritas conforme AOAC (1997). Para a determinação dos compostos fenólicos foram realizadas análises de polifenóis extraíveis totais e flavonóides amarelos totais.

Para a extração dos polifenóis, amostras de 30 g foram pesadas, às quais adicionou-se 40 mL de metanol:água destilada (50/50, v/v). As soluções foram homogeneizadas em agitador de tubos durante 60 segundos e permaneceram em repouso por 60 minutos à

temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Após o repouso, realizou-se a centrifugação das soluções a 15.000 rpm durante 20 minutos e o sobrenadante 1 foi recolhido em um balão volumétrico de 100 mL. Ao resíduo dessa primeira extração, adicionou-se 40 mL de acetona:água destilada (70/30, v/v), e repetiu-se todo o processo de homogeneização e repouso. As soluções foram centrifugadas novamente a 15.000 rpm durante 20 minutos, o sobrenadante 2 foi recolhido e misturado ao sobrenadante 1 em balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume do extrato com água destilada (LARRAURI et al., 1997).

Em tubos de ensaio adicionou-se 1 mL do extrato, 1 mL de folin ciocalteau (1:3), 2 mL de carbonato de sódio (20%) e 2 mL de água destilada, e essa solução foi homogeneizada.

Verificou-se a quantificação de polifenóis em um espectrofotômetro a 535 nm, utilizando-se curva padrão preparada com ácido gálico (GAE - Gallic Acid Equivalents). A realização dos ensaios aconteceu em triplicata, em ambiente escuro e as leituras foram feitas aos 30 minutos após a adição dos reagentes e os resultados expressos em mg GAE. 100 g⁻¹ de amostra fresca (OBANDA e OWUOR, 1997).

Para a determinação dos teores de flavonóides amarelos, utilizou-se amostras de 10 g de polpa às quais foram adicionados 30 mL da solução extratora (etanol 95% : HCl 1,5N - 85:15 v/v). Os extratos resultantes foram homogeneizados por 1 min e vertidos em balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com a mesma solução extratora. Armazenados em frascos escuros, os extratos foram refrigerados (5 °C) por 16 h, em seguida foram filtrados. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 374 nm, e os resultados foram expressos em mg. 100 g⁻¹ amostra fresca.

Foram realizadas análises de variância e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 1% de probabilidade, com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2007).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância, verificou-se o efeito significativo de genótipos e da interação genótipo x porção do fruto para todas as características avaliadas a 1% de probabilidade, pelo teste F. No caso da porção do fruto, houve efeito significativo para o teor de sólidos solúveis, acidez titulável e flavonóides amarelos (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 Resumo da análise de variância dos dados relativos às variáveis sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), polifenóis extraíveis (PE), flavonóides amarelos (FLAV), avaliados em seis genótipos de pitaya. UnB/Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Fontes de Variação	Valores de F					
	GL	SS	pH	AT	PE	FLAV
Genótipo (G)	5	1215,85945**	258,56973**	34,18431**	641,61502**	679,83617**
Posição do Fruto (PF)	2	322,66454**	2,29188	10,43137**	2,38079	12,16819**
G X PF	10	15,90021**	6,90881**	6,61961**	5,73859**	5,81515**
Resíduo	36	0,08722	0,00378	0,00009	0,26956	0,04463
Coefficiente de Determinação (%)	-	99,9178	99,6133	97,0747	99,8441	99,8529
CVe (%)	-	2,1701	1,2074	7,8678	3,3723	8,1773
CVg (%)	-	25,2128	6,4594	15,1078	28,4516	71,0182
Razão CVg/CVe(%)	-	11,6183	5,3497	1,9202	8,4368	8,6848

(CVe) - coeficientes de variação ambiental e (CVg) - coeficientes de variação genético.

**significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

Os coeficientes de variação experimental (CVe) variaram de 1,20% para pH a 8,17% para flavonóides, mostrando-se de pequena amplitude, evidenciando a qualidade das análises laboratoriais. Os coeficientes de variação genotípica ficaram no intervalo de 6,46% a 71,02%, valores sempre superiores aos coeficientes de variação experimental, sugerindo que existe, entre os genótipos, suficiente variabilidade genética para ser explorada em processos de seleção e que tais caracteres são importantes quando se trata de discriminar germoplasma de pitaya.

A comparação das médias entre os tratamentos mostra que o teor de sólidos solúveis foi maior na porção mediana dos frutos de todas as espécies (*H. costaricensis*, *S. setaceus*, *H. undatus*, *S. megalanthus*) (Tabela 3.2). Como o teor de sólidos solúveis apresenta alta correlação positiva com o teor de açúcares, pode-se dizer que, no caso da pitaya, a porção mediana é a parte mais doce. Silva et al. (2002), analisaram seis espécies de frutas de clima temperado quanto ao teor de sólidos solúveis totais, separando os frutos de cada espécie em três porções: basal, mediana e apical. O kiwi apresentou maior teor de sólidos solúveis na porção basal (11,04 %); as espécies nectarina e pêra apresentaram teores maiores na porção mediana (12,08 % e 11,75 %, respectivamente); para as espécies ameixa, maçã e pêssogo os maiores teores foram na porção apical (16,11 %, 12,06 % e 11,38 %, respectivamente).

A espécie que apresentou maior teor de sólidos solúveis foi a *S. megalanthus* tanto nos frutos comerciais como nos coletados no banco de germoplasma da Embrapa Cerrados contendo 17,3 e 16,3 % respectivamente. Esta espécie merece destaque considerando que

os açúcares solúveis presentes nos frutos são responsáveis pela doçura e sabor, quando combinados adequadamente com os polissacarídeos estruturais (GOMES, 2002).

Foram também verificadas diferenças significativas no pH entre as espécies, com valores variando de 4,83 a 5,67. Estes valores fazem com que as pitayas analisadas no presente trabalho sejam classificadas como frutos pouco ácidos. A espécie *H. undatus* (comercial) apresentou maior média de pH (5,70) e menor média de sólidos solúveis (0,10 % ácido cítrico) diferenciando significativamente das demais espécies. O pH é um parâmetro importante do fruto uma vez que pode influenciar o tempo de deterioração através do desenvolvimento de microrganismos, atividade das enzimas, retenção do sabor-odor de produtos de frutas, estabilidade de corantes artificiais em produtos de frutas, verificação do estágio de maturação de frutas, escolha da embalagem, palatabilidade, escolha da temperatura de tratamento térmico, a escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria e escolha de aditivos e conservantes.

Tabela 3.2 Características químicas de frutos de espécies comerciais e nativas (Coleção Emb. Cerrados) de pitaya.

Espécies	Variáveis											
	SS*				pH				AT*			
	PA	PM	PB	Média	PA	PM	PB	Média	PA	PM	PB	Média
<i>Selenicereus megalanthus</i> (Coleção Emb. Cerrados)	14,2bC	18,1aA	16,5bB	16,3cd	4,87cA	4,80cA	4,88cA	4,85a	0,15aA	0,17aA	0,12bcB	0,15a
<i>Selenicereus setaceus</i> (Coleção Emb. Cerrados)	13,4cB	15,8bA	13,4cdB	14,2bc	5,25bA	5,14bA	5,18bA	5,19a	0,09bA	0,12cdA	0,11bcA	0,11a
<i>Selenicereus megalanthus</i> (Comercial)	15,8aC	18,5aA	17,5aB	17,3d	5,22bA	4,88cB	5,13bA	5,08a	0,12bB	0,15abA	0,15aA	0,14a
<i>Hylocereus undatus</i> (Comercial)	7,5fAB	8,0dA	7,1eB	7,5a	5,61aB	5,81aA	5,67aAB	5,70b	0,11bA	0,10dA	0,10cA	0,10a
<i>Hylocereus undatus</i> (Coleção Emb. Cerrados)	11,1eB	13,5cA	12,9dA	12,5b	4,83cA	4,88cA	4,90cA	4,87a	0,11bA	0,11dA	0,12bcA	0,11a
<i>Hylocereus costaricensis</i> (Coleção Emb. Cerrados)	12,2dC	15,3bA	14,1cB	13,9bc	4,84cA	4,86cA	4,84cA	4,8a	0,12bA	0,14bcA	0,13abA	0,13a
Média	12,4A	14,9B	13,6AB		5,10A	5,06A	5,10A		0,12A	0,13A	0,12A	

*SS - sólidos solúveis (%), AT - acidez titulável (% ácido cítrico). PA – porção apical, PM – porção mediana. PB – porção basal dos frutos. Análises realizadas em triplicata. As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey a 1% de significância.

Com relação à acidez, pode-se dizer que a porcentagem de acidez é baixa nos frutos de pitaya, variando de 0,10 % de ácido cítrico na espécie *H. undatus* a 0,15 % de ácido cítrico na espécie *S. megalanthus*. Tal diferença não foi significativa entre as médias das espécies. Também não foram verificadas diferenças muito expressivas entre a acidez das partes apical, mediana e basal dos frutos. A acidez é resultante dos ácidos orgânicos, os quais influenciam na cor, sabor, odor e na qualidade das frutas. Através da determinação da acidez total em relação ao conteúdo de açúcar pode-se obter o estágio de maturação das frutas.

O valor médio de polifenóis totais obtidos dos frutos de pitaya da espécie *H. costaricensis* de 23,15 mg GAE.100 g⁻¹ foi significativamente maior que o de outras espécies de pitaya (Tabela 3). A quantidade de polifenóis da espécie *H. costaricensis* foi aproximadamente 100 % superior à apresentada pela espécie *H. undatus* (Coleção de Germoplasma Embrapa Cerrados) (Tabela 3.3). De acordo com Lim et al. (2007), o conteúdo fenólico total da polpa de pitaya da espécie *Hylocereus polyrhizus* de 21 ± 6 mg GAE.100 g⁻¹ é relativamente menor do que os obtidos por Choo et al. (2011) de 24.22 ± 0.95 mg GAE.100 g⁻¹ para a mesma espécie e 28.65 ± 1.79 mg GAE.100 g⁻¹ para *H. undatus*. No entanto, Wu et al. (2006), relataram maior teor de fenólicos (42,4 ± 0,04 mg GAE.100 g⁻¹) na espécie *H. polyrhizus*. Segundo esses autores, essa diferença pode ser devida à variação ambiental do crescimento ou devido à diferença de fase de maturação dos frutos.

Apesar das diferenças significativas entre a quantidade de polifenóis totais de diferentes espécies de pitaya, tal quantidade é relativamente pequena, quando comparada com a obtida em outros frutos tropicais. O valor médio de polifenóis totais obtidos dos frutos de pitaya da espécie *H. costaricensis* de 23,15 mg GAE.100 g⁻¹ está acima do mamão (15,3 mg GAE.100 g⁻¹) e abaixo do abacaxi (85,1 mg GAE.100 g⁻¹), da banana (215,7 mg GAE.100 g⁻¹), da laranja (114,6 mg GAE.100 g⁻¹) e da manga (110,5 mg GAE.100 g⁻¹) (FALLER e FIALHO, 2009).

A porção basal do fruto da espécie *H. costaricensis* apresentou maior quantidade de polifenóis (24,71 mg GAE.100 g⁻¹). No caso das outras espécies analisadas, não foram verificadas diferenças significativas entre a quantidade de polifenóis nas diferentes partes do fruto. Atribui-se aos polifenóis ações fisiológicas relacionadas à prevenção de doenças

cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer, entre outras, principalmente em função da elevada capacidade antioxidante (SCALBERT et al., 2005).

As frutas, principais fontes dietéticas de polifenóis, apresentam variações quantitativas e qualitativas na composição desses constituintes em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas) (REYNERSTON et al., 2008). Entretanto, a eficácia da ação antioxidante depende da concentração destes fitoquímicos no fruto (MELO et al., 2008).

Dentre os polifenóis, têm-se os flavonóides amarelos que podem ser considerados pigmentos naturais e desempenham um papel fundamental na proteção do vegetal, que atuam contra agentes oxidantes. Os flavonóides são considerados um dos compostos mais importantes e diversificado entre os produtos de origem vegetal, sendo encontrado nas frutas, vegetais, sementes, flores e cascas de árvores, portanto considerado um integrante da dieta humana. Os flavonóides apresentam propriedades medicinais importantes como ação antioxidante, anti-inflamatória, antialérgica e anticarcinogênica (SCHMITZ et al., 2005).

No caso dos flavonóides, novamente a espécie *H. costaricensis* apresentou a maior quantidade, em média 6,03 mg.100 g⁻¹ de flavonóides amarelos, diferenciando significativamente das demais espécies, valor médio de 1,89 mg.100 g⁻¹ de flavonóides amarelos. Este valor foi mais de 6 vezes superior ao apresentado pela espécie *S. megalanthus* nativa. A espécie nativa *S. setaceus* apresentou, em média, a segunda maior quantidade de flavonóides amarelos com 2,97 mg.100 g⁻¹ (Tabela 3.3). De acordo com Wu et al. (2006), a quantificação de flavonóides da polpa da espécie *H. polyrhizus* cultivada em Taiwan foi de 7,21 ± 0,02 mg de equivalentes de catequina/100 g de polpa fresca.

Em países considerados detentores de alta biodiversidade, com grande território, como o Brasil, a questão da biodiversidade de espécies nativas tem enorme relevância, ainda pouco explorada comercialmente (ALHO, 2012). Os resultados desse trabalho mostram o potencial inter e intraespecífico das espécies nativas de pitaya, valores que podem enriquecer a diversidade alimentar e nutricional da população brasileira, complementando uma dieta saudável.

Tabela 3.3 Quantidade de compostos fenólicos em polpa de frutos de espécies comerciais e nativas de pitaya.

Espécies	Variáveis							
	PE*				FLAV*			
	PA	PM	PB	Média	PA	PM	PB	Média
<i>Selenicereus megalanthus</i> (Coleção Emb. Cerrados)	12,17dA	12,81dA	11,94dA	12,31a	0,85cA	0,87dA	0,92dA	0,88a
<i>Selenicereus setaceus</i> (Coleção Emb. Cerrados)	15,53cA	15,25cA	15,81cA	15,53a	2,65bB	3,50bA	2,75bB	2,97c
<i>Selenicereus megalanthus</i> (Comercial)	12,77dA	12,91dA	11,94dA	12,54b	1,17cA	1,61cA	1,25dA	1,34ab
<i>Hylocereus undatus</i> (Comercial)	17,20bA	17,14bA	17,50bA	17,28b	2,11bA	2,14cA	2,12cA	2,12bc
<i>Hylocereus undatus</i> (Coleção Emb. Cerrados)	11,45dA	11,53dA	11,71dA	11,56a	2,37bA	2,22cA	1,88cA	2,16bc
<i>Hylocereus costaricensis</i> (Coleção Emb. Cerrados)	22,97aB	21,77aB	24,71aA	23,15c	6,52aA	6,11aA	5,47aB	6,03d
Média	15,35A	15,24A	15,60A		2,61B	2,74C	2,40A	

*PE - polifenóis extraíveis (mg GAE.100 g⁻¹), FLAV - flavonóides amarelos (mg.100 g⁻¹). PA – porção apical, PM – porção mediana. PB – porção basal dos frutos. Análises realizadas em triplicata. As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey a 1% de significância.

3.4 CONCLUSÕES

As quatro espécies de pitaya nativas e comerciais apresentaram diferenças nos frutos quanto às características físico-químicas e a concentração de polifenóis.

A espécie *Selenicereus megalanthus* apresentou maior quantidade de sólidos solúveis, sendo esta característica mais pronunciada na parte mediana do fruto de todas as espécies.

A espécie nativa *Hylocereus costaricensis* merece destaque pela presença de maior quantidade de polifenóis e flavonóides amarelos totais.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHO, C. J. R. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. **Estud. av.**, São Paulo, v. 26, n. 74, p.151-166, 2012.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: edited Ig W. Horwitz 16^a ed. Washington, v.2, 1997. 850p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2a, 2005, 785p.
- CHOO, W. S. and Yong, W. K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, 2(3), 418-425. 2011.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística**. Versão Windows – 2007, Viçosa, UFV.
- DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.
- FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 2, p.211-218, 2009.
- GOMES, P. M. de A., FIGUEIRÊDO, R. M. F., QUEIROZ, A. J. de M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.2, p.157-165, 2002.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. São Paulo. v. 1. 3^a ed. 1985. 533p.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 45, n. 4, p.1390-1393, 1997.
- LE BELLEC, F. ; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. Cirad/EDP Sciences. **Fruits**, vol. 61, p. 237–250. 2006.
- LIM, Y.Y.; LIM, T.T.; TEE, J.J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chem.**, v.103, 2007. 1003p.
- MARQUES, V.B.; MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D; ARAÚJO, N.A.; SILVA, F.O.R. Fenologia reprodutiva de pitaiá vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, v.41, n.6, p.984-987, 2011.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S., LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 193-201, 2008.

