

LORENNALVES MATTOS

CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE BANANEIRA

FEIRA DE SANTANA – BAHIA

2009



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS
VEGETAIS

CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE BANANEIRA

LORENNALVES MATTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

ORIENTADOR: PROFESSOR DR. SEBASTIÃO DE OLIVEIRA E SILVA (UEFS)

CO-ORIENTADOR: DR. EDSON PERITO AMORIM (CNPMP)

Feira de Santana – BA

2009

Ficha Catalográfica Biblioteca Central Julieta Carteado

Mattos, Lorena Alves
M392c Caracterização de acessos de bananeira. / Lorena
Alves Mattos. – Feira de Santana, 2009.
86f.: graf.; tab.

Orientador: Sebastião de Oliveira e Silva

Co-orientador: Edson Perito Amorim

Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos
Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana,

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Ana Cristina Vello Loyola Dantas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Prof^ª. Dr^ª. Sandra Regina de Oliveira Domingos Queiroz
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
Orientador e Presidente da Banca

Ao meu pai David Mattos cujo valor e princípios foram essenciais para e minha formação moral. À minha mãe Zélia Mattos, por todo seu incentivo, perseverança, na certeza que o seu apoio foi fundamental para a concretização desta etapa em minha vida e ao meu querido irmão David Júnior por todo carinho.

DEDICO

À Zélia Alves Mattos um exemplo de mãe, fonte de confiança e por acreditar que realizei um de seus sonhos. A minha maior incentivadora.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha existência, por me conduzir sempre no caminho certo. Presença constante em minha vida. Fortalecendo-me principalmente nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais David e Zélia que sempre estiveram presentes, insuflando de amor e confiança, agradeço pelos ensinamentos, criação e formação do meu caráter.

Ao Dr. Sebastião de Oliveira e Silva pela oportunidade, ensinamentos, conselhos e orientação, contribuindo para meu desenvolvimento pessoal e intelectual.

Ao meu co-orientador Dr. Edson Perito Amorim por compartilhar o seu saber, pelo apoio e amizade, contribuindo para a minha formação acadêmica.

À Fapesb pela bolsa concedida e pelo auxílio à dissertação.

Ao meu irmão Júnior, pelo apoio, confiança e admiração que sempre depositou em mim.

Ao meu amor Antônio Moreira, pelo companheirismo, incentivo e amor.

À Tamyres Barbosa do Amorim pela amizade, torcida e apoio nos trabalhos.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Estadual de Feira de Santana, pela disponibilidade em fornecer informações, por compartilhar suas concepções.

À *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical* pela oportunidade desde o período da graduação, o apoio institucional e disponibilidade do espaço físico, possibilitando a realização dos trabalhos do curso de pós-graduação.

À Universidade Estadual de Feira de Santana pela realização do curso de Mestrado.

Ao professor Dr. Carlos Ledo pela elaboração das análises estatísticas.

A toda equipe do Laboratório de Práticas Culturais pela dedicação, incentivo e apoio na coleta dos materiais, especialmente aos funcionários “Bizunga” e “Paulo Laércio”.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório de Biologia Molecular da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, especialmente ao funcionário “Raimundo”.

Aos funcionários do Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.

Aos funcionários da pós-graduação em especial a Alberto pela presteza e atenção.

Aos estagiários da área de melhoramento genético de bananeira Taliane, Juliana e Silvia pelos momentos de convivência e apoio nos trabalhos.

Aos amigos que muitas vezes distantes (em outras cidades e em outro estado) estavam sempre próximos, no MSN e por telefone, incentivando e vibrando, apoiando-me para a concretização desta etapa em minha vida.

Aos amigos que estiveram sempre por perto Everton Hilo, Lucimário e Maria Josirene.

Aos meus tios e tias, primos e primas que me incentivaram e torceram por mim.

A todos aqueles que sempre disponibilizaram um tempo para ouvir e ajudar-me no que fosse necessário.

RESUMO

O melhoramento genético de bananeira baseia-se principalmente no melhoramento de diplóides (AA), e posterior cruzamento destes com triplóides AAB do tipo Prata e Maçã gerando tetraplóides AAAB. Tem como objetivo desenvolver variedades resistentes a pragas e nematóides, produtivas, com reduzidos porte de planta e ciclo da cultura, mantendo o sabor Prata e Maçã dos frutos. Ao longo dos seus 26 anos, o programa de melhoramento genético da bananeira recomendou as cultivares Caipira, Thap Maeo, FHIA 18, Prata Graúda, Prata Baby (Nam), Pacovan Ken, Japira, Vitória, Preciosa, Tropical, Maravilha, Caprichosa, Garantida e Princesa. A caracterização e avaliação de genótipos de bananeira, com posterior seleção dos mais produtivos e resistentes às pragas, são etapas essenciais ao programa de melhoramento genético e constituem-se numa solução significativa para incrementos em produtividade e qualidade nos sistemas de produção. Para o sucesso de um programa de melhoramento, a existência de variabilidade genética para os caracteres de interesse é fundamental. Desta forma, a caracterização agrônômica, física e química dos frutos, associada ao uso de modernas ferramentas moleculares pode disponibilizar informações úteis para o melhorista de plantas. Este trabalho foi desenvolvido na área experimental e nos Laboratórios de Fisiologia Vegetal e Virologia e Biologia Molecular da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, com o objetivo de caracterizar 26 acessos de bananeira em relação a doze características agrônômicas, quatorze físicas e químicas dos frutos e treze marcadores moleculares SSR. A estrutura do trabalho foi subdividida em três capítulos: o primeiro teve como objetivo caracterizar por meio de dados agrônômicos e físicos e químicos dos frutos de acessos de bananeira; o segundo buscou associar a caracterização física e química com marcadores SSR e o terceiro capítulo combinou dados agrônômicos, físicos, químicos de frutos e moleculares com o intuito de obter informações sobre a diversidade genética entre os acessos, por meio do algoritmo de Gower. Os resultados sugerem ampla variabilidade genética para todas as características agrônômicas e físicas e químicas de frutos entre os 26 acessos de bananeira. Além disso, os marcadores SSR foram eficientes para quantificar a variabilidade genética disponível entre estes acessos. O algoritmo de Gower permitiu a combinação de dados agrônômicos e moleculares e mostrou-se uma ferramenta poderosa para a quantificação da variabilidade genética em bananeira.

Palavra chave: *Musa* spp., melhoramento de bananeira, caracterização agrônômica e molecular.

ABSTRACT

The banana genetic breeding program, initiated at Embrapa Cassava and Tropical Fruits in 1983, is mainly focused on the improvement of diploids and further crosses of these diploids with AAB Prata and Silk type triploids, generating AAAB tetraploids. The main objective is to develop varieties resistant to pests and nematodes that are productive, with reduced height and crop cycle, maintaining the Prata and Silk fruit flavors. Throughout its 26 years, the banana genetic breeding program has recommended the following cultivars: Caipira, Thap Maeo, FHIA 18, Prata Graúda, Prata Baby (Nam), Pacovan Ken, Japira, Vitória, Preciosa, Tropical, Maravilha, Caprichosa, Garantida and Princesa. The characterization and evaluation of banana genotypes, by selecting the main productive and most resistant to pests, are the main steps to the genetic breeding program, and constitutes a significant solution for increases in yield and fruit quality. In order for a breeding program to be successful, there has to be enough genetic variability regarding the traits of interest. Therefore, agronomical as well as the fruit physical and chemical characteristics associated to the use of modern molecular tools, provides useful information for plant breeders. This work was carried out at the experimental field, Plant Physiology Laboratory and Molecular Biology Laboratory of the Embrapa Cassava and Tropical Fruits, aiming to characterize 26 banana accessions regarding 12 agronomical, 14 fruit physical and chemical characteristics and using 13 SSR markers. This work was subdivided into three chapters: the objective of the first chapter was to characterize the accessions regarding their agronomical and fruit physical and chemical characteristics; the second one was to try to associate the fruit physical and chemical characterization with SSR markers and the third one combined agronomical and fruit physical and chemical characteristics and molecular data in order to obtain genetic diversity information between the accessions using the Gower algorithm. The results suggest a broad genetic variability for all the agronomic and fruit physical and chemical characteristics among the 26 banana accessions. Furthermore, the SSR markers were efficient in quantifying the genetic variability available between these accessions. The Gower algorithm combined the agronomic and molecular data being a powerful tool for the quantification of banana genetic variability.

Key-word: *Musa* spp., improvement of banana, molecular and agronomical characteristics.

SUMÁRIO

Introdução geral.....	1
A bananeira	2
Classificação botânica.....	3
Evolução.....	5
Valor nutricional.....	6
Germoplasma e melhoramento genético da bananeira.....	8
Melhoramento genético na Embrapa.....	9
Avaliações agrônômicas.....	11
Uso de marcadores moleculares em bananeira	12
Referências Bibliográficas	14
Caracterização agrônômica, física e química de frutos de acessos de bananeira	19
Resumo	20
Abstract	21
Introdução	22
Material e Métodos.....	23
Resultados e Discussão.....	25
Conclusões.....	32
Agradecimentos.....	32
Referências Bibliográficas	32
Caracterização molecular de acessos de bananeira com teores variáveis de compostos funcionais	36
Resumo	37
Abstract	38
Introdução	39
Material e Métodos.....	40
Resultados e Discussão.....	42
Conclusões.....	46
Referências Bibliográficas.....	46
Variabilidade genética entre acessos de bananeira por meio de características físicas e químicas de frutos e marcadores microssatélites.....	57
Resumo	58
Abstract	59
Introdução	60
Material e Métodos.....	61
Resultados e Discussão	64
Conclusões.....	69
Referências Bibliográficas	69
Conclusões Gerais	87

Introdução Geral

O Brasil é o quarto produtor mundial de banana, tendo produzido 7,0 milhões de toneladas em 2006, em uma área aproximada de 500 mil hectares. A Índia produziu, no mesmo período, 12 milhões de toneladas em 400 mil hectares (FAO, 2009).