MOREIRA, R.A; RAMOS, J.D.; MARQUES, V.B.; ARAÚJO, N.A.; MELO, P.C.; Crescimento de pitaya vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.785-788, 2011.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O. Flavanol Composition and Caffeine Content of Green Leaf as Quality Potential Indicators of Kenyan Black Teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.74, p. 209-215, 1997.

REYNERSTON, K. A.; YANG, H.; JIANG, B.; BASILE, M. B.; KENNELLY, E. J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, v. 109, n. 4, p. 883-890, 2008.

SCALBERT, A.; JOHNSON, I.T.; SALTMARSH, M. Polyphenols: antioxidants and beyond. **Am J Clin Nutr.**, v. 81 (1Supl.):S215-7, 2005.

SCHMITZ, W., SAITO, A. Y., ESTEVÃO, D., SARIDAKIS, H. O. O Chá Verde e Suas Ações Quimioprotetor. **Semina: Ciências Biológicas e Da Saúde**, Londrina, PR. v. 26, n. 2, p.119-130, 2005.

SILVA, P.S.L.; SÁ, W.R.; MARIGUELE, K.H.; BARBOSA, A.P.R.; OLIVEIRA, O.F. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais em frutos de algumas espécies de clima temperado. **Caatinga**, v. 15, n. 1/2, p. 19-23, 2002.

WU, L.-C; HSU, H.-W.; CHEN Y.-C.; CHIU, C.-C.; LIN, Y.-I. HO; J.-A. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, v. 95, p.319–327, 2006.

**CAPÍTULO 4. FENOLOGIA REPRODUTIVA DE DUAS ESPÉCIES DE PITAYA
NO CERRADO**

**CHAPTER 4. REPRODUCTIVE PHENOLOGY OF TWO SPECIES PITAYA OF
THE SAVANNA**

RESUMO

O conhecimento sobre padrões fenológicos de qualquer espécie é primordial para o manejo e a domesticação da espécie, bem como para o entendimento das relações existentes entre as plantas e o ambiente. Estudos fenológicos de espécies nativas do Cerrado são escassos, principalmente quando se diz respeito à família Cactaceae. Nesse trabalho, objetivou-se determinar o hábito de florescimento e frutificação de duas espécies de pitaya (*Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*) nas condições do Cerrado do Planalto Central. O experimento verificou que as abelhas *Trigona spinipes* foram os visitantes florais que apresentaram maior frequência no período da antese, exercendo importante atividade polinizadora. A floração e frutificação da espécie *S. setaceus* começa no final do mês de agosto e termina em fevereiro cerca de dois meses antes que a espécie *H. undatus*. Em termos de variáveis climáticas, o período de floração e frutificação caracterizou-se pela estação chuvosa e as altas temperaturas. O período da antese até a maturação dos frutos da espécie *S. setaceus* dura cerca de 18-27 dias a mais, quando comparada com a espécie *H. undatus*.

Palavras-chave: Cactaceae, *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus*, visitantes florais, floração e frutificação.

ABSTRACT

Knowledge of phenological patterns of any plant species is essential for plant domestication and management as well as for understanding the relationship between plants and the environment. Phenological studies of native Savanna species are scarce, especially when it concerns the Cactaceae family. This work aimed to evaluate the flowering and fruiting patterns of two pitaya species (*Hylocereus undatus* and *Selenicereus setaceus*) conditions in the Central Region of Brazilian Savanna. It was found that *Trigona spinipes* bees were the main flower visitors with an important pollinator activity. The *S. setaceus* flowering and fruiting begins in late August and ends in February two months before *H. undatus*. Flowering and fruiting period occur in rainy season with high temperatures. The period from anthesis to fruit maturity of the *S. setaceus* is 18-27 days longer than *H. undatus*.

Keywords: Cactaceae, *Hylocereus undatus*, *Selenicereus setaceus*, flower visitor, flowering, fruiting.

4.1 INTRODUÇÃO

A fenologia pode ser definida como o estudo dos eventos biológicos repetitivos, sendo no reino vegetal representados, em maior grau de importância, pela floração e frutificação das angiospermas, que representam os principais mecanismos de perpetuação da espécie e pode ser explicada por fatores genéticos e/ou por fatores abióticos, como temperatura, pluviosidade, umidade relativa, comprimento do dia, tipo do solo, entre outros (VERONA et al., 2005). Portanto, a fenologia das plantas, nas diferentes condições edafoclimáticas de diversas regiões está ligada aos fatores ambientais, pois são estes que geralmente determinam os fenômenos biológicos (HOJO et al., 2007). A observação dos processos periódicos visíveis é o objetivo básico da fenologia (PASCALE e DAMARIO, 2004).

Para definir manejos fitossanitários, hídricos e nutricionais, são necessários procedimentos de colheita, técnicas de manuseio e conservação pós-colheita, assim como para definir índices de maturação e qualidade (ALMEIDA et al., 2011). A avaliação do comportamento fenológico propicia o conhecimento e a definição das épocas em que ocorrem as diversas fases do período vegetativo e reprodutivo das plantas, o que pode favorecer a melhor utilização das práticas culturais, conhecimento da dinâmica fenológica e servir como base para a elaboração de estratégias de cultivos e otimização dos sistemas de produção (BERGAMASCHI, 2007).

No Brasil, o estudo da fenologia das plantas perenes vem sendo utilizado para ampliar os conhecimentos em melhoramento genético, agrometeorologia, silvicultura, medicina popular, ecologia, manejo correto de culturas, preservação de ecossistemas e em outras áreas afins (MORELLATO et al., 1990; GASPARI-PEZZOPANE et al., 2009).

A época, a duração e a intensidade com que ocorre a emissão de folhas, flores e frutos são dados básicos para o estudo da fenologia. A determinação desses dados possibilita a classificação e a distribuição das plantas em regiões mais adequadas. A importância da classificação fenológica da vegetação é como um guia dos processos de mudanças climáticas. Os descritores de elementos da paisagem, tanto local quanto regional, entre outros, como por exemplo, melhora a classificação de fisionomias vegetais (NELSON, 1994; SCHRIEVER e CONGALTON, 1995; WOLTER et al., 1995).

O conhecimento sobre padrões fenológicos de qualquer espécie é primordial para o

manejo e a domesticação da espécie e a elucidação das relações existentes entre as plantas e o ambiente (JARDIM e KAGEAMA, 1994; OLIVEIRA et al, 2003). A partir de estudos dessa natureza, podem revelar-se períodos críticos em seus desenvolvimentos que possibilitem a produção dos mesmos com alta qualidade, satisfazendo, assim, os consumidores mais exigentes (BERILLI et al., 2007).

Os frutos das espécies nativas do Cerrado apresentam mercado potencial e crescente, grande parte devido ao sabor *sui generis* e elevados teores de açúcares, proteínas, vitaminas e sais minerais. São conhecidas mais de 58 espécies de frutíferas do Cerrado (ÁVIDOS e FERREIRA, 2000)

Apesar de sua importância, estudos fenológicos de espécies nativas do Cerrado são escassos (NUNES et al., 2005), principalmente quando se diz respeito à família Cactaceae. Segundo Grimaldo-Juaréz et al. (2007), algumas espécies domesticadas de cactos apresentam variação nas características das frutas, como cor, estão relacionadas ao processo de domesticação, e isso tem causado controvérsia na identificação para a definição das espécies. A caracterização fenológica permite maior detalhamento na descrição do ciclo da planta.

No Cerrado brasileiro, existem algumas espécies de pitaya que vegetam naturalmente sobre maciços rochosos, troncos de árvores e solos arenosos de campos rupestres. A precipitação nesse bioma ocorre predominantemente de outubro a abril, com certa restrição hídrica nos demais meses do ano (SILVA et al., 2008).

A pitaya adapta-se a regiões de temperaturas entre 18 e 26 °C, altitude entre 0 até 1.850 m e chuvas entre 1.200 e 1.500 mm anuais, prefere climas subúmidos, meia sombra, livres de geadas, com solos bem drenados. Entretanto, a pitaya pode adaptar-se a climas de tipos diversos, desde os tropicais, subtropicais até os áridos (DONADIO, 2009).

Para haver frutificação da pitaya, a polinização e fecundação são essenciais, sendo importante a atração de polinizadores pelo perfume do néctar da flor. Também pode haver autofecundação em algumas espécies, porém existem espécies autoincompatíveis, havendo necessidade da polinização cruzada.

O conhecimento da fenologia em clima tropical é de grande importância para o estudo e manejo da pitaya nas condições do Cerrado. Considerando a falta de informação sobre a fenologia dessa cultura nessas condições, objetivou-se, nesse trabalho, determinar o

hábito de florescimento e frutificação de duas espécies de pitaya (*Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*) nas condições do Cerrado do Planalto Central.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Avaliações fenológicas de duas espécies de pitaya (*Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*) foram realizadas na Unidade de Apoio da Fruticultura na Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, latitude 15° 35'00", longitude 47° 35' 00". Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo AW Tropical estacional de savana megatérmico com temperatura média do mês mais frio acima de 18,0° C. Tem precipitação média anual de 1.400 mm concentrada no período de outubro a março. O período seco varia de 5 a 6 meses (abril a setembro) e as médias de temperatura máxima e mínima são de 26,4° C e 15,9° C, respectivamente. Predominam os solos Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Amarelo, que juntos representam 84 % da área (RIBEIRO JÚNIOR, 2006).

Para estudo dos padrões fenológicos foram selecionados 30 indivíduos de cada espécie (*Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*), sendo monitorados semanalmente, no período de setembro de 2009 a dezembro de 2012. Para a seleção dos indivíduos, foram consideradas a idade reprodutiva e as boas condições fitossanitárias (ausência aparente de doenças e infestações de pragas).

Foram registrados os visitantes florais e avaliado o período das fenofases: surgimento e crescimento dos botões florais, abertura de flores (antese), frutos imaturos (fase inicial do amadurecimento), frutos verdes (coloração verde), frutos “de vez” e frutos maduros (coloração completamente vermelha).

Os dados climatológicos foram obtidos na Estação Climatológica da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF. Na Figura 4.1 estão apresentados os gráficos com valores de dados climatológicos mensais de precipitação (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa média (%), dos anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

Para a elaboração da escala das fases fenológicas, os cladódios foram marcados assim que observado o surgimento da gema floral e registrado o dia da ocorrência do evento fenológico, bem como as posteriores mudanças de estádios.

Acompanhou-se, com auxílio de um paquímetro graduado em mm, o

desenvolvimento dos frutos, desde quando contavam com cerca de 0,2 cm de comprimento e largura até sua completa maturação fisiológica.

Quanto aos visitantes florais, foram realizadas observações desde o momento da antese das flores até sua senescência por meio de acompanhamento visual, registro fotográfico e anotações de campo. As contagens foram realizadas, durante seis dias alternados, no período da floração, entre as duas espécies estudadas. Para cada hora de observação houve um intervalo de tempo de 120 minutos. Os visitantes florais foram considerados aqueles insetos que pousaram nas flores, independente de tocar ou não nos órgãos reprodutivos (anteras e estigma) das flores. Os potenciais polinizadores foram determinados mediante sua abundância, frequência e comportamento nas flores (SCHLINDWEIN e WITTMANN, 1997).

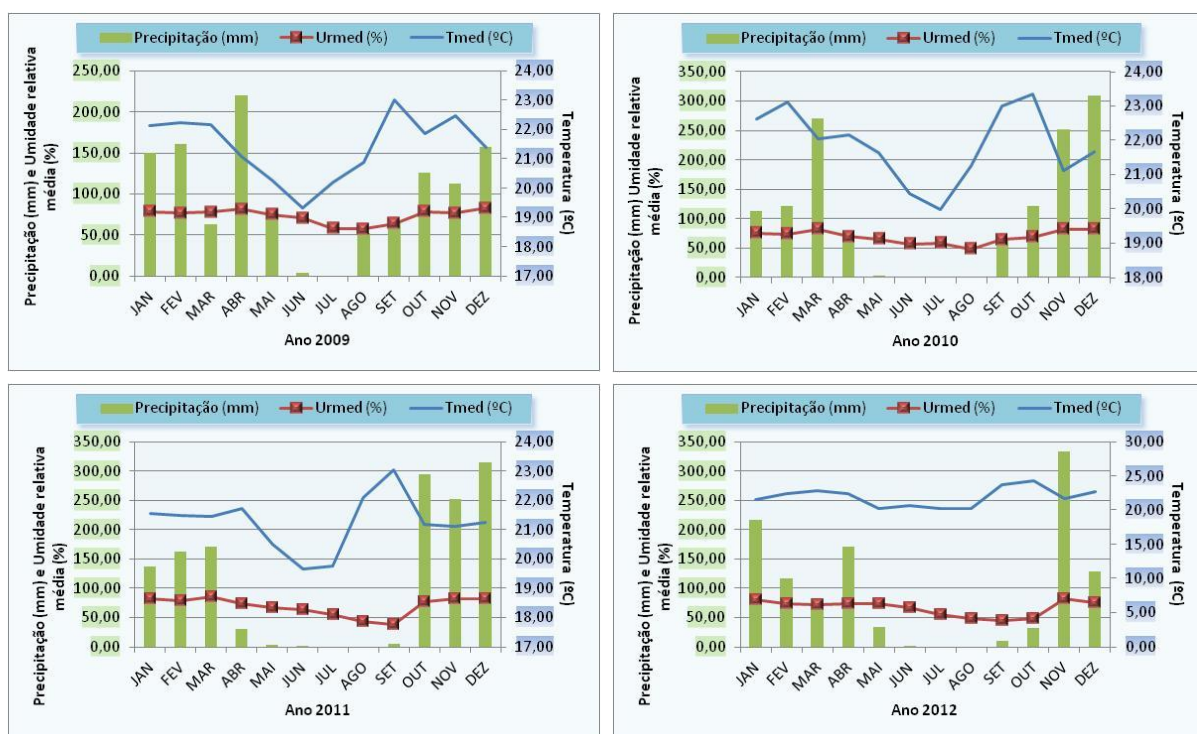


Figura 4.1 Dados climatológicos no período de 2009 a 2012.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abelha arapuá (*Trigona spinipes*), também conhecida como irapuã, enrola-cabelo e guaxupé foram os visitantes florais que apresentaram maior frequência no período da

antese, concentrando suas visitas às flores nas primeiras horas da manhã. Durante o tempo que permaneciam nas flores, essas abelhas tocavam várias vezes o estigma e as anteras, permanecendo nas flores até a senescência.

As abelhas arapuá foram observadas visitando as flores massivamente e coletando pólen. Entretanto, também foram observadas atacando os botões florais e frutos. Dessa forma, seria necessário, compreender melhor o comportamento destas abelhas, com a finalidade de minimizar seu efeito destrutivo e usá-la como polinizadora. Como polinizadoras, as abelhas arapuá também foram observadas em flores de algumas espécies de plantas nativas da região de São Francisco, como *Jacquemontia multiflora* (KIILL e RANGA, 2000a); *Merremia aegyptia* (KIILL e RANGA, 2000b) e a romã (*Punica granatum*) (RIBEIRO, 2010).

Em menor quantidade, a abelha da espécie *Apis mellifera* também foi verificada como visitante floral da pitaya, assim como observado pelos autores Marques et al. (2011) e Valiente-Banuet et al. (2007). A atividade da *A. mellifera* pode ser extremamente eficiente por colherem todo o pólen rapidamente em pouco tempo (MARQUES et al., 2012; LE BELLEC et al., 2006).

Coleópteros, da família Scarabaeidae: *Cyclocephala* sp. e *Macroductylus pumilio*, foram observados algumas vezes consumindo estames e copulando nas flores.

Muitas espécies de dípteros alimentam-se de pólen e néctar, a sua importância na dieta dos adultos varia entre as espécies, sendo que os membros do gênero *Dasiops* spp. foram identificados nas plantas de pitaya. Geralmente esses insetos começam a atacar a partir do surgimento dos primeiros botões florais e permanecem até a senescência das flores. A frequência de visitas às flores varia entre as estações do ano (INOUE; KEARNS, 1993, KEVAN; BAKER, 1984 e TOFT, 1983).

Na espécie *S. setaceus*, também foram observadas a presença de morcegos no período noturno também, relatada pelos autores Valiente-Banuet et al. (2007) e Le Bellec et al. (2006).

A presença de formigas (*Camponotus* sp.) foi constante sobre plantas de *S. setaceus* e *H. undatus*. Todas pareciam buscar alguma substância extrafloral secretada na base das aréolas e dos gloquídeos nos cladódios jovens, botões florais, frutos verdes e maduros.

Segundo Le Bellec et al. (2006), poucas pragas que causam danos econômicos têm

sido observadas em *Hylocereus* spp. Entre elas, Canto et al. (1993) relatam que ocorrem em Yucatán (México) pássaros, roedores e insetos, entre eles as formigas, vagalume, percevejos e mosca-das-frutas. No entanto, as pragas que afetam a qualidade dos frutos são os problemas principais encontrados por diversos autores (MARQUES et al., 2011; VALIENTE-BANUET et al., 2007; LE BELLEC et al., 2006; COSTA., 2012).

No presente trabalho, as formigas dos gêneros *Atta* e *Solenopsis* foram os insetos encontrados que causaram maiores danos, estando presente durante todo o ano, tanto nos cladódios como nos botões florais e frutos. Segundo Costa (2012), o ataque de formigas e das abelhas arapuá prejudica principalmente a casca do fruto, expondo sua polpa e prejudicando seu valor comercial. Também é comum o ataque de pássaros que consomem a polpa da pitaya tornando inviável a comercialização.

Percevejos fitófagos da família Coreidae (*Machtimea crucigera*) foram identificados na espécie *H. undatus* na fase de floração e frutificação, responsáveis pelo aparecimento de pequenas manchas brancas na superfície da casca dos frutos. O ataque desse percevejo pode comprometer a qualidade dos frutos de pitaya.

De acordo com Hoa et al. (2006), há relatos da mosca da fruta (*Bactrocera* spp.) no sul do Vietnã, a qual é uma das principais pragas da cultura. O controle dessa praga é feito pelo tratamento térmico, como forma de atender a biossegurança exigida por países importadores como Nova Zelândia, Austrália, Japão e os EUA.

A emissão dos botões florais se inicia pelas aréolas dos cladódios. Uma vez diferenciada, a aréola forma em sua maioria apenas um botão, observando, em alguns casos, dois botões florais. Segundo Marques et al. (2011), os espinhos que protegem esta aréola ficam aderidos ao botão, mas se desprendem com o tempo. Nesta região não se desenvolvem outros órgãos, seja vegetativos ou reprodutivos.

A emissão dos botões florais da pitaya da espécie *S. setaceus* começa geralmente no final do mês de agosto e os primeiros frutos maduros são encontrados em novembro e com o pico de produção em dezembro. A floração permanece até o começo de janeiro do próximo ano e a frutificação termina no final do mês de fevereiro (Figura 4.2). Segundo Rodrigues (2010), em uma área com vegetação nativa, típica do Cerrado, no município de Itumirim-MG, a emergência da inflorescência ocorre no final do mês de agosto e os primeiros frutos maduros são encontrados em outubro e pico de produção em novembro.

O período da floração da espécie *H. undatus* ocorre geralmente do mês de novembro a abril, com o aparecimento de três a quatro surtos de florada e o período da frutificação ocorre nos meses de dezembro a maio (Figura 4.2). Segundo Merten (2003), foram registrados de 2 a 3 picos de florada no verão em Israel e nos Estados Unidos. De acordo com Barbeau (1990), teoricamente pode haver 7-9 ciclos de floração, mas na prática só acontecem 5 ou 6, dependendo das condições climáticas e do estado nutricional da planta. Segundo o mesmo autor, a irrigação na estação seca também pode prejudicar a floração. Alguns produtores acreditam que a permanência do fruto na planta até seu completo amadurecimento pode provocar um atraso no aparecimento de uma nova floração.

Nas condições ambientais da Jaboticabal-SP, o florescimento de *H. undatus* ocorre entre dezembro e abril, com os frutos podendo ser colhidos quarenta dias após a fecundação da flor (DONADIO e SABER, 2005).

A análise do florescimento e frutificação em relação às variáveis climáticas permite verificar que o período de floração concentrou-se durante a estação chuvosa, o que também foi relatado para outras cactáceas, como *Stenocereus stellatus* (GARCÍA-SUÁREZ et al. 2007), *Pylosocereus* sp., *Cereus hexagonus* (RUIZ et al., 2000) e *Opuntia ficus-indica* (SEGANTINI et al., 2010). Com relação às estações do ano, verificou-se que a floração começou no verão e finalizou no outono, indicando que as altas temperaturas também podem ser decisivas para a reprodução das pitayas, dados também observados por Marques et al. (2011) e García-Suárez et al. (2007).

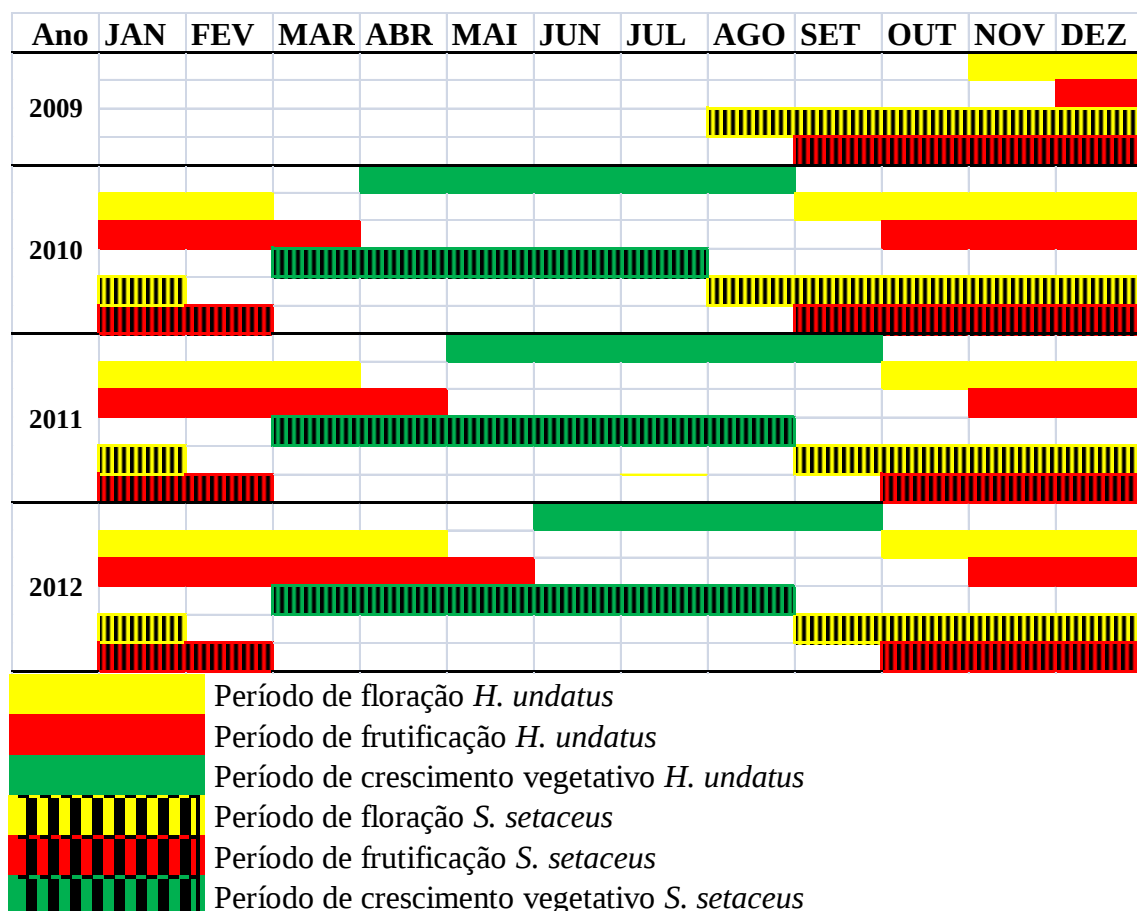


Figura 4.2 Períodos de floração, frutificação e crescimento vegetativo das espécies *H. undatus* e *S. setaceus* de pitaya, no período de 2009 a 2012. Planaltina – DF.

Marques et al. (2011) analisaram a fenologia reprodutiva de pitaya da espécie *H. undatus* no município de Lavras-MG e verificaram que a floração ocorreu de novembro a março, com aparecimento de três a cinco surtos de floradas, e a frutificação ocorreu de janeiro a maio. Dessa forma, observaram-se plantas com botões florais em estágio inicial, botões em desenvolvimento, frutos verdes e maduros em um mesmo período.

Na espécie *S. setaceus*, o período do surgimento dos botões florais, caracterizada pela visível expansão da gema florífera até a antese, foi de 28 a 36 dias (Tabela 4.1). Na expansão da gema florífera, os botões apresentavam 0,2 a 0,5 cm de comprimento e largura e no dia anterior à antese, apresentavam 25 a 29 cm de comprimento e 3,6 a 3,9 cm de diâmetro (medindo a maior largura do botão floral) (Figura 4.3 A-E).

O período da antese das flores é noturno e nas primeiras horas do período vespertino começa o inchamento do bulbo floral e o início da deiscência das anteras. No começo da

noite (após as 19 horas), se dá a abertura floral, com separação do perianto e das brácteas, estágio no qual as anteras já estão com sua máxima deiscência. Os lóbulos do estigma se estendem. A abertura total da flor ocorre aproximadamente às 23 horas e o fechamento nas primeiras horas do dia podendo se estender até ao meio dia em dias nublados. Certamente, a alta temperatura, umidade relativa baixa e a insolação podem influenciar esse período da antese (Figura 4.3 F-K).

O período da frutificação da espécie *S. setaceus*, avaliado da antese até o final do período de crescimento dos frutos “de vez” (Figura 4.3 L-R), variou de 49 a 52 dias; da antese à maturação completa (Figura 4.3 L-T), variou de 62 a 63 dias, com temperatura média e precipitação, de 22,1 °C e 174,3 mm, respectivamente. O tempo de prateleira dos frutos maduros foi de 10 a 15 dias (Tabela 4.1). Dados semelhantes foram encontrados por Rodrigues (2010), que constatou um período de 70 dias entre a antese e a abscisão do fruto. Segundo o autor, a pitaya da espécie *S. setaceus*, coletada aos 63 dias após a antese mostrou-se como o estágio ideal para a sua colheita, pois a casca do fruto estava totalmente vermelha e sua polpa apresentou acentuadas modificações em alguns constituintes químicos, resultando em reduzidos valores de amido e acidez titulável e altas concentrações de sólidos solúveis e açúcares totais, bem como nas maiores notas atribuídas pelos provadores em relação ao sabor.

O período do surgimento dos botões florais da espécie *H. undatus* até a antese foram de 25 a 35 dias (Tabela 4.1). Na expansão da gema florífera, os botões apresentavam 0,5 cm de comprimento e largura e no dia anterior a antese, apresentavam 28 a 33 cm de comprimento e 5,1 a 6,0 cm de diâmetro (medindo a maior largura do botão floral) (Figura 4.4 A-E). A antese das flores ocorre no período noturno e nas primeiras horas do período vespertino começa o inchamento do bulbo floral e o início da deiscência das anteras. Aproximadamente às 21 horas a abertura floral se inicia, com separação do perianto e das brácteas, estágio no qual as anteras já estão com sua máxima deiscência. Os lóbulos do estigma se estendem. A abertura total da flor ocorre aproximadamente à meia noite e o fechamento nas primeiras horas do dia podendo se estender até ao meio dia em dias nublados (Figura 4.4 F-H).

Segundo Marques et al. (2011), o tempo necessário para o desenvolvimento do botão floral, em Lavras, MG, foi de 19 a 21 dias. Nesse período, os botões foram marcados

com diâmetros de 0,5 a 0,7 cm, até ficarem com 26 a 28 cm de comprimento, quando as sépalas externas começaram a se desprender.

O período da frutificação da espécie *H. undatus*, da antese até o final do período de crescimento dos frutos “de vez”, foi de 20 dias (Figura 4.4 H-N); da antese à maturação completa (Figura 4.4 H-O), variou de 35 a 45 dias, com temperatura média e precipitação, de 21,8 °C e 150,6 mm, respectivamente. O tempo de prateleira dos frutos maduros foi de 10 a 15 dias (Tabela 4.1). Segundo Silva (2011), o desenvolvimento dos frutos de pitaya vermelha é dependente diretamente das condições do local de cultivo (temperatura e precipitação), sendo menor sua duração em condições de maior temperatura e precipitação.

Em Jaboticabal, SP, para frutos obtidos a partir de polinização no mês de março, o período entre a antese até a colheita variou de 34 a 43 dias, com temperatura média e precipitação de 22,9 °C e 201,8 mm, respectivamente. Para frutos obtidos a partir de polinização no mês de abril, esse período variou entre 40 a 43 dias para atingirem o ponto de colheita, com temperatura média e precipitação de 21,1 °C e 95,5 mm, respectivamente (SILVA, 2011).

Em Lavras, MG, a maturação completa dos frutos ocorre no período de 30 a 40 dias após a abertura da flor, quando o fruto adquire a coloração rosa e vermelho intenso, polpa branca, com textura ainda firme. Nos meses de frutificação, a temperatura média foi de 22,3 °C e 152,48 mm, respectivamente (MARQUES et al., 2011).

No México, o desenvolvimento de frutos de *H. undatus* ocorreu entre 25 e 31 dias após a antese, com temperatura média e precipitação de 26,1 °C e 73,9 mm, respectivamente (CENTURIÓN et al., 2008). Em Israel, 30 a 35 dias decorrem da antese à maturação completa do fruto, quando temperaturas diárias são de 25°C, mas de 40-45 dias são requeridos quando a temperatura diária média é de 20 °C (NERD et al., 1999). Segundo os autores Castillo e Ortiz (1994) e Weiss et al. (1994), o tempo requerido para o desenvolvimento dos frutos, da antese à colheita, é de 39 a 52 dias.

Tabela 4.1 Escala fenológica reprodutiva de duas espécies de pitaya (*Selenicereus setaceus* e *Hylocereus undatus*), com a descrição do período de todos os estádios reprodutivos, das gemas intumescidas até a colheita dos frutos. Planaltina, DF.