Devido as suas particularidades, em especial seu baixo custo, a banana é consumida por todas as classes sociais, colocando-a como destaque entre as fruteiras. No Brasil, a banana é a segunda fruta mais consumida, perdendo apenas para a laranja.

O consumo de frutas tem aumentado em decorrência do seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos. Estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedades antioxidantes que podem estar relacionadas com o retardo do envelhecimento e a prevenção de certas doenças, entre elas alguns tipos de câncer (WANG et al., 1997).

As cultivares mais usadas (Prata, Pacovan, Maçã, Grande Naine e Terra) são suscetíveis à Sigatoka negra e, à exceção da 'Terra' e 'Maçã', são, também, suscetíveis à Sigatoka amarela. Com relação ao mal-do-Panamá, a 'Grande Naine' e a 'Terra', são resistentes, a 'Maçã' é altamente suscetível e as demais cultivares são medianamente suscetíveis (CORDEIRO et al. 1997).

Com exceção do mal-do-Panamá e das viroses, o controle das principais pragas tem sido feito pelo uso de defensivos agrícolas, porém, estes produtos químicos têm impacto direto no meio ambiente e na saúde. Outra estratégia de controle viável dessas pragas é a criação de variedades resistentes por meio do melhoramento genético.

Para o sucesso de um programa de melhoramento, a existência de variabilidade genética para os caracteres de interesse é fundamental. Desta forma, a caracterização agrônômica, física e química dos frutos, associada ao uso de modernas ferramentas moleculares pode disponibilizar informações úteis para o melhorista de plantas (AMORIM et al., 2009a).

Os marcadores de DNA, em especial os microssatélites (SSR - *Simple Sequence Repeats*), são uma excelente ferramenta para o melhorista na escolha de genitores para cruzamentos, sendo usados na quantificação da variabilidade

disponível; na seleção assistida por marcadores e no mapeamento de genes de interesse. A associação entre informações derivadas de marcadores moleculares e aquelas obtidas a partir de características agronômicas, físicas e químicas dos frutos apresenta potencial para maximizar os ganhos genéticos ao longo das gerações.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar acessos de bananeira por meio de características agronômicas, físicas e químicas dos frutos e com uso de marcadores moleculares microssatélites.

A Bananeira

A bananeira (*Musa* spp.) é um vegetal herbáceo completo, apresentando raiz, caule, folhas, flores, frutos e sementes. O caule é representado pelo rizoma que é formado por um conjunto de bainhas das folhas, constituindo o pseudocaule. A bananeira é uma planta herbácea, destituída de caule vegetativo aéreo, apresentando folhas imbricadas umas nas outras. O caule subterrâneo ou rizoma é o centro vital da bananeira, pois é nele que ocorre a formação das raízes, folhas, inflorescências e rebentos ou “filhotes”. É uma estrutura cônica ou assimétrica, com eixo central curvo virado para cima e formado por muitos entrenós curtos. A partir dos nós existentes no rizoma surgem as raízes, enquanto da sua parte apical aparecem as folhas (SIMMONDS, 1973; SIMMONDS e SHEPHERD, 1955).

O sistema radicular é fasciculado, disposto horizontalmente e surge durante a fase vegetativa de crescimento (MOREIRA, 1987).

As folhas da bananeira são grandes, completas, espiraladas, simples, constituídas de bainha, pecíolo, limbo e nervura central. As bainhas são bem desenvolvidas e suas bases, enroladas, formam o pseudocaule. A posição da folha pode variar entre grupos genômicos, sendo eretas nos diplóides e pendentes a bem arcadas nos triplóides e tetraplóides, respectivamente (SHEPHERD, 1984).

As flores de bananeira, que aparecem em forma de inflorescência são estruturalmente bissexuais, porém funcionam como unissexuais. As femininas são constituídas de gineceu ínfero, longo, tricarpelar, trilocular, com vários óvulos por lóculos, estilete único e estigma trilobado (CASTRO e KLUGE, 1988).

O coração (inflorescência masculina) é formado por brácteas que vão caindo e expondo as flores que secam e caem, formando um eixo denominado de ráquis masculina onde se notam as cicatrizes florais, denominadas de almofadas (CARVALHO, 1995; DANTAS et al., 1999).

O fruto da bananeira é uma baga carnosa resultante do desenvolvimento, geralmente partenocárpico, dos ovários das flores femininas de uma inflorescência. A multiplicação da bananeira se processa naturalmente no campo, via vegetativa, pela emissão de novos rebentos, que recebem denominações específicas de acordo com o desenvolvimento (SOUZA et al., 1999). A propagação da bananeira se faz normalmente por mudas, oriundas do desenvolvimento de gemas ou rebentos em campo, ou micropropagadas *in vitro*. Em caso especial, melhoramento genético, a planta pode também ser propagada via sementes (MOREIRA, 1999).

Classificação Botânica

A bananeira *Musa* spp. apresenta um sistema radicular fasciculado, ausência de câmbio vascular e flores tipicamente trímeras, sendo incluída na classe *Liliopsida*, subclasse *Zingiberidae* e superordem *Liliana* (CRONQUIST, 1981). A presença do perigônio colorido, ovário aderente e ínfero permite classificá-la na ordem *Zingiberales* (*Scitamineae*) (TAKHTAJAN, 1953). Esta ordem apresenta oito famílias; *Musaceae*, *Cannaceae*, *Marantaceae*, *Zingiberaceae*, *Lowiaceae*, *Costaceae*, *Heliconiaceae* e *Strelitziaceae* (BELALCÁZAR e CARVAJAL, 1991), com diferentes números de gênero (SIMMONDS, 1973): *Lowiaceae*, um gênero (*Orchydantha*); *Cannaceae*, um gênero (*Canna*); *Musaceae*, dois gêneros (*Musa* e *Ensete*); *Strelitziaceae*, quatro gêneros (*Strelitzia*, *Heliconia*, *Ravenala* e *Phenakospermum*); *Marantaceae*, 25 gêneros, destacando-se o *Calathea* com diversas espécies ornamentais e *Zingiberaceae*, 45 gêneros, sendo *Zingiber* o mais importante comercialmente (Quadro 1).

Embora, Simmonds (1973) tenha identificado apenas dois gêneros (*Musa* e *Ensete*) na família *Musaceae*, sabe-se atualmente que tal família possui mais de dois gêneros, pois é dividida em três subfamílias: *Heliconoideae*, *Strelitzoideae* e *Musoideae*. Os gêneros *Ensete* e *Musa* pertencem à subfamília

Musoideae, sendo que ao gênero *Musa* pertencem as bananeiras com frutos comestíveis. Segundo Valmaoyor et al. (1991) este gênero foi criado por Karl Linné, provavelmente em homenagem ao romano Antonius Musa, físico do primeiro imperador de Roma, Octavio Augustus.

O gênero *Musa* é subdividido nas seções *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodoclamys* e *Eumusa* de acordo com o número de cromossomos, de tal forma que o genoma com 11 cromossomos é característico de *Eumusa* e *Rhodoclamys*, enquanto que 10 cromossomos constituem o número básico de *Callimusa* e *Australimusa*. A seção *Eumusa* apresenta a maior dispersão geográfica e inclui as espécies: *Musa schyzocarpa* (Simmonds), *M. basjoo* (Siebold), *M. itinerans* (Cheesman), *M. nagensium* (Prain), *M. flaviflora* (Simmonds), *M. sikkimensis* (Kurz), *M. cheesmani* (Simmonds), *M. balbisiana* (Colla), *M. acuminata* (Colla) e *M. halabanensis* (Meijer) (TEZENAS du MONTCELL, 1988).

O gênero *Musa* foi classificado inicialmente por Linneu, em apenas duas espécies *Musa sapientum* e *Musa paradisiaca*. À primeira espécie pertencem as bananeiras cujos frutos são consumidos *in natura* ou crus, sendo classificadas como *Musa paradisiaca*, aquelas normalmente utilizadas cozidas ou fritas. Esta classificação, sem base científica, é notadamente artificial (SIMMONDS, 1966).

Segundo Cheesman (1948), *M. sapientum* corresponde a um clone em Trinidad conhecido como 'Silk Fig' e à 'Cambur Manzano', na Venezuela, enquanto que *M. paradisiaca* é o plátano 'Dominico' da Venezuela. Portanto, conclui o autor que Linneu não teve oportunidade de conhecer as diversas espécies e variedades de *Musa*, limitando-se em sua classificação aos clones citados anteriormente. Posteriormente foi feita a classificação da bananeira em base científica (SIMMONDS e SHEPHERD, 1955), enquadrando-as nas espécies *M. acuminata* Colla e *M. balbisiana* Colla, as quais deram origem a todas as outras bananeiras.

Quadro 1. Classificação do gênero *Musa* e espécies pertencentes às suas seções (CRONQUIST, 1981).