Estádios fenológicos		
Estádios reprodutivos	Período (dias) após gemas intumescidas	
Florescimento	<i>Selenicereus setaceus</i>	<i>Hylocereus undatus</i>
Gemas intumescidas, primeiros indícios de diferenciação das gemas florais.	1-3	1-3
Formação dos botões florais.	28-33	4-18
Desprendimento das sépalas.	26-34	20-27
Flores em pré-antese - inchamento dos bulbos florais no dia da antese.	27-35	21-29
Abertura das flores – antese (15 hs)	28-36	25-35
Frutificação	<i>Selenicereus setaceus</i>	<i>Hylocereus undatus</i>
Início do crescimento dos frutos.	35-40	30-35
Frutos verdes e restos florais secos.	40-45	35-45
Início da maturação dos frutos - Tamanho final e mudança da coloração dos frutos.	73-82	40-45
Frutos “de vez”.	80-85	45-55
Colheita	<i>Selenicereus setaceus</i>	<i>Hylocereus undatus</i>
Maturação fisiológica dos frutos.	91-98	60-80

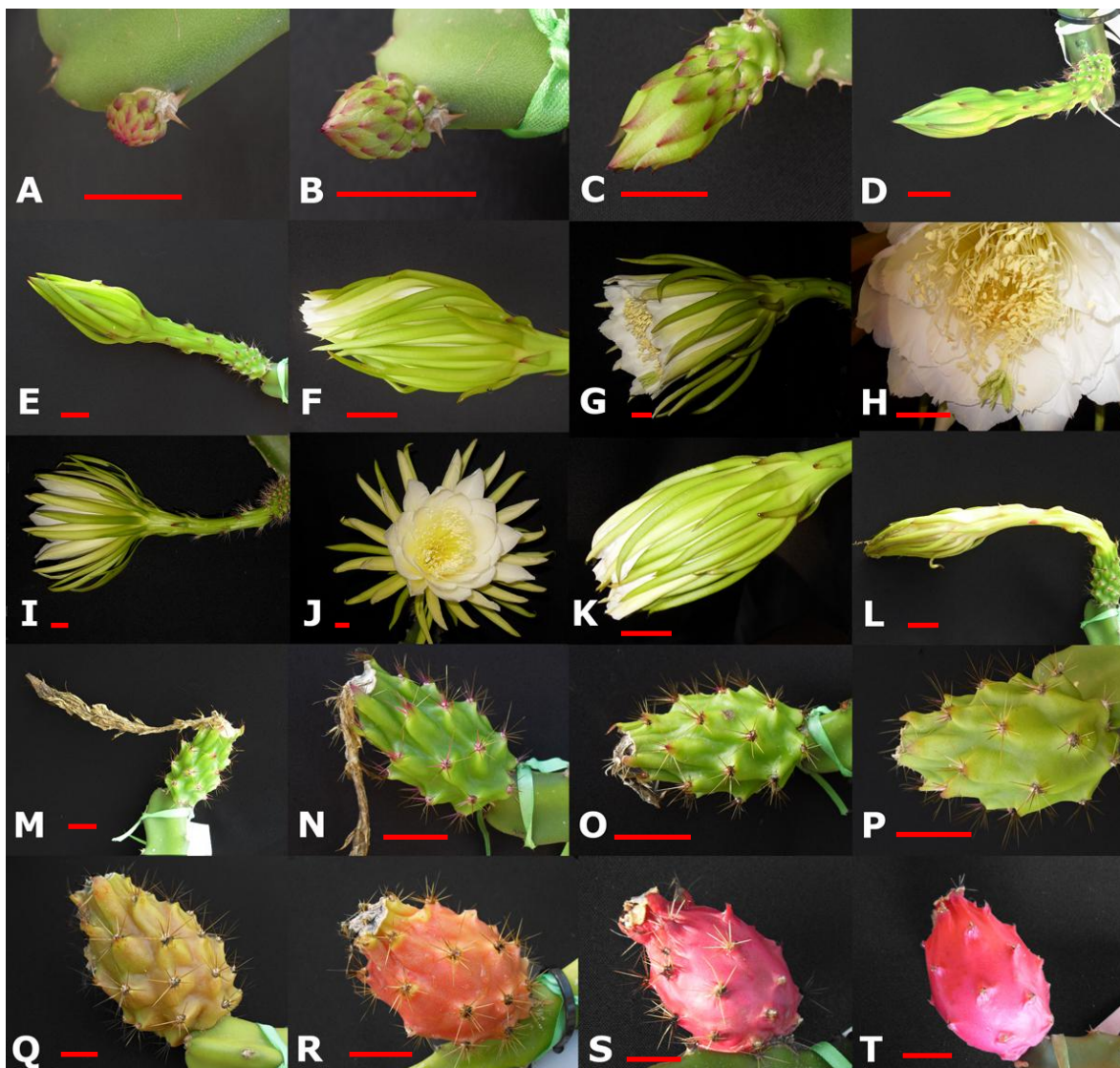


Figura 4.3 (A) Gema intumescida, primeiros indícios de diferenciação da gema floral; (B, C, D, E) Formação do botão floral; (F) Flor em pré-antese - inchamento do bulbo floral no dia anterior a antese; (G, H, I, J) Flor aberta, liberação do pólen; (K) Flor senescente, após liberação do pólen e fecundada; (L) Frutificação efetiva, início do crescimento do fruto; (M, O, P, Q) Crescimento do fruto; (R) Final do período de crescimento dos frutos, fruto “de vez”; (S, T) Fruto maduro com e sem espinho. As barras vermelhas, de todas as figuras, correspondem a 2 cm de comprimento.

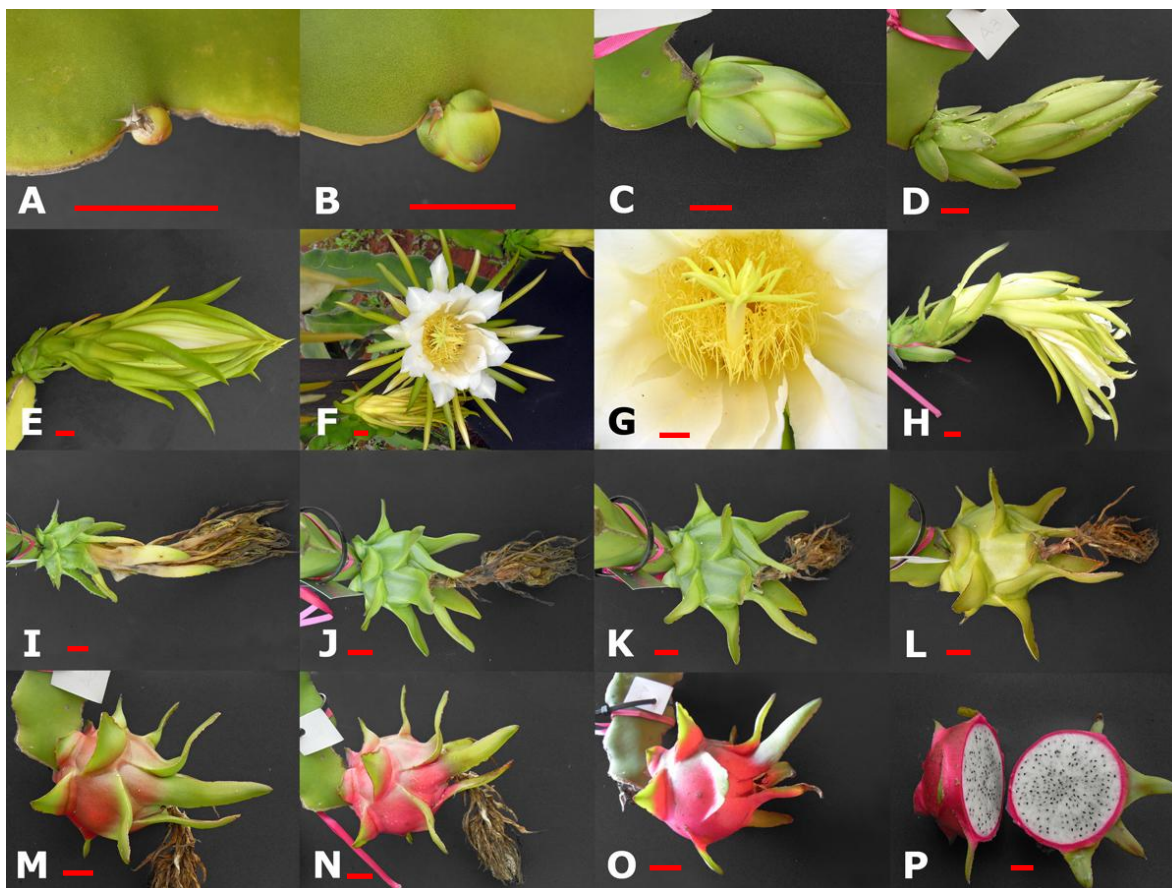


Figura 4.4 (A) Gema intumescida, primeiros indícios de diferenciação da gema floral; (B, C, D) Formação do botão floral; (E) Flor em pré-antese - inchamento do bulbo floral no dia anterior a antese; (F, G) Flor aberta, liberação do pólen; (H) Flor senescente, após liberação do pólen e fecundada; (I) Frutificação efetiva, início do crescimento do fruto; (J, K, L, M) Crescimento do fruto; (N) Final do período de crescimento dos frutos, fruto “de vez”; (O, P) Fruto maduro. As barras vermelhas, de todas as figuras, correspondem a 2 cm de comprimento.

4.4 CONCLUSÕES

As abelhas *Trigona spinipes* foram os visitantes florais que apresentaram maior frequência no período da antese, exercendo importante atividade polinizadora.

A floração e frutificação da espécie *S. setaceus* começou e terminou cerca de dois meses antes da espécie *H. undatus*.

O período de floração e frutificação das duas espécies de pitaya concentrou-se durante a estação com maior precipitação e altas temperaturas.

O período de frutificação da espécie *S. setaceus* foi de 18 a 27 dias superior ao da espécie *H. undatus*.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. J.; JESUS, N.; MARTINS, A. B. G. Fenologia do florescimento e frutificação do *Dovialis*. **Científica**, Jaboticabal, SP, v. 39, n.1/2, p. 79-84, 2011.
- AVIDOS, M.F.D.; FERREIRA LT. Frutos do Cerrado: preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, ano 3, n.3, Jul-Ago, 2000.
- BARBEAU, G. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. **Fruits**. Paris, v.45, n.2, p.141-147, 1990.
- BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. C. (Org.). **Fenologia ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, p. 291-310. 2007.
- BERILLI, S.S.; OLIVEIRA, J.G.; MARINHO, A. B.; LYRA, G.B.; SOUSA, E.F.; VIANA, A.A.P.; BERNARDO, S.; PEREIRA, M.G. Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.11-14, 2007.
- CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya em Yucatan**. Maxcanú: Yucatán, 1993. 53 p.
- CENTURIÓN, Y. A.; SOLÍS P. S.; SAUCEDO. V. C.; R. BÁEZ. S.; E. SAURI. D.; Câmbios físicos, químicos e sensoriais em frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.
- COSTA, A. C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção da pitaia vermelha**. 2012. 69p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) / Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CASTILLO, M.R; ORTIZ, Y.D. Floración y fructificación de pitajaya en Zaachila, Oaxaca. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.17, p.12-19, 1994.
- DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.
- DONADIO, L. C. e SADER, A. D. **Cultura da Pitaya**. Jaboticabal, 2005. 16 p.
- GARCÍA-SUÁREZ, F.; CARRETO-MONTOYA, L.; CÁRDENAS-NAVARRO, R.; DÍAZPEREZ, J. C; LÓPEZ-GÓMEZ, R. Pitaya (*Stenocereus stellatus*) fruit growth is associated to wet season in Mexican dry tropic. **Pyton**, Vicente López, Argentina, v. 76, p. 19-26, 2007.

GASPARI-PEZZOPANE, C.; FAVARIN, J. L.; MALUF, M. P.; PEZZOPANE, J. R. M.; FILHO, O. G. Atributos fenológicos e agronômicos em cultivares de cafeeiro arábica. **Ciência Rural**, v.39, p.711-717, 2009.

GRIMALDO-JUÁREZ, O; TERRAZAS, T; GARCÍA-VELÁSQUEZ, A., CRUZ-VILLAGAS, M.; PONCE-MEDINA, J.F. Morphometric Analysis of 21 pitahaya (*hylocereus undatus*) genotypes. **J. PACD**, 2007. p.99-117.

HOA, T. T.; CLARK, C. J.; WADDELL, B. C. WOOLF, A. B. Postharvest quality of Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfesting hot air treatments. **Postharvest Biology and technology**. 41 (1). p. 62-69, 2006.

HOJO, R.H.; CHALFUN, N.N.J.; HOJO, E.T.D.; SOUZA, H.A.; PAGLIS, C.M.; SÃO JOSÉ, A.R. Caracterização fenológica da goiabeira ‘Pedro Sato’ sob diferentes épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.20-24, 2007.

INOUE, D.W.; KEARNS, C.A. Variation in dipteran pollination population: monitoring by malaise traps in tropics. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM IN TROPICS, 1993, Huntsville. **Anais...** Huntsville: University of Agricultural Sciences, 1993. p. 264-265.

JARDIM, M. A. G.; KAGEYAMA, P. Y. **Fenologia de floração e frutificação em população natural de açaizero (*Euterpe oleraceae* Mart.) no estuário Amazônico**. IPEF n.47, p.62-65, maio 1994.

KEVAN, P.Q.; BAKER, H.G. Insects on flowers. In: HUFFAKER, C.B. (Ed.) **Ecological Entomology**. New York: John Wiley, 1984. 844p.

KIILL, L. H. P.; RANGA, N. T. Biologia floral e sistema de reprodução de *Jacquemontia mutiflora* (Choisy) Hallier f. (Convolvulaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 37-43, 2000a.

KIILL, L. H. P.; RANGA, N. T. Biologia floral da polinização de *Merremia aegyptia* (L.) Urb. (Convolvulaceae) no sertão de Pernambuco. **Naturalia**, Rio Claro. v. 25, p. 149-158, 2000b.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* ssp.): a new fruit crop, a market with future. **Fruits**. v.61, n.4, p.237-250, 2006.

MARQUES, V. B.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, F. O. R. Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 984-987. 2011.

MARQUES, V. B.; RAMOS, J. R.; ARAÚJO, N. A.; MOREIRA, R. A. Custo de produção e rentabilidade na cultura da pitaia sob o efeito de adubação orgânica. **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.2, p.138-149, 2012.

MERTEN, S. A review of *Hylocereus* production in the United States. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, Chicago, v. 32, n. 4, p. 98-105, 2003.

MORELLATO, L. P. C., LEITÃO FILHO, H. F., RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**. v.50, p.149-162, 1990.

Nelson, B. W. **Inventário florístico e fisionômico da Amazônia: tendência de amostragem nos herbários e potencial do sensoriamento remoto**. Manaus. 216p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Universidade Federal do Amazonas, 1994.

NERD, A., F. GUTMAN, AND Y. MIZRAHI. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus species* (Cactaceae). **Postharvest Biol. Technol.** v.17, p. 39–45, 1999.

NUNES, Y.R.F; FAGUNDES, M.; SANTOS, R.M.; DOMINGUES, E.B.S.; ALMEIDA, H.S., GONZAGA, A.P.D. Atividade fenológicas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Lundiana**, v.6, n.2, p.99-105, 2005.

OLIVEIRA, M.S.P.; COUTURIER, G.; BESERRA, P. Biologia de polinização da palmeira tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasileira**, v. 17, n.3, p. 343-353, 2003.

PASCALE, A.J. e DAMARIO, E.A. **Bioclimatologia Agrícola y Agroclimatologia**. Universidade de Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, 1. ed. 550 p., 2004.

RIBEIRO, M. F. Abelha Irapuá (*Trigona spinipes*): comportamento polinizador e destrutivo e em plantas nativas e cultivadas. SEMANA DOS POLINIZADORES. Petrolina: Embrapa Semiárido. **Anais...** p. 73-82. 2010.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; VASCONCELOS, U.; TRINDADE, M. da G.; FERREIRA, F. M.; SIQUEIRA, M. M. H.; SILVA, H. L. M. da; RODRIGUES, G. C.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; AMÁBILE, R. F.; ALBUQUERQUE, A. C.; SILVA,

M.; ALBRECHT, J. C.; DURÃES, F. O. M. **Fenotipagem para tolerância à seca visando o melhoramento genético do trigo no cerrado**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 24 p. html. (Embrapa Trigo. Circular técnica Online, 21).

RODRIGUES, L. J. **Caracterização do desenvolvimento e processamento mínimo de pitaia nativa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro**. 2010. 155p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RUIZ, A; SANTOS, M.; CAVELIER, J.; SORIANO, P. J. Estudio fenológico de cactáceas en El Enclave Seco de La Tatacoa, Colombia. **Biotropica**, Malden, v. 32, n. 3, p. 39-407, 2000.

SCHRIEVER, J.R.; CONGALTON R.G. Evaluating seasonal variability as aid to cover-type mapping from Landsat thematic mapper data in the Northeast. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 6, n.1, p.321-327, 1995.

SEGANTINI, D. M.; TORRES, L. M.; BOLIANI, A. C.; LEONEL, S. Fenologia da figueira-da índia em Selvíria-MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 630- 636, 2010.

SCHLINDWEIN, C.; WITTMANN, D. Stamen movements in flowers of *Opuntia* (Cactaceae) favour oligolectic pollinators. **Plant Systematics and Evolution**. p.179-193. 1997.

SILVA, F.A.M., ASSAD, E.D. e EVANGELISTA, B.A. **Caracterização climática do Bioma Cerrado**. In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida e J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p.61-88. 2008.

SILVA. A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, S.P., v. 33, n. 4, p. 1162-1168. 2011.

TOFT, C.A. Community patterns of nectivorous adult parasitoids (Diptera, Bombyliidae) on their resources. **Oecologia**, Berlin, v. 57, p. 200-215, 1983.

VALIENTE-BANUET, A.; GALLY, R.S.; ARIZMENDI, M.C.; CASAS, A. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n. 1, p.1-8, 2007.

VERONA, J. D.; SHIMABUKURO, Y. E.; SANTOS, J. R. Potencialidade das imagens-fração multitemporais TM/Landsat na caracterização de variações fenológicas em área de

floresta tropical na Amazônia. **Anais...** XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, 2005.

WEISS J., NERD A., MIZRAHI Y., Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential, **HortScience** 29 p.1487–1492.1994.

WOLTER, P. T.; MLADENOFF, D. J.; HOST, G. E. AND CROW, T.R. Improved Forest Classification in the northern Lake states using multi-temporal Landsat Imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 61, n. 6, p. 1129-1143, 1995.