Classe	Liliopsida
Subclasse	Zingiberidae
Superordem	Lilianae
Ordem	Zingiberales
Família	Musaceae
Gêneros	<i>Musa</i> (n=10 ou 11) e <i>Ensete</i> (n=9)
Seções do gênero	
Musa:	
Eumusa (n=11)	<i>M. acuminata</i> Colla <i>M. balbisiana</i> Colla <i>M. basjoo</i> Siebold <i>M. chesmani</i> Simmonds <i>M. flaviflora</i> Simmonds <i>M. halabanensis</i> Meijer <i>M. intinerans</i> Cheesman <i>M. nagensium</i> Prain <i>M. schizocarpa</i> Simmonds <i>M. sikkimensis</i> Kurz
Rhodoclamys (n=11)	<i>M. laterita</i> Cheesman <i>M. ornata</i> Roxb <i>M. sanguinea</i> Hook <i>M. velutina</i> Wendl et Drude
Callimusa (n=10)	<i>M. borneensis</i> Beccari <i>M. coccinea</i> Andrews <i>M. gracilis</i> Holttum <i>M. violascens</i> Ridley
Australimusa (n=10)	<i>M. augustigemma</i> Simmonds <i>M. lolodensia</i> Cheesman <i>M. maclayi</i> F. V. Muele <i>M. peekeli</i> Lant <i>M. textilis</i> Nee

Além da definição de grupos genômicos, resultantes de combinações dos genomas (A) *Musa acuminata* e (B) *Musa balbisiana*, foi estabelecido o uso do termo 'subgrupos', para denominar um conjunto de cultivares provenientes de mutações de uma única cultivar original (SIMMONDS, 1973).

Evolução

A evolução da maioria das cultivares de bananeira ocorreu no continente Asiático, a partir da hibridação intra ou interespecífica de duas espécies selvagens diplóides, *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*, pertencentes à sessão *Eumusa* (SIMMONDS e SHEPHERD, 1955). Duas alterações determinam à domesticação da bananeira, a ocorrência de partenocarpia seguida da existência

esterilidade feminina, o que resultou no desenvolvimento dos frutos sem a necessidade da polinização (KAEMMER et al., 1997).

A bananeira, como todas as plantas, tem um ciclo de vida definido. A primeira fase começa com a geração de um proto-rebento em outra bananeira, mas como nos animais, o início da contagem de sua vida somente se faz com seu aparecimento ao nível do solo. Com seu crescimento, há a formação de uma bananeira que irá produzir um cacho, cujas frutas se desenvolvem, amadurecem e caem, verificando-se em seguida o secamento de todas as suas folhas, quando se diz que a planta morreu. A morte encerra o ciclo de vida, o qual também pode ser abreviado com a colheita do cacho (MOREIRA, 1999).

A maioria das cultivares de bananeira é proveniente de cruzamento natural das espécies selvagens *Musa acuminata* Colla, com genoma A, e *Musa balbisiana* Colla, com genoma B, apresentam níveis cromossômicos diplóides, triplóides ou tetraplóides, com 22, 33 ou 44 cromossomos, respectivamente, sendo que as ploidias superiores aos diplóides foram produzidas mediante o surgimento de óvulos não reduzidos. Considerando que grande parte das cultivares envolve genomas de *M. acuminata* e *M. balbisiana*, tornou-se praticamente impossível dizer qual seria a espécie de algumas das bananeiras cultivadas. Para contornar este problema, desenvolveu-se um sistema chamado de grupamento genômico, usando o termo espécie (*Musa* spp.) seguido do grupo genômico caracterizado pelas letras A e B, respectivamente, oriundos de *M. acuminata* e *M. balbisiana*. Se em uma cultivar existe mutações interessantes que venham a constituir uma ou várias novas cultivares, para este conjunto semelhante de genótipos, utiliza-se o termo subgrupo (SIMMONDS e SHEPHERD, 1955).

Valor Nutricional

O valor nutricional é um dos principais fatores que induzem o crescente interesse pelo consumo de frutas. Estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedades antioxidantes que podem estar relacionadas com o retardo do envelhecimento e a prevenção de certas doenças, entre elas alguns tipos de câncer. Estudos têm demonstrado que compostos

antioxidantes, tais como os β -carotenos, polifenóis, flavonóides e vitamina C, têm contribuído para a atividade antioxidante desses vegetais (WANG et al., 1997).

As cultivares mais utilizadas no Brasil são: Maçã, Prata, Pacovan, Prata-Anã, Mysore, Terra e D'Angola, pertencentes ao grupo genômico AAB, e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, utilizadas principalmente para exportação. Em geral, essas cultivares não apresentam quantidades significativas de algumas substâncias com potencial terapêutico, entre elas polifenóis, vitamina C e carotenóides. Por outro lado, são encontrados relatos na literatura indicando a existência de genótipos de banana ricos nestas substâncias (SETIAWAN et al., 2001; SOMEYA et al., 2002; ENGLBERGER et al. 2003a, 2003b e 2003c; WALL, 2006; DAVEY et al., 2007; AMORIM et al., 2007; AMORIM et al., 2009a).

Charrock e Lutsy (2000) avaliaram a composição química de banana e plátano e compararam o seu valor nutricional com batata doce, batata, mandioca e maçã. O conteúdo de vitamina C foi similar ao encontrado nas outras espécies (18,4 mg), já o conteúdo de vitamina A foi variável, sendo maior em plátano (1,127 UI) comparado com banana (81 UI).

Amorim et al. (2007) avaliaram 12 genótipos de banana, quanto ao teor de polifenóis totais, e obtiveram uma média de 46,68 mg 100 g⁻¹, com valores variando entre 21,58 mg 100 g⁻¹ para o triplóide Ambei a 120,97 mg 100 g⁻¹ para o diplóide Khai. Setiawan et al. (2001) avaliaram o conteúdo de carotenóides de 18 fruteiras utilizadas rotineiramente na alimentação de crianças na Indonésia, entre elas: maçã, banana, laranja, mamão, abacaxi e melão. Dentre os carotenóides conhecidamente precursores da vitamina A (γ e β -caroteno), a banana apresentou maiores níveis de β -caroteno (100 μ g 100 g⁻¹).

Englberger et al. (2003a, 2003b e 2003c) identificaram genótipos de banana com elevados níveis de β -caroteno, quando comparados com cultivares do grupo Cavendish, responsáveis por aproximadamente 41% de toda a produção mundial de banana. Esses genótipos (Karat e Uht em Yap, *Musa troglodytarum*, série Australimusa) apresentaram até 275 vezes mais carotenóides que Cavendish e foram identificados em comunidades locais nas ilhas da Micronésia.

Wall (2006) comparou os teores de vitamina C, vitamina A (carotenóides) e a composição mineral da banana 'Maçã' (triplóide AAB) com a cultivar Williams (triplóide AAA, grupo Cavendish). A banana 'Maçã' apresentou três vezes mais vitamina C (12,7 mg 100 g⁻¹) que a 'Williams' (4,5 mg 100 g⁻¹). Em relação ao

conteúdo de carotenóides, a cultivar Maçã apresentou 96,9 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de β -caroteno e 104,9 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de γ -caroteno, já a Williams teve 55,7 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ e 84,0 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ respectivamente de β e γ -caroteno.

Germoplasma e melhoramento genético da bananeira

O melhoramento genético da bananeira foi iniciado em Honduras, Trinidad e Jamaica na década de 1930, e apresentava como objetivos criar novas cultivares resistentes à murcha de *Fusarium* (mal-do-Panamá) tendo como resultado a obtenção de híbridos tetraplóides (AAAA) oriundos do cruzamento de uma cultivar triploide (Gros Michel, genoma AAA) com um diplóide (AA) selvagem. Tal sistema de hibridação ainda é universalmente utilizado, com resultados satisfatórios. Posteriormente passou-se a objetivar também a resistência às sigatokas. No início da década de 1930, foi obtido o primeiro híbrido tetraploide resistente ao *Fusarium* e à Sigatoka (SILVA, 1999). Desde então, programas de melhoramento de bananeira foram iniciados em vários países, objetivando a produção de cultivares com resistência a pragas e melhoria da qualidade dos frutos. Assim, híbridos de bananeira têm sido desenvolvidos em Honduras pela FHIA (*Fundación Hondureña de Investigación Agrícola*), na Nigéria pelo IITA (*Internacional Institute of Tropical Agriculture*), no Brasil pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, na Índia pela Tâmil Nadu, Agricultural University, e em Guadalupe pelo CIRAD (*Centre de Cooperation Internationale em Recherche Agronomique pour Le Developpment*). Em nível internacional, a INIBAP (*Interacional Network for the Improvemnet of Banana and Plantain*), atual Bioversity, tem a função de coordenar os diferentes programas de melhoramento e também, promover o intercâmbio de germoplasma (CRESTE, 2004).

O melhoramento genético convencional de bananeira está baseado no desenvolvimento de diplóides melhorados com boas características agrônômicas e resistência a pragas (VUYLSTEKE, 1985). Sendo assim, o processo inicia-se com a hibridação e seleção de recombinantes em nível diplóide, cujo objetivo é concentrar em um mesmo genótipo, um maior número de caracteres desejáveis.

Para a produção de cultivares tri e tetraplóides são consideradas quatro classes de hibridação (DANTAS et al., 1999):

1) Triplóides resultantes de cruzamentos de diplóides com diplóides, com a recombinação apenas no genitor diplóide masculino. Poucos resultados práticos têm sido obtidos por meio dessa metodologia;

2) Tetraplóides resultantes de cruzamentos entre tetraplóides com segregação nos dois parentais. O pólen diplóide, dos tetraplóides de bananeiras espontâneas tetraplóides, apresenta uma variabilidade bem reduzida, que raramente permite a autofertilização ou a fertilização de outros tetraplóides;

3) Triplóides resultantes de cruzamentos entre tetraplóides e diplóides, com segregação de dois parentais. Existe uma grande variabilidade, porém há uma necessidade de um grande número de plantas para que seja realizada uma seleção eficiente;

4) Tetraplóides resultantes do cruzamento entre triplóides e diplóides, com recombinação apenas do parental masculino diplóide. Os diplóides melhorados com resistência a pragas, além de caracteres agrônômicos desejáveis, são cruzados com cultivares triplóides com esterilidade parcial, produzindo híbridos di, tri, tetra e heptaplóides (com 22, 33, 44 e 77 cromossomos, respectivamente). Essa metodologia é amplamente utilizada pelos programas de melhoramento de bananeira.