**CAPÍTULO 5. TAXA DE ENRAIZAMENTO E BROTAÇÃO DE PITAYA
UTILIZANDO DIFERENTES TAMANHOS DE CLADÓDIOS E SUBSTRATOS**

**CHAPTER 5. RATE THE ROOTING AND SPROUTING OF PITAYA USING
DIFFERENT CLADODES SIZES AND DIFFERENT SUBSTRATES**

RESUMO

Para o sucesso da produção comercial da pitaya é fundamental a utilização de mudas com qualidade, o que é comumente realizado através da estaquia. Neste trabalho, objetivou-se determinar o enraizamento e brotação de pitaya utilizando diferentes tamanhos de cladódios e diferentes substratos, visando otimizar a metodologia de propagação da pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*). Os cladódios foram segmentados em três diferentes tamanhos em função da quantidade de gemas: 3 gemas (5-8cm), 6 gemas (10-13cm) e 9 gemas (15-20 cm), plantados em uma profundidade de um centímetro, em sacos de polietileno com capacidade de 3 litros, contendo substrato com uma última camada de 3 cm de pedrisco (400 g) ou vermiculita (200 g). Após 90 dias do plantio, foram avaliadas características relacionadas às brotações, sistema radicular e porcentagem de pegamento. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 3x2 (3 tamanhos de cladódios e 2 substratos) com quatro repetições, sendo cada parcela representada por 12 cladódios. Verificou-se, que cladódios com 9 gemas obtiveram mudas com maior número e comprimento de brotos, maior massa fresca e seca de brotos e raízes. De um modo geral, o substrato com vermiculita permitiu a obtenção de mudas com maior quantidade de brotos, massa de raízes e pegamento.

Palavras-chave: Cactaceae, *Hylocereus undatus*, propagação vegetativa, substrato.

ABSTRACT

For the successful commercial production of pitaya is essential to use quality seedlings, which is commonly done by cuttings. The objective of this study was to evaluate the rooting and sprouting of pitaya using different cladodes sizes and different substrates to optimize the seedlings production method of red pitaya (*Hylocereus undatus* Haw.). The cladodes were segmented in three different sizes depending on the amount of gems: 3 (5-8cm), 6 (10-13cm) and 9 (15-20 cm). These cladodes were planted at a one centimeter depth in 3 liters polyethylene bags containing substrate with a 3 cm final layer of little stones (400 g) or vermiculite (200 g). After 90 days of planting, characteristics related to shoots, roots and survival percentage were evaluated. The statistical design was a randomized complete blocks in a 3x2 factorial arrangement (3 cladodes sizes and 2 substrate type) with four replications, each plot represented by 12 cladodes. It was found that 9 gems cladodes allowed to obtain seedlings with the largest number, length of shoots, higher fresh and dry weight of shoots and roots. Generally, the substrate with vermiculite afforded seedlings with greater amounts of shoots, root weight and survival percentage.

Keywords: Cactaceae, *Hylocereus undatus*, vegetative propagation, substratum.

5.1 INTRODUÇÃO

A propagação da pitaya pode ser realizada por via seminífera ou vegetativa, destacando-se a estaquia, enxertia e micropropagação (MOHAMED-YASSEEN, 2002; DREW e AZIMI, 2002; EL OBEIDY, 2006). As plantas de pitaya propagadas por semente apresentam rápida e elevada taxa de germinação, entretanto apresentam alta variabilidade genética, crescimento inicial lento e requerem maior período de tempo para início de produção (HERNÁNDEZ, 2000; SILVA, 2005).

A propagação vegetativa é largamente utilizada em floricultura, olericultura, silvicultura e fruticultura, proporcionando ótima estabilidade e durabilidade dos pomares, com o objetivo de melhorar e conservar clones, ecótipos ou variedades de importância econômica (SILVA, 1985). Segundo HERNÁNDEZ (2000), para o sucesso da produção comercial da pitaya é fundamental a utilização de mudas com qualidade, o que é comumente realizado através da estaquia, por ser simples e apresentar as vantagens de promover reprodução fiel da genética da variedade, além de propiciar uma frutificação mais precoce.

A estaquia é o processo de multiplicação no qual se utilizam segmentos de caules, raízes, brotos apicais e folhas que, submetidos às condições favoráveis, desenvolvem enraizamento originando novas plantas, com características idênticas àquela que lhe deu origem (LORENZI et al., 2006; MELETTI, 2000; SIMÃO, 1998). No Brasil, Bastos et al. (2006), Silva et al. (2006), Andrade et al. (2007), Cavalcante e Martins (2008), Moreira et al. (2008) e Marques (2007) estudaram a propagação da pitaya vermelha por estaquia.

A estaquia, segundo Hartmann et al. (1997), é um processo de propagação assexuada altamente desejável. Sua viabilidade depende da capacidade de formação de raízes, da qualidade do sistema radicular formado e do desenvolvimento posterior da planta propagada por este método na área de produção (FACHINELLO et al., 1995). Na propagação vegetativa (como exemplo a estaquia) a idade ontogenética (juvenil ou adulto) é importante porque tanto gemas como estacas removidas da planta mãe perpetuam a idade ontogenética na nova planta (HARTMANN et al., 2002).

Hoffmann et al. (1996) ressaltam a importância do substrato no processo de propagação vegetativa, sendo esse um dos fatores de maior influência no enraizamento de

estacas, além da função de sustentação das estacas durante o período de enraizamento, mantendo sua base em ambiente úmido, escuro e adequadamente aerado.

O substrato ideal para o enraizamento depende da espécie, do tipo de estaca, da época, do sistema de propagação, do custo e da disponibilidade de seus componentes (HARTMANN et al., 1997). Segundo SANTOS et al. (2010), o substrato mais propício teria que ter características físico-químicas adequadas para um favorável crescimento e desenvolvimento radicular inicial dos cladódios, além de disponibilidade e baixo custo.

O comprimento da estaca pode influenciar tanto nas reservas de carboidratos como no volume de auxinas produzidas, o que proporcionaria maior sobrevivência, reação mais rápida de enraizamento e, afetará a quantidade e o tamanho dos brotos produzidos durante o primeiro ano de vida da plantação das mudas (BRAGA et al., 2006; FAO, 2001). A resposta do comprimento da estaca no enraizamento e no desenvolvimento da muda pode ser variável de acordo com a espécie (COSTA et al., 2007).

Diversos fatores podem afetar a capacidade de enraizamento de estacas, dos quais podem ser citados, o grau de experiência que o agricultor tem com a espécie, vigor, condição fisiológica, idade da planta-matriz, época do ano que se coleta as estacas e tipo de estaca, além de condições ambientais favoráveis de temperatura, umidade, luminosidade e substrato (PAIVA e GOMES, 2005).

Neste trabalho, objetivou-se determinar o enraizamento e brotação de pitaya utilizando diferentes tamanhos de cladódios e diferentes substratos, visando otimizar a metodologia de propagação da pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*).

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em casa de vegetação na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, latitude 15° 35' S, longitude 47° 35' W, com condições de umidade de aproximadamente 90 %, temperatura média de 28 °C e sistema automático de irrigação por aspersão intermitente com o período médio de tempo de molhagem de 30 minutos a cada dois dias.

As mudas foram obtidas a partir de cladódios de plantas matrizes do acesso CPAC PY-01 com boas características de vigor e produtividade e sem problemas fitossanitários. Os cladódios foram retirados da porção mediana de plantas matrizes de 5 anos de idade e

transportadas para a casa de vegetação. A partir dos cladódios foram obtidas estacas com três diferentes tamanhos em função da quantidade de gemas: 3 gemas (5-8cm), 6 gemas (10-13cm) e 9 gemas (15-20 cm) por cladódio. Logo após a segmentação, as estacas foram plantadas segundo ANDRADE et al. (2007), a uma profundidade de um centímetro, como sugerido por ARAÚJO et al. (2008), em sacos de polietileno perfurados com capacidade de 3 litros, constituídos de uma mistura de terra, areia, esterco curtido de gado (3:1:1), adicionando-se 500 g de superfosfato simples, 60 g de cloreto de potássio e 100 g de calcário Filler por 100 litros de substrato.

Após o plantio das estacas nos saquinhos com o substrato, acrescentou-se uma camada de aproximadamente 3 cm de 400 g de pedrisco tamanho aproximado de 6 mm e de forma arredondada ou 200g de substrato organomineral de vermiculita (marca comercial Plantmax Hortaliças®) umedecido.

Após 90 dias do plantio, foram avaliadas as seguintes características: Número de Brotações por Cladódio (NB), Comprimento Total das Brotações (CTB), Diâmetro Médio dos Brotos (DMB), Massa da Matéria Fresca (MFB) e Seca (MSB) das Brotações, Massa da Matéria Fresca (MFR) e Seca (MSR) do Sistema Radicular e Porcentagem de Pegamento (% PG) dos cladódios enraizados vivos com ou sem brotações laterais.

O substrato de cada cladódio foi retirado por lavagem a jato de água moderado. As raízes e os brotos foram retirados, pesados e acondicionados separadamente em envelopes de papel kraft, identificados com o tratamento correspondente e, posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa a 60 °C por 72 horas ou até a obtenção de peso constante. Obteve-se por meio desse processo as massas da matéria seca das raízes e dos brotos, determinados por pesagem em balança analítica. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 3x2 (3 tamanhos de cladódios e 2 substratos) com quatro repetições, sendo cada parcela representada por 12 cladódios. Realizou-se análises de variância e as médias foram comparadas utilizando o teste de Duncan a 5 % de probabilidade.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se pela análise de variância, que houve efeito significativo do tamanho do cladódio (número de gemas) e do tipo de substrato para várias características avaliadas,

assim como efeito da interação (tamanho do cladódio x tipo de substrato) para as características Diâmetro Médio das Brotações (DMB) e Massa Fresca da Raiz (MFR) pelo teste F a 5 % de probabilidade (Tabela 5.1). Foram obtidos altos coeficientes de determinação para a maioria das características, apesar do coeficiente de variação ter sido alto para algumas delas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 Resumo da análise de variância dos dados relativos às variáveis: Número de brotos (NB), Comprimento Total dos Brotos (CTB), Diâmetro Médio dos Brotos (DMB), Massa Fresca (MFB) e Seca (MSB) dos Brotos, Massa Fresca (MFR) e Seca (MSR) das Raízes e Porcentagem de Pegamento (% PG) obtidos com o enraizamento de cladódios de pitaya com diferentes tamanhos (número de gemas) em substratos contento vermiculita e pedrisco. UnB/Embrapa Cerrados.

FV	Valores de F								
	GL	NB	CTB	DMB	MFB	MSB	MFR	MSR	% PG
NG	2	17,37**	38,09**	3,62*	10,39**	12,75**	92,16**	48,86**	17,64**
S	1	11,95**	3,96	22,90**	6,93*	5,36*	20,08**	6,43*	20,28**
NG X S	2	1,55	1,38	5,76*	0,57	1,88	4,29*	0,66	1,56
R	18	0,89	212,96	1,23	4348,74	18,31	3,14	0,21	217,01
CD (%)	-	94,24	97,37	72,36	90,38	92,16	98,91	97,95	94,33
CV (%)	-	47,23	34,87	7,02	43,51	43,47	26,81	37,38	20,50

(FV) – Fontes de variação; (NG) – Número de Gemas; (S) – Substrato; (R) – Resíduo; (CD) – Coeficientes de determinação; (CV) - Coeficientes de variação.

** significativos a 1 % de probabilidade pelo teste F.

* significativos a 5 % de probabilidade pelo teste F

Os cladódios com 9 gemas apresentaram maior número de brotações por muda, sendo que o substrato com vermiculita proporcionou em média maior quantidade de brotos por muda (Tabela 5.2). O Comprimento Total dos Brotos (CTB) também foi maior para as estacas com 9 gemas. A utilização do substrato com vermiculita propiciou maiores valores de CTB, sendo que diferenças estatísticas foram verificadas para os cladódios com 6 gemas. De um modo geral, não foram verificadas diferenças no Diâmetro Médio dos Brotos (DMB). Com relação à Massa Fresca e Seca dos Brotos, as mudas enraizadas com 9 e 6 gemas apresentaram maiores valores, sendo que os cladódios com 9 gemas apresentaram maiores valores no substrato com pedrisco (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 Número de brotos (NB), Comprimento Total dos Brotos (CTB), Diâmetro Médio dos Brotos (DMB), Massa Fresca (MFB) e Seca (MSB) dos Brotos, Massa Fresca (MFR) e Seca (MSR) das Raízes e Porcentagem de Pegamento (% PG) obtidos com o enraizamento de cladódios de pitaya com diferentes tamanhos (número de gemas) em substratos contento vermiculita (Subst. 1) e pedrisco (Subst. 2). UnB/Embrapa Cerrados.

	Subst. 1	Subst. 2	Subst. 1	Subst. 2
Nº Gemas	NB (Ud)		CTB (cm)	
3 Gemas	0,94cA	0,56bA	15,10cA	9,85bA
6 Gemas	2,69bA	0,81bB	50,33bA	24,48bB
9 Gemas	4,38aA	2,63aB	77,93aA	73,45aA
	DMB (cm)		MFB (g)	
3 Gemas	4,64aB	5,87aA	53,55bA	93,04bA
6 Gemas	4,76aA	4,81bA	126,03abA	190,39abA
9 Gemas	4,66aB	5,44aA	168,77aB	277,60aA
	MSB (g)		MFR (g)	
3 Gemas	2,91bA	5,18bA	2,42cA	1,22bA
6 Gemas	10,22aA	11,29bA	5,85bA	3,48bA
9 Gemas	10,34aB	19,13aA	16,45aA	10,29aB
	MSR (g)		%PG	
3 Gemas	0,40cA	0,23bA	68,75bA	31,25cB
6 Gemas	1,17bA	0,55bA	87,50abA	56,25bB
9 Gemas	2,79aA	2,17aA	100,00aA	87,50aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha, dentro de cada característica, não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5 % de significância.

Em relação à Massa Fresca das Raízes, os cladódios com 9 gemas apresentaram maiores valores, com média de 16,45 g no substrato com vermiculita e 10,29 g no substrato com pedrisco. A análise da Massa Fresca de Raízes também mostrou uma superioridade dos cladódios com 9 gemas, não havendo diferença estatística considerando os dois tipos de substrato (Tabela 5.1). Marques et al. (2011) observaram um aumento linear da massa seca de raiz em função dos tamanhos dos cladódios. Segundo os autores, a utilização de cladódios maiores é importante porque propiciam maior quantidade de massa seca das raízes, melhorando a qualidade final da muda, uma vez que as raízes proporcionam maior capacidade das plantas na absorção de água e nutrientes no solo.

Com relação ao efeito do substrato nas raízes, resultados contrastantes tem sido observados na literatura. Silva et al. (2006) verificaram que não houve influência de diferentes substratos na massa seca de raízes, enquanto que Santos et al. (2010), constataram que o uso de diferentes substratos influencia na quantidade das raízes tanto na massa seca como na massa fresca. É importante salientar que, neste trabalho, apenas foram

testadas diferenças na última camada do substrato, a qual não teve maiores influências na massa fresca e seca de raízes.

Em relação à porcentagem de pegamento de mudas, os cladódios enraizados com 9 gemas apresentaram uma média de 100 % no substrato com vermiculita e 87,5 % no substrato com pedrisco. Os cladódios que apresentavam a quantidade de 3 gemas proporcionaram menor porcentagem de pegamento sendo de 68,75 % no substrato com vermiculita e 31,25% no substrato com pedrisco. Os cladódios com 6 gemas apresentaram valores intermediários. Resultados semelhantes foram encontrados por Moreira et al. (2008) e Marques et al. (2011), que obtiveram 100 % de enraizamento em estacas formadas por cladódios com comprimentos de 15; 20 e 25 cm e menor percentual de enraizamento de estacas com menor tamanho. Estacas que apresentam maior número de gemas possuem tamanho maior e vários autores enfatizam que estacas maiores teriam maiores reservas nutritivas a serem utilizadas no desenvolvimento da muda e hormônios de enraizamento armazenados em seus tecidos (SOUZA et al. 2004; CARVALHO JUNIOR et al., 2009; COSTA et al., 2007; NICOLOSO et al., 2001).