Melhoramento genético na Embrapa

O melhoramento genético de bananeira, iniciado na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical em 1983, baseia-se principalmente no melhoramento de diplóides (AA), e posterior cruzamento destes com triplóides AAB do tipo Prata e Maçã gerando tetraplóides AAAB. Tem como objetivo desenvolver variedades resistentes a pragas e nematóides, produtivas, com reduzidos porte de planta e ciclo da cultura, mantendo o sabor Prata e Maçã dos frutos. Ao longo dos seus 26 anos, o programa de melhoramento genético da bananeira recomendou as cultivares Caipira, Thap Maeo, FHIA 18, Prata Graúda, Prata Baby (Nam), Pacovan Ken, Japira, Vitória, Preciosa, Tropical, Maravilha, Caprichosa, Garantida e Princesa. Modernas ferramentas moleculares, como a mutação, a duplicação de cromossomos, a hibridação somática e a transgenia, foram associadas ao melhoramento genético convencional com o objetivo de se obter novos tipos de banana (SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2008).

O melhoramento de diplóide consiste no cruzamento de parentais selecionados para características desejáveis e que apresentam gametas masculinos e ou femininos férteis obtendo-se assim híbridos também diplóides (primários). Ex: $2x \times 2x \Rightarrow 2x$ (primário). Ao longo de 26 anos foram gerados centenas de diplóides e selecionados 99, dos quais 33 estão sendo usados no melhoramento de diplóides e de cultivares triplóides e tetraplóides por apresentarem resistência a pragas e boas características agronômicas.

Os triplóides compreendem as principais cultivares de banana atualmente em uso. Os estudos em torno da produção de novas cultivares $3x$, a partir de estoques diplóides, entretanto, têm sido efetuados em escala reduzida, embora seja o modo suposto de evolução das cultivares triplóides existentes. Para a execução destes estudos, depende-se inicialmente da identificação de diplóides com produção substancial de sacos embrionários não reduzidos e viáveis, que também apresentem algumas das qualidades de uma boa cultivar. Essas qualidades são necessárias, visto que este diplóide contribuirá com dois terços do genótipo de cada triplóide produzido. Uma outra alternativa é o uso de triplóides resultantes de cruzamentos entre tetraplóides e diplóides, também com segregação nos dois parentais, a partir do uso de pólen A de diplóides (SILVA et al., 2002).

A produção de tetraplóides a partir de triplóides tem sido a metodologia básica aplicada desde o início dos trabalhos de melhoramento genético de bananeira por hibridação. A técnica foi usada inicialmente para produção de híbridos tetraplóides a partir de triplóides AAA (Gros Michel) polinizados por pólen do genoma A. Atualmente vem sendo amplamente empregada em cultivares AAB. A produção de tetraplóides a partir de triplóides envolve a fertilização de um óvulo triplóide por um pólen haplóide ($3x \times 2x \Rightarrow 4x$) (SILVA et al., 2002).

A maioria das variedades comestíveis usadas no comércio é triplóide com variável grau de partenocarpia e esterilidade (FORTESCUE e TURNER, 2005). Grande parte delas apresenta o genoma B (AAB, ABB) sendo as mais produzidas mundialmente, no entanto, o mercado internacional utiliza basicamente cultivares do subgrupo Cavendish (AAA), por apresentar alto rendimento, boa palatabilidade e qualidade dos frutos, apesar de serem suscetíveis a algumas pragas.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical possui um Banco Ativo de Germoplasma de Bananeira (BAG banana) com aproximadamente 300 acessos, cujas freqüências dos grupos genômicos estão apresentadas na Figura 1.

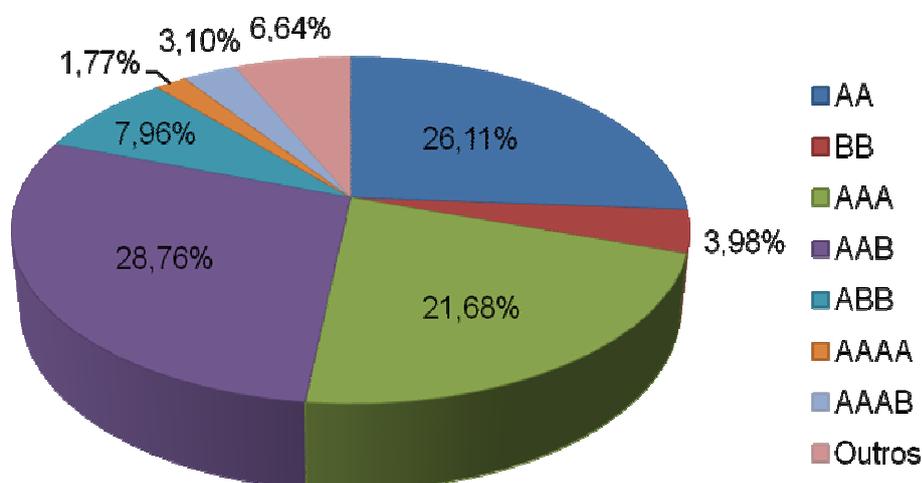


Figura 1. Freqüência dos grupos genômicos de bananeira presentes no Banco de Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

Avaliações Agronômicas

A bananeira é uma das plantas que se desenvolvem bem em climas quentes e úmidos, típicos de regiões tropicais. Possui uma grande velocidade de crescimento e seu vigor vegetativo só se expressa em condições ecológicas propícias. Os mecanismos de crescimento e desenvolvimento controlam o desempenho das diferentes cultivares e são condicionados pelas características genéticas intrínsecas e pelos fatores ambientais. Do ambiente provêm os ingredientes necessários aos processos fisiológicos, mas os fatores internos de cada planta é que ditam o padrão de utilização dos recursos ambientais disponíveis (PEREIRA e MACHADO, 1987), sendo o crescimento um aumento irreversível do tamanho e que resulta em aumento da massa, forma, superfície, volume ou unidades estruturais (REIS e MÜLLER, 1979).

Para se obter uma boa produtividade faz-se necessário o estabelecimento das plantas no campo, com um manejo racional da cultura. Assim, o

conhecimento do desempenho da cultura torna-se uma ferramenta que favorece avaliar a resposta à utilização de insumos e que possibilitem condições de expressar o potencial produtivo. A caracterização agrônômica torna-se indispensável no que se refere à avaliação da variabilidade existente. Para isso, uma série de características é mensurada em diferentes condições edafoclimáticas, tais como: altura da planta; diâmetro do pseudocaule; número de filhos; data da floração; data da colheita; peso do cacho; peso de pencas; peso médio de frutos; número de pencas; número de frutos por cacho; comprimento do fruto; diâmetro do fruto e presença das sigatocas amarela e negra (SILVA et al., 1999).

A caracterização e avaliação do comportamento de genótipos de bananeira, com posterior seleção dos mais produtivos, resistentes às pragas e adaptados às diferentes condições edafoclimáticas, são etapas essenciais ao programa de melhoramento genético e constituem-se numa solução significativa para incrementos em produtividade e qualidade nos sistemas de produção (DONATO et al., 2003). Assim, para a seleção de uma boa cultivar faz-se necessárias avaliações dos genótipos em vários locais.

Uso de marcadores moleculares em bananeira

Para o sucesso de um programa de melhoramento, a existência de variabilidade genética para os caracteres de interesse é fundamental (AMORIM et al., 2009a). Desta forma, a caracterização agrônômica associada ao uso de modernas ferramentas moleculares pode disponibilizar informações úteis para o melhorista de plantas.

Os marcadores de DNA são uma excelente ferramenta para o melhorista na escolha de genitores para cruzamentos; na quantificação da variabilidade disponível; na seleção assistida por marcadores e no mapeamento de genes de interesse. A associação entre informações derivadas de marcadores moleculares e aquelas obtidas a partir de características agrônômicas apresenta potencial para maximizar os ganhos genéticos ao longo das gerações no processo de seleção.

Dentre as técnicas moleculares, destacam-se os marcadores baseados em hibridação, tais como os RFLP's (*Restriction Fragment Length Polymorphism*) e

os derivados PCR (*Polimerase Chain Reaction*), como o RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) e o SSR's (*Simple Sequence Repeats*) (GUIMARÃES et al., 2004).

Utilizando marcadores RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), Pillay et al. (2001) estimaram a variabilidade genética e o relacionamento genético entre 31 cultivares de banana, sendo 27 triplóides AAA, um triplóide AAB (plátano), dois diplóides AB e um diplóide AA. Os marcadores RAPD separaram os genótipos triplóides (AAA e AAB) dos diplóides AA e AB, favorecendo a seleção de pais para o melhoramento genético da cultura.

Creste et al. (2004) utilizaram marcadores SSR para investigar a variabilidade genética e o relacionamento genético entre 58 genótipos de bananeira, incluindo 49 diplóides (selvagens e cultivados) e nove triplóides, mantidos na coleção de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Os diplóides apresentaram grande variabilidade genética. A partir do dendrograma foi possível observar a formação de dois grandes grupos, um constituído pelos genótipos diplóides e outro com triplóides. Entretanto, não foi possível separar os diplóides selvagens dos cultivados. Trabalho semelhante foi realizado por Wan et al. (2005) buscando comparar 13 genótipos selvagens de banana, coletados em diferentes regiões de Myanmar, com 11 cultivares de banana comerciais, disponibilizados pelo INIBAP (International Network for Improvement of Banana and Plantain). Dois grupos foram formados mostrando uma separação clara entre os genótipos de Myanmar e os disponibilizados pelo INIBAP, indicando que o germoplasma de origem diferente apresenta uma série de características distintas.

Jesus et al. (2006) caracterizaram molecularmente (RAPD e SSR) 14 cultivares de bananeira adaptadas, desenvolvidas e recomendadas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, que pertencem a diferentes grupos genômicos e possuem resistência variada a diversas pragas. Os marcadores foram capazes de separar as cultivares, segundo a origem e os grupos genômicos. Em um grupo, foram inseridos todos os genótipos portadores do genoma A, e no outro foram agrupados todos os genótipos triplóides e tetraplóides portadores dos genomas A e B, incluindo, nesse último, todos os híbridos tetraplóides avaliados.

Amorim et al. (2008) estimaram a divergência genética entre diplóides de bananeira, incluindo genótipos melhorados, cultivados e selvagens, por meio de

15 marcadores microssatélites. Foi detectada ampla variabilidade genética entre os genótipos, sendo que alguns diplóides agruparam juntos com base em sua origem geográfica. Os mesmos autores genotiparam 21 diplóides, 19 triplóides e dois tetraplóides de bananeira com teores variáveis de carotenóides por meio de marcadores DArT (Amorim et al., 2009a). Os autores concluíram que é possível planejar cruzamentos visando desenvolver populações segregantes para o caráter, ou mesmo, desenvolver cultivares tri ou tetraplóides ricos nessa substância.

Ao avaliar 11 diplóides melhorados de bananeira por meio de características agronômicas e marcadores SSR, Amorim et al., (2009b) encontraram alto grau de divergência genética por meio da distância generalizada de Mahalanobis. As características altura de planta, número de pencas, número de frutos e diâmetro do pseudocaule contribuíram com grande parte da divergência genética observada. A variabilidade genética observada por meio dos marcadores SSR refletiu a estimada a partir das características agronômicas.

Em banana, alguns trabalhos têm sido realizados com o objetivo de estimar a variabilidade genética disponível aos programas de melhoramento com uso de marcadores moleculares, a partir da avaliação do germoplasma não melhorado ou elite que é o utilizado nos cruzamentos (WANG et al. 2007; NSABIMANA et al., 2007; AMORIM et al., 2008; AMORIM et al., 2009a; AMORIM et al., 2009b).

Referências Bibliográficas

AMORIM, E. P.; LESSA, L.S.; LEDO, C. A. S.; AMORIM, V. B. de O. ; REIS, R.V. dos; SANTOS-SEREJO, J. A. DOS ; SILVA, S. O.. Caracterização agronômica e molecular de genótipos diplóides melhorados de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 154-161, 2009a.

AMORIM, E.P.; COHEN, K.O.; AMORIM, V.B.O.; SANTOS-SEREJO, J.A.; SILVA, S.O.; VILARINHOS, A.D.; MONTE, D.C.; PAES, N.S.; REIS, R.V. The genetic diversity of carotenoid-rich bananas measured by Diversity Arrays Technology (DArT). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, 2009b.

- AMORIM, E.P., RAMOS, N.P., UNGARO, M.R.G., KIIHL, T.A.M. Divergência genética em genótipos de girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1637-1644, 2007.
- AMORIM, E.P.; REIS, R.V.; AMORIM, V.B.O.; SANTOS-SEREJO, J.A.; SILVA, S.O. Variabilidade genética estimada entre diplóides de banana por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1045-1052, 2008.
- BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L. **El cultivo del plátano en trópico**. Cali, Colômbia: ICA, 1991. 375 p.(ICA. Manual de Assistência Técnica, 50).
- CARVALHO, P.C.L. **Estabelecimentos de descritores botânico-agronômico para caracterização de germoplasma de banana (*Musa spp.*)**. 1995. 174p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Universidade Federal da Bahia /Escola de Agronomia, Cruz das Almas-BA, 1995.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecologia de fruteiras tropicais**. São Paulo: Nobel, v. 1, 1988.
- CHARROCK, S.; LUTSY, C. Nutritive value of banana. **INIPAB Annual Report**. INPAB: Montpellier, 2000. p. 28-31.
- CHEESMAN, E.E. Classification the bananas. III. Critical notes on species (c) *M. paradisiaca*, *M. sapientum*. **Kew Bulletin**, London, v. 2, p. 147-53, 1948.
- CORDEIRO, Z.J.M, BORGES A.L. Doenças. A cultura da banana: aspectos técnicos; socioeconômicos e agroindustriais. Brasília. Embrapa –SPI - Cruz das Almas. Embrapa CNPMF, 1997. p 353 a 407.
- CRESTE, S.; NETO, A.T.; VENCOVSKY, R.; SILVA, S.O.; FIGUEIRA, A. Genetic diversity of *Musa* diploid and triploid accessions from the Brazilian banana breeding program estimated by microsatellite markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 5, n. 7, p. 723-733, 2004.
- CRONQUIST, A. The divisions and classes of plants. **Botanical Review**, New York, v.26, n. 4, p. 425-482, 1981.
- DANTAS, A.C.V.L.; DANTAS, J.L.L.; ALVES, E.J. Estrutura da Planta. In: ALVES, E.J. **A cultura da Banana**. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 1999. p. 47-60.
- DAVEY, M.W.; STALS, E.; NGOH-NEWILAH, G.; TOMEKPE, K.; LUTSY, C.; MARKHAM, R.; SWENNEN, R.; KEULEMANS, J. Sampling strategies and variability in fruit pulp micronutrient contents of West and Central African bananas

and plantains (*Musa* sp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.55, n.7, p.2633-2644, 2007.

DONATO, S.L.R.; SILVA, S.O.; PASSOS, A.R.; LIMA NETO, F.P.; LIMA, M.B. Avaliação de variedades e híbridos de bananeira sob irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 348-351, 2003.

ENGLBERGER, L.; DARNTON,-HILL, I.; COYNE, T.; FITZGERALD, M.H.; MARKS, G.C. Carotenoid-rich bananas: a potential food source for alleviating vitamin A deficiency. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v.24, n.4, p.303-318, 2003.

ENGLBERGER, L.; SCHIERLE, J.; MARKS, G.C.; FITZGERALD, M.H. Micronesian banana, taro, and other foods: newly recognized sources of provitamin A and others carotenoids. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.16, n.1, p.3-19, 2003b.

ENGLBERGER, L.; AALBERSBERG, W.; RAVI, P.; BONNIN, E.; MARKS, G.C.; FITZGERALD, M.H.; ELYMORE, J. Further analyses on Micronesian banana, taro, breadfruit and other foods for provitamin A carotenoids and minerals. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.16, n.1, p.219-236, 2003c.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. Acessado em: 21/01/2009. Disponível em: www.faostat.fao.org/site/340/default.aspx

FORTESCUE, J.A.; TURNER, D.W.. Growth and development of ovules of banana, plantain and enset (*Musaceae*). **Scientia Horticulturae**, Elsevier,. v. 104, p. 463-478, 2005.

GUIMARÃES, C. T.; PADILHA, L.; SOUZA, I.R.P.; PAIVA, E. “**Fingerprinting**” **Molecular de linhagens de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 4p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 92).

JESUS, O.N. de; CÂMARA, T.R.; FERREIRA, C.F.; SILVA, S. de O. e; PESTANA, K.N.; SOARES, T.L. Diferenciação molecular de cultivares elites de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1739-1748, 2006.

KAEMMER, D.; FISCHER, D.; JARRET, R.L.; BAURENS, F.C.; GRAPIN, A.; DAMBIER, D.; NOYER, J.L.; LANAUD, C.; KAHL, G.; LAGODA, P.J.L. Molecular breeding in genus *Musa*: a strong case for STMS marker technology. **Euphytica**, Dordrecht, Netherlands, v.96, p.49-63, 1997.

- MOREIRA, R. S. **Banana - teoria e prática de cultivo**. São Paulo: Fundação Cargill, 2a edição. 1999.
- MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas, Fundação Cargill, 335p, 1987.
- NSABIMANA, A.; STADEN, J. van. Assessment of genetic diversity of Highland bananas from the National Banana Germplasm Collection at Rubona, Rwanda using RAPD markers. **Scientia Horticulturae**, Elsevier, v.113, p.293-299, 2007.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33p.
- PILLAY, M.; OGUNDIWIN, E.; NWAKANMA, D.C.; TENKOUANO, G.U.A. Analysis of genetic diversity and relationships in East African banana germplasm. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.102, n.6-7, p.965-670, 2001.
- REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas**. Mensuração do crescimento. Belém: FCAP, 1979. 39 p.
- SETIAWAN, B.; SULAEMAN, A.; GIRAUD, D.W.; DRISKELL, J.A. Carotenoid content of selected Indonesian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.14, n.2, p.169-176, 2001.
- SHEPHERD, K. **Taxonomia e caracterização de cultivares de banana**. Cruz das Almas, BA: Embrapa CNPMF, 5p, 1984.
- SILVA, S. de O. e; MORAIS, L.S.; SANTOS-SEREJO, J.A. Melhoramento genético de bananeira para resistência a doenças. In: ROMÃO, R.L.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). Recursos genéticos vegetais no Estado da Bahia. Feira de Santana: UEFS, 2005. p.49-67.
- SILVA, S. O. ; ALVES, E. J.; LIMA, M. B.; SILVEIRA, J. R. S. **Bananeira**. In: BRUCKNER, C.H. Melhoramento de Fruteiras Tropicais. Viçosa: UFV, p.101-157, 2002.
- SILVA, S.O.; CARVALHO, P.C.L.; CARVALHO, J.A.B.S.; SHEPHERD, K. **Catálogo de germoplasma de bananeira (Musa spp.)**. Cruz das Almas: Embrapa - CNPMF, 1999. v.1. 140 p.
- SILVA, S.O.; PEREIRA, L.V.; RODRIGUES, M.G.V. Variedades. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, p. 78-83, 2008.
- SIMMONDS, N. W.; SHEPHERD, K. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. **The journal of the Linnean Society of London**, London, v. 55, p. 302-12, 1955.