Segundo Bastos et al. (2006), estacas de menor tamanho, no caso da pitaya vermelha, provavelmente não apresentam quantidades suficientes de auxinas endógenas para maior indução de raízes, mesmo com a aplicação de ácido indolbutírico (AIB), enquanto as estacas de maior tamanho, possivelmente apresentam maior teor de auxina endógena, formando maior porcentagem de raízes. Trabalhos realizados por estes autores constataram que estacas de pitaya com 25 cm apresentam maior porcentagem (81,6 %) de enraizamento que estacas com 15 cm (70,5 %). De acordo Marques et al. (2011), as diferenças dos resultados encontrados em diferentes trabalhos científicos, em relação a porcentagem de pegamentos em cladódios, pode ser variável também em função da época de retirada das estacas e da planta matriz que fornece os cladódios para a formação das estacas.

5.4 CONCLUSÕES

A utilização de cladódios com 9 gemas proporcionou melhor desenvolvimento das mudas, o que certamente está relacionado à maior quantidade de reservas nutritivas do cladódio em relação àqueles com 3 e 6 gemas.

De um modo geral, o substrato com vermiculita na última camada permitiu a obtenção de mudas com maior quantidade de brotos, massa de raízes e pegamento.

Ocorreu interação entre o número de gemas e o tipo de substrato para as características Diâmetro Médio das Brotações e Massa Fresca da Raiz.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R. A. et al. Influência da fonte de material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 183-186, 2007.
- ARAÚJO, N. A., MARQUES, V. B., RAMOS, J. D., BASTOS, D. C., CRUZ, M. C. M., VILLAR, L. **Propagação vegetativa de pitaia vermelha em resposta a profundidade de plantio e dominância apical**. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura. 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. Vitória, ES. Out. 2008.
- BASTOS, D.C. et al. Propagação da pitaya ‘vermelha’ por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1106-1109, 2006.
- BRAGA, M. F.; SANTOS, E. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUZA, A. A. T. C.; FALEIRO, F. G.; REZENDE, L. N.; JUNQUEIRA, K. P. Enraizamento de estacas de três espécies silvestres de Passiflora. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 284-288, 2006.
- FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agroecologia cultivo e usos da palma forrageira Estudo da FAO em proteção e produção vegetal**. Paraíba: SEBRAE/PB, p. 132-216, 2001.
- CAVALCANTE, I. H. L. e MARTINS, A. B. G. Juvenilidade na Propagação da Pitaya Vermelha por Estaquia. **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Vitória, ES, 2008.
- CARVALHO JUNIOR, W. G. O.; MELO, M. T. P.; MARTINS, E. R. Comprimento da estaca no desenvolvimento de mudas de alecrim-pimenta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2199-2202, 2009.
- COSTA, L.C. et al. Comprimento da estaca e tipo de substrato na propagação vegetativa de atoveran. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.1157-1160, 2007.
- DREW, R.A.; AZIMI, M. Micropropagation of red pitaya (*Hylocereus undatus*). **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.575, p.93-98, 2002.
- EL OBEIDY, A.A. Mass propagation of pitaya (dragon fruit). **Fruits**, Paris, v.61, p. 313–319, 2006.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPel, 1995.

179 p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JUNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 6 ed. New Jersey: Prentice Hall. p.276-501. 1997.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES Jr, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**, 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.

HERNÁNDEZ, Y.D.O. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya**. Oaxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN, 2000. 124p.

HOFFMANN, A.; CHALFUN, N. N. J.; ANTUNES, L. E. C.; RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; SILVA, C. R. de R. **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 319 p.

LORENZI, H.; SARTORI, S.; BACHER, L. B. e LACERDA, M. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 639p.

MARQUES, V. B. Propagação seminífera e vegetativa de pitaia (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose). 2007. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

MARQUES, V. B. et al. Tamanho de cladódios na produção de mudas de pitaia vermelha. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 50-54, 2011.

MOHAMED-YASSEEN, Y. Micropropagation of pitaya (*Hylocereus undatus* Britton et Rose). **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, Raleigh, v.38, p.427–429, 2002.

MOREIRA, R. A.; MARQUES, V. B.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; CRUZ, M. C. M. Tamanho de cladódios no enraizamento de pitaia, Vitória, ES. **Anais... XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**. 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. 2008. 1 CD.

MELETTI, L. M. M. **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 239 p.

NICOLOSO, F. T. et al. Comprimento da estaca de ramo no enraizamento de ginseng brasileiro (*Pfaffia glomerata*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 57-60, 2001.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 46p. (Cadernos didáticos, 83).

- SANTOS, C. M. G. et al. Substratos e regulador vegetal no enraizamento de estacas de pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 625-629, 2010.
- SILVA, I. C. **Propagação Vegetativa; aspectos morfofisiológicos**. CEPLAC, Itabuna, 1985. 26p. (Boletim Técnico, 4).
- SILVA, M. T. H. et al. Enraizamento de estacas de pitaya vermelha em diferentes substratos. **Revista Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.19, n.1, p.61-64, 2006.
- SILVA, M.T.H. **Propagação sexuada e assexuada da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw)**. 2005. 44f. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.
- SOUZA, P.V.D. de, et al. Desenvolvimento do porta-enxerto SO4 de videira afetado pelo número de gemas da estaca e por fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.955-957, 2004.

**CAPÍTULO 6. OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS DE PITAYAS E
CONFIRMAÇÃO POR MEIO DE MARCADORES MOLECULARES**

**CHAPTER 6. OBTAINING INTERSPECIFIC HYBRIDS OF PITAYAS AND
CONFIRMATION BY MOLECULAR MARKERS**

RESUMO

No programa de melhoramento genético da pitaya realizado na Embrapa Cerrados, híbridos interespecíficos estão sendo obtidos utilizando a polinização manual e natural. Os supostos híbridos obtidos por polinização natural possuem genitor feminino conhecido e prováveis genitores masculinos. Neste trabalho, objetivou-se identificar, por meio de marcadores moleculares RAPD, o genitor masculino de plantas de uma progênie supostamente híbrida, obtida por meio de polinização natural. Foram analisados 5 supostos híbridos e seus prováveis genitores. Testaram-se dois genitores masculinos escolhidos em função da proximidade com a genitora feminina com antese coincidente. Os marcadores RAPD mostraram-se excelentes ferramentas para verificar a ocorrência ou não de fecundação cruzada entre as espécies de *H. costaricensis*, *H. undatus* e *S. setaceus* em estudo. Constatou-se a existência de compatibilidade genética entre as espécies *H. costaricensis* e *H. undatus*, sendo possível a utilização das mesmas em programas de melhoramento. Os marcadores RAPD confirmaram a espécie *H. undatus* como genitora masculina da progênie híbrida.

Palavras-chave: RAPD, *H. undatus*, *H. costaricensis*, *S. setaceus* e compatibilidade genética.

ABSTRACT

In the pitaya breeding program realized at Embrapa Cerrados, interspecific hybrids have been obtained using the manual and natural pollination. The supposed hybrids obtained by natural pollination have known a female parent and some possible male parents. This study aimed to identify, using RAPD markers, the male parent plant of a hybrid progeny obtained through natural pollination. We analyzed five putative hybrids and their prospective parents. Two putative male parents were chosen for the test, based in their proximity to the female progenitor and their coinciding anthesis period. RAPD markers were excellent tools to verify the occurrence of cross-fertilization between species of *H. costaricensis*, *H. undatus* and *Selenicereus setaceus*. It was found genetic compatibility between the species *H. costaricensis* and *H. undatus*, with the possible use of them in breeding programs. The RAPD confirmed the species *H. undatus* as male progenitor of the hybrid progeny.

Keywords: RAPD, *H. undatus*, *H. costaricensis*, *S. setaceus* and genetic compatibility.

6.1 INTRODUÇÃO

A pitaya é uma fruta rústica, pertencente à família Cactaceae, sendo conhecida mundialmente como "Dragon Fruit" ou Fruta-do-Dragão. Produz flores de antese noturna de rara beleza, com grande potencial ornamental. Os frutos da pitaya podem apresentar características diversificadas dependendo da espécie, dentre as quais podem ser citadas a *Hylocereus undatus* (fruto de casca vermelha e polpa branca), *Hylocereus costaricensis* (fruto de casca vermelha e polpa vermelha), *Selenicereus megalanthus* (fruto de casca amarela com espinhos e polpa branca) e *Selenicereus setaceus* (frutos de casca vermelha com espinhos e polpa branca).

Atualmente, as espécies de pitaya mais cultivadas e comercializadas no mundo são: *H. undatus* e a *S. megalanthus* (MIZRAHI et al., 1997; NERD et al., 2002). No Brasil, é comum serem encontradas, em estágio nativo no Cerrado e matas de transição, espécies do gênero *Selenicereus* e *Hylocereus*, dentre elas a *S. setaceus*, popularmente conhecida como pitaya-do-cerrado ou “saborosa” (JUNQUEIRA et al., 2002).

Os frutos da espécie *H. undatus* são muito atrativos ao consumidor, de sabor agradável e levemente adocicado, tem como origem nas regiões de florestas tropicais do México e América Central e América do Sul (MIZRAHI et al., 1997). Encontra-se distribuída pela Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Brasil, Colômbia e México, sendo os dois últimos os maiores produtores mundiais (CANTO, 1993).

Até o momento, não existe uma cultivar de pitaya registrada e recomendada para as condições do Brasil, embora a região centro-norte do país seja considerada um dos maiores centros de diversidade de pitaya do mundo (JUNQUEIRA et al., 2007a). Os principais entraves gerados pela falta de uma cultivar brasileira acarretam em menor produtividade, maior ataque de pragas e doenças, escassez no mercado e desuniformidade dos frutos, levando a uma redução no preço pago ao produtor.

No programa de melhoramento genético da pitaya realizado na Embrapa Cerrados, híbridos interespecíficos estão sendo obtidos utilizando a polinização manual e natural. Os supostos híbridos obtidos por polinização natural possuem genitor feminino conhecido e prováveis genitores masculinos.

As hibridações podem ser utilizadas quando se deseja melhorar características

físicas, químicas ou sensoriais de alguma espécie de interesse para a incorporação ao mercado consumidor, seja em função de seu potencial como fruta exótica ou devido as suas propriedades medicinais (JUNQUEIRA, et al., 2007b).

Muitas espécies de pitaya são autoincompatíveis e, portanto, as flores precisam ser cruzadas e polinizadas com pólen a partir de indivíduos diferentes da mesma espécie ou de indivíduos de outra espécie (NERD et al., 2002; LE BELLEC, 2004). Na Ásia, existem variedades (predominantemente *H. undatus*) que são autocompatíveis, e algumas delas são autógamas, formando o fruto sem o envolvimento de um polinizador. Segundo Weiss et al. (1994) a espécie *S. megalanthus*, é autógama, as anteras e os estigmas dessa espécie estão na mesma altura o que facilita o contato entre eles. A desvantagem para variedades autógamas é o tamanho dos frutos, que são normalmente menores do que frutos formados a partir de uma polinização cruzada (Nerd e Mizrahi, 1997;. Lichtenzweig et al, 2000)

A polinização artificial pode apresentar diferentes resultados, dependendo da cultivar doadora de pólen, como teores de vitaminas, acidez, sólido solúveis, tamanho e massa dos frutos (LE BELLEC, 2004; LICHTENZVEIG et al., 2000). Dessa forma, uma produção de frutos com valor comercial pode ser conseguida com a técnica de polinização cruzada a partir de clones compatíveis, com o plantio de diversos genótipos, permitindo a polinização natural como realizando a polinização manual. A origem do pólen pode também influenciar o tempo entre a polinização e a colheita do fruto (MIZHARI et al., 2004).

A polinização artificial para obtenção de híbridos é a base do melhoramento genético. A confirmação da fecundação cruzada é de extrema importância no processo e pode ser realizado por meio de características de natureza dominante e de fácil visualização que sejam contrastantes entre as espécies envolvidas (genes marcadores) (ALZATE-MARÍN et al., 1996). Na ausência de tais características ou na impossibilidade de avaliação das mesmas rapidamente ou em determinada fase da planta, diversas técnicas podem ser utilizadas para identificação de híbridos, desde aquelas baseadas em caracteres morfológicos, que são mais simples e requerem um menor custo, até as que envolvem análises em nível molecular como o uso de marcadores (OLIVEIRA et al., 2000).

Dentre as classes de marcadores moleculares disponíveis, os marcadores RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) por ser uma metodologia mais simples e

relativamente mais barata, tem sido intensamente usado pelos diversos laboratórios, em diferentes culturas, para as mais variadas finalidades. Segundo Faleiro et al. (2003b), os marcadores RAPD podem ser utilizados para a confirmação de fecundação cruzada em plantas envolvendo cruzamentos inter e intra-específicos, e a aplicação da metodologia é confiável e rápida por se tratar de análise do DNA, permitindo a confirmação da hibridação em estágios iniciais de desenvolvimento dos supostos híbridos.

Neste trabalho, objetivou-se obter híbridos interespecíficos de pitaya e identificar por meio de marcadores moleculares RAPD, o genitor masculino de uma progênie obtida por meio de polinização natural.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Genética e Biologia Molecular da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF. Foram analisados 5 supostos híbridos e seus prováveis genitores (Tabela 6.1). Testaram-se dois genitores masculinos escolhidos em função da proximidade com a genitora feminina com antese coincidente.

A espécie *H. costaricensis* (genitor feminino) foi propagada via assexuada a partir do mesmo clone desde 2006, porém as plantas floresciam abundantemente sem vingar frutos. Nos meses de janeiro e fevereiro de 2010, com uma mudança climática, de baixa precipitação e alta temperatura, a floração da espécie *H. costaricensis* coincidiu com as das espécies *H. undatus* e *S. setaceus*, favorecendo um cruzamento natural entre elas.

Tabela 6.1 Suposto híbrido interespecífico e prováveis genitores.

Híbrido	Genitor feminino	Provável genitor masculino
F1	<i>Hylocereus costaricensis</i>	<i>Hylocereus undatus</i> <i>Selenicereus setaceus</i>

Após o amadurecimento, o fruto provindo da espécie *H. costaricensis* foi coletado e as sementes semeadas em bandejas de poliestireno de 72 células contendo substrato Plantmax®. Cladódios em estágio intermediário de maturação dos supostos híbridos e prováveis genitores foram coletados e o DNA genômico extraído utilizando o método do CTAB com algumas modificações (Faleiro et al., 2003a).

Amostras de DNA de cada material genético foram amplificadas para obtenção de marcadores RAPD. As reações de amplificação foram feitas em um volume total de 13 µL, contendo Tris-HCl 10 mM (pH 8,3), KCl 50 mM, MgCl₂ 3 mM, 100 µM de cada um dos desoxirribonucleotídeos (dATP, dTTP, dGTP e dCTP), 0,4 µM de um primer (Operon Technologies Inc., Alameda, CA, EUA), uma unidade da enzima *Taq* polimerase e, aproximadamente, 15 ng de DNA. Foram utilizados 16 *primers* decâmeros: OPD (01, 05, 08 e 11), OPE (02, 11, 16 e 20), OPF (08 e 14), OPG (05 e 18) e OPH (04, 12, 13 e 15), para a obtenção de marcadores RAPD.

As amplificações foram efetuadas em termociclador programado para 40 ciclos, cada um constituído pela seguinte seqüência: 15 segundos a 94 °C, 30 segundos a 35 °C e 90 segundos a 72 °C. Após os 40 ciclos, feita uma etapa de extensão final de seis minutos a 72 °C, e finalmente, a temperatura foi reduzida para 4 °C. Após a amplificação, foram adicionados, a cada amostra, 3 µl de uma mistura de azul de bromofenol (0,25 %) e glicerol (60 %) em água. Nas amostras foram aplicadas em gel de agarose (1,2 %), corado com brometo de etídio, submerso em tampão TBE (Tris-Borato 90 mM, EDTA 1 mM). A separação eletroforética foi de, aproximadamente, quatro horas, a 90 volts. Ao término da corrida, os géis foram fotografados sob luz ultravioleta.

Analizados os marcadores moleculares pelos diferentes *primers* RAPD para os supostos híbridos e os prováveis genitores, verificou-se quanto à presença ou ausência de bandas informativas para a confirmação da fecundação cruzada. Segundo Faleiro et al. (2003b), bandas informativas são alelos presentes no genitor masculino e ausentes no feminino, cuja presença nas plantas supostamente híbridas confirmam a fecundação cruzada. São consideradas bandas informativas somente aquelas com alta nitidez e reprodutibilidade.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os marcadores RAPD mostraram-se excelentes ferramentas para verificar a ocorrência ou não de fecundação cruzada entre as espécies de *H. costaricensis*, *H. undatus* e *S. setaceus* em estudo. Segundo Faleiro et al. (2003b), o uso de um ou dois *primers* ou combinações de *primers* com, pelo menos, uma banda informativa é suficiente para confirmar ou não a ocorrência da fecundação cruzada. Segundo Borém (1997), cada banda

informativa funciona como um gene marcador comumente utilizado pelos melhoristas.