- SIMMONDS, N.W. **Bananas**. 2. Ed. London: Longmans, 1966. 512p.
- SIMMONDS, N.W. **Los plátanos**. Barcelona: Blume, 1973. 539p.
- SOMEYA, S.; YOSHIKI, Y.; OKUBO, K. Antioxidant compounds form bananas (*Musa Cavendish*). **Food Chemistry**, London, v.79, n.3, p.351-354, 2002.
- SOUZA, A. S.; DANTAS, J. L. L.; SOUZA, F. V. D.; CORDEIRO, Z. J. M.; SILVA NETO, S. P. Propagação. In ALVES, E. J. **A cultura da Banana**. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1999. p. 151-195.
- TAKHTAJAN, A. L. Phylogenetic principles of the system of higher plants. **Botanical Review**, New York, v.59, n.1, p.1-145, 1953.
- TEZENAS DU MONTCEL, H. *Musa acuminata* subspecie banksii status and diversity. In: WORKSHOP ON IDENTIFICATION OF GENETIC DIVERSITY IN THE GENUS MUSA, 1988 Montpellier. **Proceedings....** Montpellier. INIBAP. 1988, p 12
- VALMAYOR, R.V.; SILAYOI, B.; JAMALUDDIN, S.H.; KUSUMO, S.; ESPINO, R.R..C.; PASCUA, D.C. **Banana classification and comercial cultivars in Southest Asia**. Los Banos, Laguna: PCARRD, 1991. 20p. (Information Bulletin, 24).
- VUYLSTEKE, D.; LANGHE, E. de. Feasibility of *in vitro* propagation of bananas and plantains. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 62, n. 4, p. 323-328, out. 1985.
- WALL, M. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.19, n.3, p.434-445, 2006.
- WAN, Y.; WATANABE, J.A.; YI, S.S.; HTAIK, T.; WIN, K.; YAMANAKA, S.; NAKAMURA, I.; WATANABE, K.N. Assessment of genetic diversity among de major Myanmar banana landraces. **Breeding Science**, Madison, v.55, n.3, p.365-369, 2005.
- WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Oxigen radical absorbing capacity of anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, n.2, p.304-309, 1997.
- WANG, X.L.; CHIANG, T.Y.; ROUX, N.; HAO, G.; GE, X.J. Genetic diversity of wild banana (*Musa balbisiana* Colla) in china as revealed by AFLP markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht-Holanda, v.54, p.1125-1132, 2007.

Capítulo I

Caracterização agronômica, física e química de frutos de acessos de bananeira¹

¹ Artigo submetido à revista Ciência Agrotecnologia

Caracterização agronômica, física e química de frutos de acessos de bananeira¹

LORENNALVES MATTOS²;

SEBASTIÃO DE OLIVEIRA E SILVA³;

EDSON PERITO AMORIM⁴;

KELLY DE OLIVEIRA COHEN⁵;

TAMYRES BARBOSA DO AMORIM⁶.

Resumo: A banana é uma fruta tropical muito apreciada devido às suas características sensoriais e riqueza de nutrientes. O objetivo do trabalho foi caracterizar 26 acessos de bananeira, em relação às características agronômicas (altura da planta - ALP, diâmetro do pseudocaule - DPC, número de filhos na floração - NFI, número de folhas na colheita - NFC, comprimento do engaço - CEG, diâmetro e peso do engaço DIE e PSE respectivamente, número de pencas por cacho - NPC, número de frutos - NFR, peso do cacho - PSC), físicas e químicas dos frutos (comprimento, diâmetro e peso do fruto CFR, DIF, PFR respectivamente e peso da polpa - PPO, diâmetro da polpa - DIP, espessura da casca - ESC, firmeza da polpa - FIP, teores de sólidos solúveis - SS, pH, acidez titulável, vitamina C, carotenóides totais, flavonóides e polifenóis). Foi também avaliada a resistência a Sigatoka amarela. Usou-se um delineamento inteiramente casualizado com três repetições por acesso e médias agrupadas pelo teste Scott Knott (5%). Houve a formação de agrupamentos para todas as características,

² Engenheira Agrônoma. Mestre. Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina s/n. Bairro Novo Horizonte. CEP: 44036 900. Feira de Santana-BA, lorennamattos@yahoo.com.br.

³ Engenheiro Agrônomo. Doutor em Melhoramento Genético de Plantas. Pesquisador. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Rua Embrapa s/n. Bairro Chapadinha. CEP: 44380 000. Cruz das Almas-BA, ssilva@cnpmf.embrapa.br.

⁴ Engenheiro Agrônomo. Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas. Pesquisador. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Rua Embrapa s/n. Bairro Chapadinha. CEP: 44380 000. Cruz das Almas-BA, edson@cnpmf.embrapa.br.

⁵ Engenheira Química. Doutora em Tecnologia de Alimentos. Pesquisadora. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Rua:Av. W5 Norte (final) Cx P: 02372, CEP: 70770-900- Brasília, DF. cohen@cenargen.embrapa.br

⁶ Graduada em Engenharia Agrônômica. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Campus Universitário. CEP: 44380 000. Cruz das Almas - BA, tamyufrb@yahoo.com.br.

exceto para número de filho e acidez titulável. A ALP variou de 1,44 m para o triplóide Walha a 3,54 m para o tetraplóide Ambrosia e para o PSC a média foi de 7,78g. Os flavonóides totais dos 26 acessos de bananeira apresentaram média de 2,25 mg 100 g⁻¹ e a variação foi de 0,85 mg 100 g⁻¹ Maravilha a 6,64 mg 100 g⁻¹ Teparod. Observa-se uma ampla variabilidade genética para todas as variáveis estudadas.

Termo para indexação: *Musa* spp., Variabilidade, Compostos funcionais.

Agronomic, physical and chemical characterization of fruits from banana accessions

Abstract: Bananas are tropical fruits appreciated by their sensorial characteristics and richness in nutrients. The objective of the present work was to characterize 26 banana accessions according to the following characteristics: agronomic (plant height – PLH, pseudostem diameter – PSD, number of siblings during flowering – NSF, number of leaves during harvest – NLH, stem length – SL, diameter and weight of stem DS and WS, respectively, number of hands per bunch – NHB, number of fruits – NF, weight of bunch – WB), physical and chemical of fruits (length, diameter and weight of fruit – LF, DF, WF, respectively and weight of pulp – WP, pulp diameter – PD, width of peel – WP, pulp firmness – PF, soluble solids content – SSC, pH, tritable acidity, vitamin C, total carotenoids, flavonoids and polyphenols). Yellow-Sigatoka resistance was also evaluated. The experiment was carried out in complete random blocks with three replicates per accession and averages grouped by the Scott knott test at 5% probability. Groups were formed for all characteristics, except for the number of siblings and tritable acidity. The PLH varied from 1.44m for the Walha triploid to 3.54 m for the Ambrosia tetraploid and for the BW the average was 7.78g. Total flavonoids for the 26 banana accessions presented an average of

2.25 mg 100 g⁻¹ and the variation was from 0.85 mg 100 g⁻¹ for Maravilha to 6.64 mg 100 g⁻¹ for Teparod. A broad genetic variation was observed for all the variables studied.

Index terms: *Musa* spp., variability, functional elements.

Introdução

A banana é a segunda fruta mais consumida no Brasil, perdendo apenas para a laranja. Em relação ao seu papel social, a cultura é explorada por pequenos empresários rurais, permitindo a fixação de mão-de-obra no campo, uma vez que se constitui em uma fonte de renda contínua.

O Brasil é o quarto produtor mundial de banana, tendo produzido 7,0 milhões de toneladas em 2006, em uma área aproximada de 500 mil hectares. A Índia produziu, no mesmo período, 11,7 milhões de toneladas em 400 mil hectares (FAO, 2009). A baixa produtividade brasileira está associada à falta de variedades comerciais que apresentem, concomitantemente, porte baixo, tolerância à seca e ao frio, boas características pós-colheita, resistência às pragas e doenças (SILVA et al., 2002a).

Normalmente, a produção de banana está baseada em cultivares triplóides, porém, os genótipos diplóides revestem-se de importância, uma vez que são fontes de alelos de resistência/tolerância a fatores bióticos e abióticos (JENNY et al., 1999). Os programas de melhoramento de bananeira, usando esses genótipos, que são cruzados com cultivares triplóides comerciais, têm gerado híbridos tetraplóides promissores que apresentam características agrônomicas de interesse e alta qualidade física e química dos frutos (SILVA et al., 2002a).

A caracterização agrônômica, física e química dos frutos gera informações úteis, tanto na escolha de genitores divergentes para cruzamentos, quanto na seleção dos genótipos diplóides elites visando o desenvolvimento de híbridos melhorados.

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar 26 acessos de bananeira incluindo diplóides, triplóides e tetraplóides, em relação às características agronômicas e físicas e químicas dos frutos.

Material e Métodos

1. Material vegetal

Foram utilizados 26 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Bananeira (BAG banana) da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas-BA incluindo diplóides selvagens e melhorados, triplóides e tetraplóides (Tabela 1).

2. Caracterização agronômica

O experimento foi conduzido no período de abril de 2007 a junho de 2008. A cultura foi conduzida em espaçamento 3 m x 2 m, sem irrigação e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas.

Foram avaliadas três plantas por acesso sob delineamento completamente casualizado. As avaliações foram realizadas considerando as seguintes características agronômicas descritas por Silva et al. (2002a): altura da planta expressa em m (ALP); diâmetro do pseudocaule expresso em cm (DPC); número de filhos na floração (NFI); número de folhas na colheita (NFC); comprimento do engaço expresso em cm (CEG); diâmetro do engaço expresso em mm (DIE); peso do engaço expresso em g (PSE); número de pencas por cacho (NPC); número de frutos (NFR); peso do cacho expresso em kg (PSC).

A avaliação de Sigatoka amarela foi efetuada em condições de infestação natural no campo na época do florescimento (SIF) e da colheita (SIC), seguindo metodologia proposta por Stover (1972), modificada por Gauhl et al. (1993). Foi usada a seguinte escala descritiva: 0: sem sintomas; 1: de 1 a 10% da lâmina foliar com sintomas; 2: de 11 a 30% da lâmina foliar com sintomas; 3: de 31 a 50% da lâmina foliar com sintomas; 4: de 51 a 70% da lâmina foliar com sintomas; 5: mais de 70% da lâmina foliar com sintomas.

3. Caracterização física e química dos frutos

Foram realizadas as seguintes análises físicas: comprimento do fruto expresso em cm (CFR); diâmetro do fruto, expresso em cm (DIF); peso do fruto (PFR) e da polpa (PPO) expressos em g; diâmetro da polpa, expresso em cm (DIP); espessura da casca expressa em mm (ESC); firmeza da polpa expressa em Lb (FIP); teores de sólidos solúveis, expresso em °Brix (SS); pH e acidez titulável (ACT), segundo a AOAC (1997). Para a realização das análises químicas dos frutos, foi retirada uma amostra de polpa de cada fruto, composta de um pedaço central e das duas extremidades. Os pedaços foram triturados em liquidificador doméstico, adicionando-se água na proporção de 1:2 (polpa:água) (DADZIE e ORCHARD, 2003). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A Vitamina C (VIT) foi analisada seguindo a metodologia proposta por Terada et al. (1979) com os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹, os carotenóides totais (CTN) foram avaliados segundo Rodriguez-Amaya (1999) com resultados em µg.g⁻¹ (CTN) e para análise dos flavonóides, expressos em mg 100g⁻¹(FLA) usou-se o método de Rijke et al., (2006)). A extração dos polifenóis expresso em mg 100g⁻¹(PLF) das amostras procedeu-se em soluções de metanol 50% e acetona 70%, conforme descrito por Larrauri et al. (1997) e a quantificação foi realizada em espectrofotômetro utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, de acordo com a metodologia de Obanda e Owuor (1997).

4 . Análise dos dados agrônômicos e físico-químicos dos frutos

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5%, utilizando-se o aplicativo estatístico-computacional Genes (CRUZ e SCHUSTER, 2004).

Resultados e Discussão

Pela análise de variância constatou-se que houve diferenças significativas entre as médias dos acessos de bananeira para todas as características agronômicas avaliadas, exceção ao número de filhos na colheita (NFI) (Tabela 1). O coeficiente de variação oscilou de 9,12% (DPC) a 57,08% (NFI). Esses valores estão dentro da faixa observada para as mesmas características por Amorim et al. (2009).

A altura de planta (ALP) variou de 1,44 m para o triplóide Walha (Genoma AAB) a 3,54 m para o híbrido tetraplóide Ambrosia (Genoma AAAA), com média de 2,79 m (Tabela 1). Por meio do teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), houve a formação de quatro agrupamentos, com o diplóide melhorado 2803-01 (Tuugia x Calcutta) e o triplóide Walha, classificados no último grupo, com os menores valores para esse caráter. Pelos dados, percebe-se ampla variabilidade genética para altura de planta entre os acessos analisados, fato positivo para o melhoramento desta fruteira, uma vez que é possível identificar parentais diplóides para hibridação visando o desenvolvimento de híbridos de porte reduzido.

Para o diâmetro do pseudocaule, a média ficou em 17,76 cm, com maiores valores para os tetraplóides Ambrosia e Calipso do primeiro agrupamento (Tabela 1). Essa característica está relacionada ao vigor e a resistência à quebra do pseudocaule, refletindo a capacidade de sustentação do cacho. Genótipos que apresentam maior diâmetro do pseudocaule são menos suscetíveis ao tombamento (SILVA et al., 2002a; DONATO et al., 2003). Por serem plantas delgadas, os diplóides apresentaram médias baixas para diâmetro de pseudocaule, com os menores valores observados para os diplóides 2803-01e Idu-110, classificados no último grupo.

Tabela 1. Médias de seis características agronômicas avaliados em 13 acessos pertencentes ao BAG de bananeira Embrapa. Cruz das Almas, 2009.

Acessos	Ploidia	Características Agronômicas					
		ALP	DPC	NFI	NFC	CEG	DIE
Jaran	AA	2,83 b	15,73d	1,67 ^{ns}	8,67 a	52,00b	37,33b
2803-01	AA	1,76d	9,75f	1,50	7,25 a	22,25d	31,25b
Malbut	AA	2,55c	15,00d	2,67	8,33 a	25,33d	34,67b
Idu-110	AA	2,33c	9,67f	2,67	5,00 b	40,33b	32,00b
Tuugia	AA	2,53c	12,67e	2,67	6,67 a	14,67d	28,67b
M-48	AA	2,75b	14,67d	3,33	6,33 a	43,00b	42,00b
Pipit	AA	2,21c	12,00e	3,50	5,00b	34,00c	31,50b
Caru Roxo	AAA	3,33a	21,00b	1,67	8,00 a	48,33b	50,33a
Wasolay	AAA	2,64c	13,33d	2,00	7,67 a	37,33c	34,67 b
Markatooa	AAA	2,45c	17,50c	1,50	7,50a	33,50c	39,00b
Bakar	AAA	3,33a	18,00c	2,00	9,00 a	47,00b	50,00a
AAA Desc.	AAA	2,90b	16,50d	2,00	6,50 a	30,50c	40,50b
Nam	AAA	2,23c	16,50d	1,00	3,00b	41,50b	44,00a
Towoolle	AAA	2,20c	14,50d	1,50	2,00b	41,50b	40,50b
Caipira	AAA	2,46c	17,17c	1,33	3,00b	37,33c	51,00a
Thap Maeo	AAB	3,43a	20,60b	4,25	8,00a	44,25b	55,75a
Walha	AAB	1,44d	14,67b	0,67	2,67b	24,00d	33,67b
Pacha Nadan	AAB	3,47a	18,00c	2,50	3,50b	46,00b	51,00a
C. Madras	ABB	3,49a	21,50b	2,00	5,00b	70,00a	45,50a
Ambrosia	AAAA	3,54a	24,42a	1,80	7,40a	38,00c	60,60a
Calipso	AAAA	3,15a	24,56a	1,60	7,00a	36,80c	58,00a
Tropical	AAAB	2,76b	20,40b	1,80	9,20a	45,60b	48,20a
Maravilha	AAAB	2,66c	20,60b	3,00	9,20a	44,00b	48,80a
Porp	AAAB	2,85b	20,25b	3,00	7,75a	34,50c	46,25a
Ouro da Mata	AAAB	3,22a	20,67b	2,67	8,67a	47,67b	51,33a
Teparod	ABBB	2,93b	18,00c	2,00	5,00b	34,00c	36,67b
F (Trat.)		12,30*	22,05*	1,38 ^{ns}	2,37*	3,87*	7,97*
CV (%)		9,77	9,12	57,08	35,28	23,91	13,44
Média geral		2,79	17,76	2,19	6,77	38,59	44,34

ALP: altura de planta (cm), DPC: diâmetro do pseudocaule (cm), NFI: número de filhos, NFC: número de folhas, CEG: comprimento do engaço (cm), DIE: Diâmetro do engaço (mm), * significativo a 5%; ^{ns}: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

A média para número de filhos na floração (NFI) foi de 2,19, com os valores variando de 0,67 para o triplóide Walha a 4,25 para o triplóide Thap Maeo, embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre os 26 acessos. Em relação ao número de folhas (NFC), observou-se uma média de 6,77, com a formação de dois agrupamentos (Tabela 1).

O maior valor médio observado foi de 9,20 folhas das cultivares Tropical e Maravilha e o menor foi do genótipo Towoolle com 2,00 folhas. Sabe-se que o enchimento dos frutos

(tamanho) está diretamente correlacionado com o número de folhas vivas na colheita. Segundo Soto Ballester (1992), de maneira geral, cultivares do Subgrupo Cavendish necessitam de no mínimo de oito folhas ativas por planta, para o bom desenvolvimento dos frutos.

Em relação ao comprimento do engaço (CEG), observa-se que o acesso 'Tuugia' apresentou o menor valor (14,67 cm), enquanto o maior foi do Champa Madras (70,00 cm). Para o diâmetro (DIE) e peso do engaço (PSE), nota-se uma relação direta, com maiores valores para os híbridos Ambrosia e Calipso (Tabela 2) e os menores diâmetro e peso do engaço apresentados pelo Tuugia.