O padrão de amplificação do DNA e as bandas informativas, confirmando os híbridos obtidos a partir da hibridação natural entre *Hylocereus costaricensis* e *Hylocereus undatus*, são mostrados na Figura 6.1. Esses mesmos padrões de amplificação evidenciam que a espécie *Selenicereus setaceus* não foi confirmada como genitora masculina da progênie híbrida. Verifica-se que o primer OPE-11 gerou 4 bandas informativas e o primer OPF-08 gerou uma banda informativa para a confirmação da hibridação.

Vale ressaltar que a confirmação da fecundação cruzada realizada teve com base em vários produtos de amplificação e não apenas nos produtos de amplificação gerados pelos primers OPE-11 e OPF-08 ilustrados na Figura 6.1. Dessa forma confirmou que ocorreu cruzamento natural entre as espécies *H. costaricensis* e *H. undatus* somente, não havendo, portanto, autofecundação e interferência de *S. setaceus*. Com base nesses resultados, fica evidente a necessidade de plantios multiclonais de *H. costaricensis*. Por outro lado, o plantio de pitayas oriundas de sementes de polinização aberta pode representar grandes riscos ao empreendimento devido a misturas genéticas decorrentes de cruzamentos naturais entre espécies, reforçando a necessidade de se utilizar clones ou matrizes superiores.

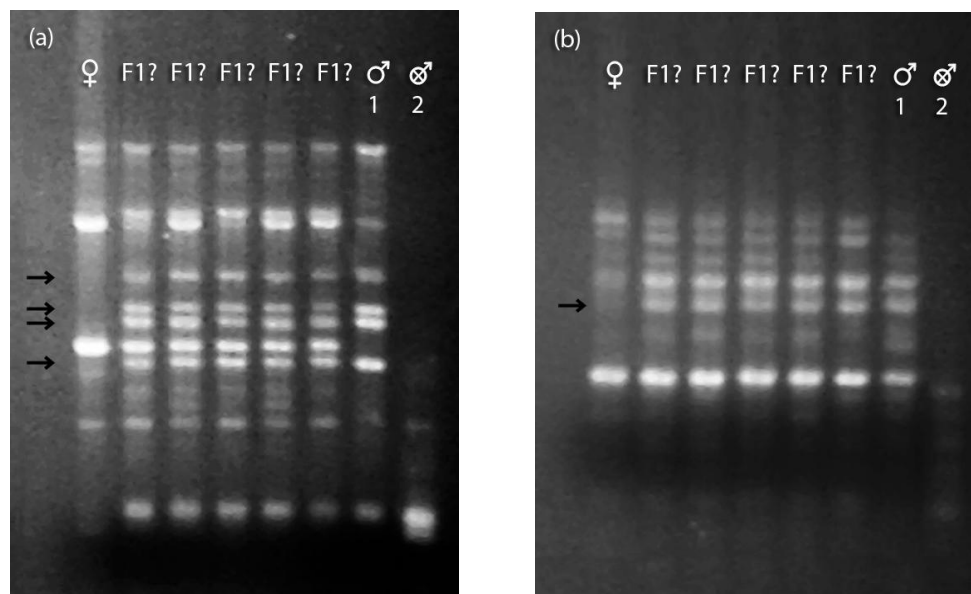


Figura 6.1 Produto de amplificação de amostras de DNA genômico dos possíveis híbridos interespecíficos (F1?), seus genitores *Hylocereus costaricensis* ♀, *Hylocereus undatus* ♂ (1) e descartado o segundo genitor masculino *Selenicereus setaceus* ♂ (2), obtidos com o uso dos primers decâmeros OPE-11 (a) e OPF-08 (b). As setas indicam bandas informativas utilizadas para a confirmação da fecundação cruzada.

De acordo com Le Bellec (2004), a qualidade dos frutos resultantes de polinização natural é geralmente mais baixa do que a daqueles obtidas por polinização cruzada manual. Em alguns países como Israel, África do Sul e Madagascar a produção natural a partir de clones introduzidos de *H. undatus* e *H. costaricensis* é praticamente inexistente. Isso deve ao fato da autoincompatibilidade dos clones destas espécies e à ausência de polinizadores eficientes. O cruzamento interespecífico seria uma possibilidade para solucionar esta baixa produtividade (RAVEH, et., 1993; WEISS, et al., 1994; ERWIN, 1996).

Trabalhos realizados por Silva et al. (2011), avaliaram a polinização da pitaya (*H. undatus*) com o próprio pólen e com pólen de *H. polyrhizus* e *S. setaceus*. Estes autores observaram que o cruzamento com *H. polyrhizus* resultou em frutos com maior massa total, de casca e polpa. Não houve frutificação do clone de *H. undatus*, quando autopolinizado. Quando a polinização foi feita artificialmente, utilizando-se de pólen de *H. polyrhizus* ou *S. setaceus*, a frutificação foi de 100 %. Segundo os autores, o interplântio de *H. undatus* com *H. polyrhizus* ou *S. setaceus* garante melhor frutificação.

6.4 CONCLUSÕES

Híbridos interespecíficos de pitaya foram obtidos com sucesso por meio da polinização natural entre da hibridação natural entre plantas das espécies *Hylocereus costaricensis* e *Hylocereus undatus*.

Marcadores moleculares RAPD confirmaram a espécie *H. undatus* e descartaram a espécie *Selenicereus setaceus* como genitora masculina da progênie híbrida, mostrando-se excelentes ferramentas para verificar a ocorrência ou não da fecundação cruzada entre espécies de pitaya.

Constatou-se a existência de compatibilidade genética entre as espécies *H. costaricensis* e *H. undatus*, sendo possível a combinação gênica das mesmas em programas de melhoramento genético.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALZATE-MARIN, A. L.; BAÍA, G. S.; MARTINS FILHO, S.; PAULA JUNIOR, T. J. de.; SEDIYAMA, C. S.; BARROS, E. G. de.; MOREIRA, M. A. Use of RAPD-PCR to identify true hybrid plants from crosses between closely related progenitors. **Brazilian Journal of Genetics**, v.19, n.4, p.621-623, 1996.
- BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa,UFV.547p. 1997.
- CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya em Yucatan**. Maxcanú: Yucatán, 1993. 53 p.
- ERWIN J.E., Temperature and photoperiod affect grafted cactus scion necrosis, *HortTechnology* 6 p. 393–397. 1996.
- FALEIRO, F.G.; FALEIRO, A.S.G.; CORDEIRO, M.C.R., KARIA, C.T. **Metodologia para operacionalizar a extração de DNA de espécies nativas do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Comunicado Técnico N°.92) 6p. 2003a.
- FALEIRO, F.G.; PIRES, J.L.; LOPES, U.V. Uso de marcadores moleculares RAPD e microssatélites visando a confirmação da fecundação cruzada entre *Theobroma cacao* e *Theobroma grandiflorum*. **Agrotrópica**, Cruz das Almas, v.15, n.1, p.41 – 46, 2003b.
- JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de Pitaya do Cerrado**. Documentos/ EMBRAPA Cerrados, ed. 1. Planaltina, DF, 18 p. 2002.
- JUNQUEIRA, K. P. ; FALEIRO, F. G ; JUNQUEIRA, N,T,V ; BELLON, G. ; FONSECA, K.G ; LIMA, C.A ; SANO, S.M . Diversidade genética de Pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD. In: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2007, São Lourenço- MG. **Anais...** Diversidade genética de Pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD, 2007a.
- JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; RAMOS, J. D.; SOUZA, L. S. de; BRAGA, M. F. Obtenção de híbrido interespecífico de *Passiflora laurifolia* L. e *Passiflora nitida* Kunth. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007b.
- LE BELLEC, F. Pollinisation et fecundation de *Hylocereus undatus* et de *H. costaricensis* à l'île de la Réunion. **Fruits**, Paris, v. 59, n. 6, p. 411-422, 2004.

- LICHTENZVEIG, J.; ABBO, S.; NERD, A.; TELZUR, N.; MIZRAHI, Y. Cytology and mating system in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 87, n. 7, p. 1058-1065, 2000.
- MIZRAHI, Y.; MOUYAL, J.; NERD, A.; SITRIT, Y. Metaxenia in the Vine Cacti *Hylocereus polyrhizus* and *Selenicereus* spp. *Annals of Botany*, London, v. 93, p. 469-472, 2004.
- MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crops. **Horticultural Review**, New York, v. 18, p. 291-320, 1997.
- NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, v. 18, p. 321-349, 1997.
- NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruit of vine and columnar cacti. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Los Angeles: UCLA, p. 254-262. 2002.
- OLIVEIRA, R. P.; NOVELLI, V. M.; MACHADO, M. A. Frequência de Híbridos em Cruzamento entre Tangerina ‘Cravo’ e Laranja ‘Pêra’. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.9, p.1895-1903, 2000.
- RAVEH E., WEISS J., NERD A., MIZRAHI Y., Pitayas (genus *Hylocereus*) new fruit crop for the Negev Desert of Israel in: Janick J., Simon J.E. (Eds.), **New crops**, Wiley, New-York, USA, , 491-495. 1993.
- SILVA, A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, S.P., v. 33, n. 4, p. 1162-1168. 2011.
- WEISS J., NERD A., MIZRAHI Y., Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential, **HortScience** 29 p.1487-1492.1994.

**CAPITULO 7. VIGOR E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE DEZ ACESSOS DA
PITAYA VERMELHA (*Hylocereus undatus*) COMO SUBSÍDIOS PARA A
SELEÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO**

**CHAPTER 7. VIGOR AND AGRONOMIC PERFORMANCE OF TEN PITAYAS
(*Hylocereus undatus*) GENOTYPES, HOW GRANTS FOR SELECTION AND
BREEDING PROGRAM**

RESUMO

Para recomendar uma determinada espécie para o cultivo, ela deve ser compatível com as características agroclimáticas da região, que devem ser adequadas ao desenvolvimento e produção da cultura. Neste trabalho, objetivou-se determinar características de vigor e desempenho agrônomo de dez genótipos de pitayas da espécie *Hylocereus undatus* subsidiando a seleção e melhoramento genético nas condições do Cerrado. As análises foram realizadas em plantas com quatro anos de idade, anteriormente nunca podadas. A produtividade foi estimada com base no número total de frutos por planta avaliado do 4º ao 6º ano de idade. Para avaliar o desenvolvimento vegetativo, as seguintes características foram analisadas: número de cladódios (NC), comprimento total de cladódios (CTC), diâmetro médio dos cladódios (DMC), número médio de flores (NF), número médio de frutos (NFT), porcentagem de vigamento (V) por planta e número total de frutos por planta (NTFP). Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições, sendo cada repetição a média de duas plantas. Efeitos significativos dos genótipos de pitaya foram verificados para todas as características agrônômicas avaliadas. Os genótipos 01 (CPAC PY-01(3)) e 05 (CPAC PY-01(4)) apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo e maior produtividade somando o 4º, 5º e 6º ano de cultivo, demonstrando características promissoras para o processo de seleção e melhoramento genético para as condições do Cerrado.

Palavras-chave: Cactaceae, desenvolvimento vegetativo, produtividade.

ABSTRACT

To recommend a particular species to grow, it must be compatible with the climatic characteristics of the region, which should be appropriate to the development and production of culture. The objective of this study was to evaluate characteristics of vigor and agronomic performance of ten pitayas (*Hylocereus undatus*) genotypes, subsidizing the selection and breeding program for Brazilian Savanna conditions. Analyses were performed in four years old plants, never previously pruned. The yield was estimated based on the total number of fruits per plant evaluated from 4th to 6th year of age. Vegetative development was evaluated based on cladodes number (CN), total cladodes length (TCL), mean of cladodes diameter (MCD), mean of flowers number (MFN), mean of fruit number (MFRN), flowers repining percentage (R) and total number of fruits per plant (NTFP). We used a completely randomized design with three replications, each replicate the average of two plants. Significant effects of pitaya genotypes were observed for all traits evaluated. Genotype 01 (CPAC PY-01(3)) e 05 (CPAC PY-01(4)) showed better vegetative growth and higher productivity by adding the fourth, fifth and sixth year of cultivation, showing promising characteristics for the selection process and breeding program for Brazilian savanna conditions.

Keywords: Cactaceae, vegetative growth, productivity.

7.1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das características agrônômicas de uma cultura agrícola é imprescindível para o sucesso na atividade e fator essencial para a obtenção de rendimentos economicamente aceitáveis com impacto ambiental mínimo. Deste modo, deve-se cuidar para que a indicação de uma determinada espécie para cultivo em uma região seja compatível com as características agroclimáticas adequadas ao desenvolvimento e produção da cultura (MARIN, 2012).

O crescimento e a produtividade da pitaya são maiores quando as condições ambientais permitem maior fixação diária de CO₂, ou seja, quando há água disponível no solo, a média de temperaturas entre dia e noite é ótima e o fluxo diário de luz alcança maior absorção pelos pigmentos fotossintéticos. Entretanto, as necessidades hídricas e nutricionais da pitaya podem ser atendidas através da absorção pelas raízes aéreas e subterrâneas. Como planta epífita, as pitayas possuem um metabolismo especial chamado ácido das crassuláceas (CAM), elas se adaptam a condições onde há falta de água, fechando seus estômatos durante o dia e só abrindo a noite para efetuar a absorção de carbono. Nas condições de cultivo protegido e com adequado abastecimento de água, a pitaya vermelha (*H. undatus*) se comporta como uma planta típica CAM cíclico (DONADIO e SADER, 2005).

Mizrahi e Nerd (1999) observaram, em Israel, que injúrias nas plantas de pitaya causadas pelo frio são frequentes na ocasião em que a temperatura é inferior a 4 °C, embora quando a temperatura se eleve a recuperação seja rápida. De acordo com Donadio e Sader (2005), a pitaya é considerada uma planta exigente em fotoperíodo, sensível a ventos fortes e ao frio de geadas fortes, ou seja, abaixo de -2 °C.

No Estado da Califórnia, Estados Unidos, foram observados efeitos nocivos do sol forte na pitaya vermelha (*H. undatus*), ocasionando a queima dos ramos com temperaturas acima de 35 °C (DONADIO e SADER, 2005). Mizrahi e Nerd (1999) também encontraram resultados desfavoráveis na floração com temperaturas elevadas, segundo os autores uma temperatura média de 39 °C reduz de 15 a 20 % a produção de flores da espécie *H. undatus*, resultado também encontrado por Nerd et al. (2002), que verificaram que em áreas onde a temperatura do ar é superior à faixa de 34-38 °C devem ser evitadas para o cultivo da pitaya

porque o florescimento pode ser significativamente reduzido.

Em Israel, os resultados expressam que o cultivo da pitaya vermelha é sensível a elevadas intensidades luminosas (RAVEH et al., 1993; ZEE et al., 2004). De acordo com Donadio e Sader (2005), o sombreamento parcial foi benéfico em Israel e no Estado da Califórnia apresentaram melhor desenvolvimento na floração e produção quando foram submetidas a 30 % de sombreamento.

Na Flórida, Crane e Balerdi (2012), também recomendam cerca de 30 % de sombreamento, pois justificam que a insolação é prejudicial. Algumas espécies do gênero *Hylocereus* como a *H. polyrhizus* e *H. costaricensis* possuem uma camada de cera no caule, o que não é observado na *H. undatus*, tornando essa planta mais susceptível aos danos causados pelo sol e ao ataque de enfermidades bacterianas, como a causada pela bactéria *Pectobacterium* sp. (HERNÁNDEZ, 2000).

Andrade et al. (2006) verificaram que na pitaya as trocas gasosas e o crescimento são inibidos quando as plantas são expostas à total radiação solar. Segundo Calvalcante et al. (2011), no período inicial de crescimento da planta no campo, o uso de cobertura de, no mínimo, 50 % contra a incidência direta do sol, determina maior crescimento. Para os autores Raveh et al. (1998) e Mizrahi e Nerd (1999), a necessidade de cobertura é dependente das condições locais.

Quando se observam mudanças climáticas, principalmente pela falta de água em muitas áreas, pode-se avaliar a importância que plantas como as cactáceas podem ter. É importante registrar além de suas virtudes quanto à limitação de recursos hídricos, a sua grande habilidade de resistir a períodos longos de estiagem (MIZRAHI et al., 2002).

Segundo Crane e Balerdi (2012), as pitayas originaram-se de áreas com uma boa quantidade de chuva, cerca de 1.700 a 2.500 mm por ano. No entanto a alta umidade favorece o desenvolvimento de doenças bacterianas e fúngicas tanto no caule como no fruto. Chuva e irrigação durante o desenvolvimento do fruto e secas prolongadas são benéficas.

No Brasil, as pitayas são consideradas uma novidade promissora. Existem pequenas áreas de produção situadas principalmente no Estado de São Paulo, localizadas na região de Catanduva. Entretanto, devido ao maior consumo de frutas exóticas e ao seu valor comercial, surgiu interesse por parte dos fruticultores no plantio e cultivo desta frutífera na

região do Cerrado, mais especificamente no Distrito Federal e entorno. Na linha do melhoramento genético, considerando o potencial das pitayas, a Embrapa Cerrados iniciou na década de 90 um programa de avaliação e seleção de pitayas comerciais e nativas do Cerrado (JUNQUEIRA et al., 2002). Neste trabalho, objetivou-se determinar características de vigor e desempenho agrônômico de dez genótipos de pitayas da espécie *H. undatus* e estimar parâmetros genéticos para subsidiar a seleção e melhoramento genético nas condições do Cerrado.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dez genótipos de pitaya da espécie *H. undatus* selecionados pelo programa de melhoramento genético da pitaya realizado na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, latitude 15° 35'00"S, longitude 47° 35' 00"W foram avaliados quanto a suas características vegetativas e reprodutivas (Tabela 7.1).

Tabela 7.1 Acessos de pitaya analisados da espécie *H. undatus*, com a respectiva procedência, Estado de origem e código de introdução no banco de germoplasma de Embrapa Cerrados. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados.

Genótipos	Procedência	Estado	Códigos
01	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(3)
02	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(2)
03	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(1)
04	Tiradentes	MG	CPAC PY-04
05	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(4)
06	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(5)
07	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(6)
08	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(7)
09	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(8)
10	Embrapa Cerrados	DF	CPAC PY-01(9)

Os dados climatológicos, durante a condução do experimento foram: precipitação média anual de 1.111 mm, temperatura do ar mínima, média e máxima de 16,3 °C, 21,6 °C e 28,2 °C, respectivamente. Em média, a umidade relativa foi de 67 %, a velocidade do vento de 2,0 m s⁻¹, a radiação solar de 426,6 cal/cm²/dia e insolação de 7,4 horas.

As plantas de pitaya avaliadas foram produzidas a partir de cladódios com bom aspecto fitossanitário e nutricional. As estacas foram retiradas da porção mediana de plantas matrizes selecionadas com oito anos de idade. Cladódios de aproximadamente 20

cm foram transplantados diretamente para a cova de 50 x 50 x 50 cm, pré-preparada com fósforo (100 g de superfosfato simples) e quatro litros de esterco curtido de galinha.

As mudas foram plantadas em condições de campo aberto, irrigação realizada por gotejadores com uma vazão de 1,8 litros/hora e espaçamento de 2 m entre linhas por 3 m entre plantas. O pomar teve uma estrutura de sustentação com mourões de 2 metros de comprimento, com três linhas de sustentação de arame galvanizado liso nº12 esticado.

As características vegetativas e reprodutivas avaliadas ocorreram em plantas com quatro anos de idade, anteriormente nunca podadas e com uma adubação de cobertura anual de 8 L.planta⁻¹ de esterco curtido de galinha. As características avaliadas correspondem ao número de cladódios (NC), comprimento total de cladódios (CTC), diâmetro médio dos cladódios (DMC), número médio de flores (NFL), número médio de frutos (NFT) e porcentagem de vigamento de flores (V) por planta. Para estimar a produtividade de cada genótipo, foi avaliado o número total de frutos por planta, somando-se a produção do 4º, 5º e 6º ano de cultivo. O comprimento e a circunferência para determinar o diâmetro dos cladódios foram medidos com auxílio de fita métrica.

Para realizar essas análises, utilizou-se um delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições, sendo cada repetição a média de duas plantas. Realizou-se análises de variâncias para as características avaliadas e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 1 % de probabilidade, com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2007). Segundo a metodologia utilizada por Alves et al. (2006), foram estimados os seguintes parâmetros:

(1) Variância fenotípica: s^2_f (QMP/r), em que: s^2_f = variância fenotípica, r = repetições e QMP = quadrado médio dos genótipos;

(2) Variância ambiental média: s^2_e = (QMR /r), em que: s^2_e = variância ambiental, QMR = quadrado médio do resíduo e r = repetições;

(3) Variância genotípica: s^2_g = (QMP - QMR)/r, em que: s^2_g = variância genotípica, QMP = quadrado médio dos genótipos, QMR= quadrado médio do resíduo e r = repetições;

(4) Herdabilidade no sentido amplo (baseada na média das parcelas): h_a^2 = s^2_g / s^2_f , em que, h_a^2 = herdabilidade no sentido amplo, s^2_g = variância genotípica e s^2_f = variância fenotípica;

(5) Coeficiente de variação genética: CVg , em que: $CVg = 100(\sqrt{s^2_g}/m)$,

CVg = coeficiente de variação genética sendo igual à variância genotípica e

corresponde a média geral do caráter.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificaram-se efeitos significativos nos genótipos de pitaya para todas as características agronômicas avaliadas pelo teste F a 1 % de probabilidade (Tabela 7.1). Tais efeitos evidenciam a existência de variabilidade genética e dessa forma, a possibilidade de seleção de genótipos com melhor desempenho agrônômico para as condições do Cerrado, mais especificamente para as condições do Distrito Federal.

A precisão experimental foi adequada para os ensaios de avaliação genotípica, devido os altos valores de F encontrados na quantificação do efeito dos genótipos (Tabela 7.1). Os valores de F variaram de 14,71 a 76,67, o que significa que os ensaios enquadram-se na classe de muito alta precisão, conforme indicado por Resende e Duarte (2007).

Além dos valores de F, o conhecimento das estimativas dos componentes de variância e da herdabilidade são importantes para analisar a precisão e acurácia experimental e também para definir as estratégias de seleção e estimar o ganho genético. Os valores dos coeficientes de variação genética (CVg) para os caracteres estudados variaram de 13,51 a 107,96, enquanto os valores dos coeficientes de variação ambiental (CVe) variaram de 2,64 a 37,59. Os valores dos coeficientes de variação ambiental foram baixos para maioria dos caracteres, o que denota um bom controle ambiental e adequada precisão experimental.

Segundo Resende (2002), altos valores de herdabilidade e CVg, são determinantes para uma eficaz inferência sobre o valor genotípico do material genético a partir das avaliações fenotípicas. A herdabilidade pode ser usada para estimar a resposta à seleção baseada em indivíduos ou em famílias, também fornece base para decidir em quais características devem ser investidos os esforços em seleção e para escolher o melhor método de seleção (COTTERILL e ZED, 1980). Ela indica o quanto da variação fenotípica é devido a efeitos genéticos. Quanto mais próxima de 100 %, menos a característica é afetada pelo ambiente ou que a maior parte da variação é ocasionada por fatores genéticos como efeitos aditivos ou não-aditivos. Observa-se que as estimativas de herdabilidade foram altas, superiores a 93 % para todas as características.

Segundo Vencovsky (1978), quando é obtido um alto valor de herdabilidade para

um caráter, há uma indicação de que o controle genético é alto, isto é, o efeito genético representa a maior parte da variação fenotípica em relação ao efeito ambiental. Isso significa que existe uma grande possibilidade de obtenção de ganho genético com a seleção.

A relação CVg/CVe também é informativa para o melhorista (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992). Existe uma situação muito favorável para a obtenção de ganhos na seleção quando a relação CVg /CVe é superior a 1,0, o que indica que a variação genética supera a variação ambiental (VENCOVSKY, 1987). Neste trabalho, foram verificadas altas relações CVg/CVe para todas as características avaliadas, indicando que a seleção para esses caracteres apresentam as condições favoráveis em termos de ganhos genéticos imediatos (Tabela 7.2).

Tabela 7.2 Quadrados médios de genótipos (QMg) e do erro (QMe), valor de F e estimativas das variâncias fenotípica a nível de média (σ_f^2), genotípica (σ_g^2) e ambiental (σ_e^2), da herdabilidade ao nível de média (h_a^2), dos coeficientes de variação experimental (CVe) e genético (CVg) e da relação CVr de cada caráter avaliado para 10 genótipos de pitaya. UnB/Embrapa Cerrados⁽¹⁾.

Parâmetros Genéticos	Caracteres						
	NC	CTC	DMC	NFL	NFT	V	NTFP
QMg	1579,949074	446,074697	1,853519	42,533333	30,260185	4085,475407	1127,966667
QMe	25,875	10,00807	0,2327	1,208335	1,175	277,591	1,758335
Valor de F	61,0608**	44,5715**	79,6527**	35,2**	25,7533**	14,7176**	641,497**
σ_f^2	526,649691	148,691566	0,61784	14,177778	10,086728	1361,825136	375,988889
σ_g^2	518,024691	145,355542	0,610083	13,774999	9,695062	1269,29402	375,402777
σ_e^2	8,625	3,336023	0,007757	0,402778	0,391667	92,530333	0,586112
h_a^2 (%)	98,3623	97,7564	98,7445	97,1591	96,117	93,2054	99,8441
Cve (%)	12,8507	19,1602	2,6377	31,7089	37,5944	24,3606	5,3613
CVg (%)	57,4993	73,0201	13,5057	107,0616	107,9632	52,0916	78,3368
CVr (%)	4,4744	3,811	5,1203	3,3764	2,8725	2,1383	14,6116

¹ número de cladódios por planta (NC), comprimento total de cladódios por planta (CTC), diâmetro médio dos cladódios (DMC), número de flores por planta (NFL), número de frutos por planta (NFT), porcentagem de vigamento (V) por planta e número total de frutos por planta (NTFP) do 4º, 5º e 6º ano de cultivo.

** significativos a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Os genótipos 01 (CPAC PY-01(3)), 02 (CPAC PY-01(2)), 04 (CPAC PY-04) e 05 (CPAC PY-01(4)) apresentaram o maior número de cladódios por planta (Tabela 7.3). Os

genótipos 02 (CPAC PY-01(2)) e 05 (CPAC PY-01(4)) apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo em relação aos demais genótipos, pois obteve maior número de cladódios por planta (71,5 e 68,2 unidades, respectivamente) e maior comprimento total de cladódios (37,1 e 33,9 m, respectivamente) por planta. O genótipo 05 apresentou o maior diâmetro médio dos cladódios com 7,2 cm, diferenciando significativamente dos demais genótipos. Os genótipos 01 (CPAC PY-01(3)) e 05 (CPAC PY-01(4)) apresentaram maior média de número de flores e frutos por planta, diferenciando significativamente dos demais genótipos e apresentaram também o maior número total de frutos por planta no 4º, 5º e 6º ano de cultivo. Um fato que chama a atenção é que os genótipos com maior desempenho vegetativo (02 (CPAC PY-01(2)) e 05 (CPAC PY-01(4))) não foram os genótipos mais produtivos (01 (CPAC PY-01(3)) e 05 (CPAC PY-01(4))).

Todos os genótipos que produziram flores apresentaram uma porcentagem de vingamento acima de 70 %, não havendo diferença significativa entre os mesmos. Isso indica que houve eficiência do processo de polinização das flores, fecundação e vingamento dos frutos.

Tabela 7.3 Médias das variáveis: número de cladódios por planta (NC), comprimento total de cladódios por planta (CTC), diâmetro médio dos cladódios (DMC), número de flores por planta (NFL), número de frutos por planta (NFT), porcentagem de vigamento por planta (V) e número total de frutos por planta (NTFP) do 4º, 5º e 6º ano de cultivo. UnB/Embrapa Cerrados.

Genótipos	Códigos	NC (Ud)	CTC (m)	DMC (cm)	NFL (Ud)	NFT (Ud)	V (%)	NTFP (Ud)
01	CPAC PY-01(3)	60,3ab	24,9bc	5,7cd	10,3a	8,2a	80,0a	53,5a
02	CPAC PY-01(2)	71,5 ^a	37,1a	6,2bc	1,0bc	0,8bc	88,9a	10,7e
03	CPAC PY-01(1)	43,7bc	18,1cde	6,3b	1,8bc	1,2bc	77,8a	21,5d
04	CPAC PY-04	54,8ab	18,3cd	6,2bc	4,8b	4,0b	82,9a	43,7b
05	CPAC PY-01(4)	68,2 ^a	33,9ab	7,2a	9,7a	8,7a	88,7a	50,3a
06	CPAC PY-01(5)	22,5de	8,3def	6,3b	2,8bc	2,7bc	93,3a	33,7c
07	CPAC PY-01(6)	22,0de	7,1ef	5,1ef	0,0c	0,0c	0,0b	9,3ef
08	CPAC PY-01(7)	9,2e	2,6f	4,9fg	0,0c	0,0c	0,0b	0,0g
09	CPAC PY-01(8)	27,7cd	10,5def	5,6de	3,3bc	2,5bc	72,4a	19,3d
10	CPAC PY-01(9)	16,0de	4,3f	4,5g	0,8c	0,8bc	100,0a	5,3f

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1 % de significância.

O genótipo 08 não produziu flores e frutos até o sexto ano de cultivo, sendo o genótipo mais tardio. Cuidados especiais devem ser tomados na escolha do genótipo para

realizar o plantio, sabendo-se que são necessários grandes investimentos na instalação de um pomar de pitaya e que, dependendo da cultivar, só a partir do quarto ano inicia-se a produção econômica.

7.4 CONCLUSÕES

Os parâmetros genéticos estimados evidenciaram situações favoráveis à seleção e à obtenção de ganhos genéticos para as características avaliadas.

Os genótipos 01 (CPAC PY-01(3)) e 05 (CPAC PY-01(4)) apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo e maior produtividade somando-se o 4º, 5º e 6º ano de cultivo, demonstrando características promissoras para o processo de seleção e melhoramento genético da pitaya para as condições do Cerrado e ressaltando a importância da continuidade das análises de produtividade nos anos posteriores.

7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COTTERILL, P. P. e ZED. P. G. Estimates of genetic parameters for growth and form traits in four *Pinus radiata* D. Don progeny tests in South Australia. **Australian Forest Research**, v.10, p. 155-167, 1980.
- CRANE, J.H., AND C.F. BALERDI. **THE PITAYA** (*Hylocereus undatus* and other spp.) **IN FLORIDA**. Disponível em: <http://miami-dade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical_fruit/THE%20PITAYA%20in%20Florida.pdf> Acesso em 04 de abr de 2012.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística**. Versão Windows – 2007, Viçosa, UFV.
- DONADIO, L. C. e SADER, A. D. **Cultura da Pitaya**. Jaboticabal, 2005. 16 p.
- HERNÁNDEZ, Y.D.O. Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya. **Oaxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN**, 2000. 124p.
- JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de Pitaya do Cerrado**. Documentos/ EMBRAPA Cerrados, Ed. 1. Planaltina, DF, 2002. 18p.
- MARIN, F. R. **Características da cultura cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_3112006152934.html> Acesso em 26 de mar de 2012.
- MIZRAHI, Y.; NERD, A. Climbing and columnar cacti: new arid lands fruit crops. In: JANICK, J. (Ed.). **Perspective in new crops and new crops uses**. Alexandria: ASHS, p. 358-366, 1999.
- MIZRAHI, Y.; NERD., A.; SITRIT, Y. New fruits for arids climates. In.:__ Trends in new crops and new uses. Alexandria: **ASHS**, p.378-384, 2002.
- NERD, A.; SITRIT, Y.; KAUSHIK, R. A.; MIZRAHI, Y. High Summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 96, p. 323-350, 2002.
- RAVEH, E.; WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Pitayas (genus *Hylocereus*): a new fruit crop for the Negev Desert of Israel. In: JANICK, J.; SIMON, J.E.(Eds.). **New Crops**. New York: Wiley, p.491-495, 1993.
- RAVEH, E.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to

different degrees of shade. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.73, p.151-164, 1998.

RESENDE, M.D.V. de; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 37(3): 182-194, 2007.

VENCOVSKY. R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. Ed. Campinas: Fundação Cargill. p. 137-214, 1987.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E. (Org). **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramento. p.17-38, 1969.

VENCOVSKY, R.. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba, Fundação Cargill, p. 122-99, 1978.

VENCOVSKY, R. BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

ZEE, F.; CHUNG-RUEY, Y; NISHINA, M. **Pitaya (dragon fruit, strawberry pear)**. Manoa: University of Hawaii, 2004. 3p.