O número de pencas (NPC) e de frutos (NFR) por cacho apresentaram média de 6 e 83, respectivamente (Tabela 2). Maiores valores para número de frutos foram observados para o triploide Thap Maeo (158), tetraploide Ambrosia (154), seguido do diplóide Jaran (148) e do tetraploide Calipso (138), classificados no primeiro grupo. Os caracteres número de pencas e de frutos são de grande interesse para o produtor e de importância fundamental para o melhoramento genético da bananeira, uma vez que a penca (frutos) constitui-se na unidade comercial, além do que, um aumento no número de pencas pode acarretar em elevação no peso do cacho, caráter que expressa a produtividade do genótipo (SILVA et al., 2003; SILVA, 2002b). Resultados semelhantes foram observados para peso do cacho (PSC), uma vez que esse caráter é função do número de frutos por cacho, além do peso médio de cada fruto.

Na avaliação para Sigatoka amarela, na floração observou-se a formação de cinco grupos e na colheita foram formados três grupamentos. Observou-se que a maioria dos genótipos apresentou resistência à doença, à exceção do Jaran e Malbut, (Tabela 2). Pelo quadro, é possível planejar novas combinações envolvendo diplóides e tetraploides, visando desenvolver novas cultivares com boas características agronômicas.

Tabela 2. Médias de seis características agronômicas avaliados em 13 acessos pertencentes ao BAG de bananeira Embrapa. Cruz das Almas, 2009.

Acessos	Ploidia	Características Agronômicas					
		PSE	NPC	NFR	PSC	SIF	SIC
Jaran	AA	0,33c	8,00b	148,00a	3,20d	2,35a	2,11a
2803-01	AA	0,24c	5,00c	67,00b	3,30d	0,71e	0,71c
Malbut	AA	0,20c	6,00c	64,00b	2,93d	2,12a	1,94a
Idu-110	AA	0,40c	7,00b	87,00b	3,30d	0,71e	0,71c
Tuugia	AA	0,23c	6,00c	59,00b	2,09d	0,71e	1,25b
M-48	AA	0,50c	6,00c	84,00b	4,57d	0,71e	0,71c
Pipit	AA	0,28c	5,00c	92,00b	3,80d	1,14d	1,29b
Caru Roxo	AAA	0,80b	5,00c	64,00b	7,00c	1,58c	1,58b
Wasolay	AAA	0,30c	5,00c	51,00b	3,03d	0,88e	2,35a
Markatooa	AAA	0,49c	5,00c	63,00b	4,75d	1,73c	1,58b
Bakar	AAA	0,90b	6,00c	79,00b	9,80c	1,22d	1,40b
AAA Desc.	AAA	0,41c	6,00c	57,00b	6,20c	1,55c	1,40b
Nam	AAA	0,90b	6,00c	87,00b	4,33d	1,87b	1,73b
Towoolle	AAA	0,32c	4,00c	42,00b	2,85d	1,40c	1,40b
Caipira	AAA	0,80b	7,00b	132,00a	9,67c	0,71e	0,71c
Thap Maeo	AAB	0,93b	10,00a	158,00a	15,03b	0,71e	0,71c
Walha	AAB	0,19c	4,00c	30,00b	1,71d	1,90b	1,72b
Pacha Nadan	AAB	0,89b	7,00b	88,00b	8,47c	1,58c	1,58b
C. Madras	ABB	0,65b	7,00b	94,00b	12,90b	0,71e	0,71c
Ambrosia	AAAA	1,82a	9,00a	154,00a	21,26a	0,71e	0,71c
Calipso	AAAA	1,60a	8,00b	138,00a	18,62a	0,71e	0,71c
Tropical	AAAB	0,80b	6,00c	92,00b	9,96c	0,71e	0,71c
Maravilha	AAAB	0,61b	5,00c	53,00b	6,74c	1,58c	1,75b
Porp	AAAB	0,53c	5,00c	51,00b	5,95c	1,22d	1,58b
O. da Mata	AAAB	0,70b	5,00c	78,00b	6,75c	1,29c	1,39b
Teparod	ABBB	0,33 c	6,00c	37,00b	3,87d	0,71e	1,00c
F (Trat.)		8,95*	4,59*	5,97*	14,93*	22,80*	7,89*
CV (%)		40,22	21,53	32,76	33,77	17,07	26,61
Média geral		0,67	6,00	83,00	7,78	1,08	1,35

PSE: peso do engaço (kg), NPC: número de pencas, NFR: número de frutos, PSC: Peso do cacho (kg), SIF: Sigatoka amarela na floração, SIC: Sigatoka amarela na colheita, * significativo a 5%; ^{ns}: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

À exceção da acidez titulável, todas as características físicas e químicas dos frutos apresentaram diferenças significativas com formação de agrupamentos (Tabela 2). Os coeficientes de variação oscilaram de 0,86% para flavonóides a 31,24% para peso do fruto.

Para comprimento dos frutos (CFR), a média foi de 13,31 cm, com variação de 6,78 cm para o diplóide Jaran a 18,72 cm para o tetraplóide Calipso com a formação de cinco grupos. De maneira geral, os tetraplóides apresentaram maior média para CFR (15,71 cm

quando comparados aos triplóides (13,24cm) e diplóides (10,98 cm). Comportamento semelhante foi observado para o diâmetro e peso médio dos frutos e para peso e diâmetro da polpa, que formaram cinco, quatro, quatro e seis grupamentos respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lima et al. (2005) que avaliaram genótipos de bananeira triplóides e tetraplóides e encontraram variação para o comprimento do fruto de 13 a 18 cm e média para diâmetro de fruto de 3,0 cm.

Tabela 3. Médias de oito características físicas e químicas dos frutos avaliadas em 26 acessos pertencentes ao BAG de bananeira Embrapa. Cruz das Almas, 2009.

Acessos	Plóidia	Características Físicas e Químicas						
		CFR	DIF	PFR	PPO	DIP	ESC	FIP
Jaran	AA	6,78 e	2,45d	23,56d	16,59d	1,98f	0,19c	0,88c
2803-01	AA	14,22b	2,25e	49,30d	31,49d	1,86f	0,21c	0,86c
Malbut	AA	9,67d	3,08c	49,39d	36,57d	2,72c	0,16c	0,98b
Idu-110	AA	10,22c	2,49d	37,11d	28,15d	2,22e	0,13c	0,94c
Tuugia	AA	12,22c	2,16e	36,48d	24,36d	1,82f	0,14c	0,70d
M-48	AA	15,11b	2,19e	49,21d	34,30d	1,85f	0,15c	0,67d
Pipit	AA	8,67b	2,56d	31,56d	16,89d	2,15f	0,30b	0,78d
C. Roxo	AAA	14,67b	3,73b	113,98b	84,41b	3,30b	0,28b	0,82c
Wasolay	AAA	13,78b	2,68d	63,33c	47,13c	2,30e	0,17c	0,81c
Markatooa	AAA	13,83b	3,04c	82,60c	60,37c	2,64d	0,19c	0,87c
Bakar	AAA	15,25b	3,60b	116,08b	67,48b	2,75c	0,47a	1,13a
AAA Desc.	AAA	17,67a	3,93a	144,32a	112,03a	3,57a	0,20c	1,20a
Nam	AAA	11,58c	3,07c	67,61c	46,31c	2,44d	0,20c	0,90c
Towoolle	AAA	11,83c	3,15c	72,73c	56,14c	2,92c	0,19c	0,70d
Caipira	AAA	11,67c	3,37c	68,58c	53,37c	3,01b	0,17c	0,89c
Thap Maeo	AAB	11,67c	4,00a	95,98b	74,49b	3,55a	0,24c	0,98b
Walha	AAB	10,61c	2,96c	57,48c	37,14d	2,52d	0,24c	1,03b
P. Nadan	AAB	13,67b	3,62b	110,88b	73,96b	3,17b	0,28b	0,97b
C. Madras	ABB	12,75c	4,07a	134,63a	94,34a	3,62a	0,41a	1,21a
Ambrosia	AAAA	18,11a	3,85b	162,42a	107,70a	3,16b	0,38a	0,93c
Calipso	AAAA	18,72a	3,76b	150,28a	104,52a	3,16b	0,26c	0,84c
Tropical	AAAB	15,28b	4,21a	152,37a	113,98a	3,77a	0,30b	1,02b
Maravilha	AAAB	16,89a	3,78b	131,40a	82,14b	3,02b	0,34a	0,90c
Porp	AAAB	13,67b	4,30a	137,21a	103,10a	3,78a	0,29b	0,98b
O. da Mata	AAAB	13,61b	3,31c	94,19b	64,66b	2,92c	0,20c	0,83c
Teparod	ABBB	13,72b	3,65b	119,78b	73,93b	3,03b	0,30b	1,22a
F (Trat.)		20,53*	32,03*	19,3*2	20,89*	35,60*	10,25*	10,54*
CV (%)		13,64	10,33	31,24	30,47	10,49	30,79	13,72
Média geral		13,31	3,26	89,95	62,98	2,80	0,24	0,91

CFR: Comprimento do fruto (cm), DIF: diâmetro do fruto (cm), PFR: peso do fruto (g), PPO: peso da polpa (g); DIP: diâmetro da polpa (cm), ESC: espessura da casca (cm), FIP: firmeza da polpa (Lb), * significativo a 5%; ^{ns}: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

A espessura da casca teve média de 0,24 cm, com variação de 0,13 cm para o diplóide Idu-110 a 0,47 cm para o triplóide Bakar. Pelo método de agrupamento de Scott e Knott (1974) houve a formação de três grupos (Tabela 2). O mesmo comportamento foi observado para a firmeza da polpa (FIP) cujas médias variaram de 0,67 Lb (M-48) a 1,22 Lb (Teparod).

A média para sólidos solúveis foi de 19,48 °Brix, com variação de 14,60 °Brix para o triplóide Towoolle a 25,70 °Brix para o tetraplóide Teparod. Foram formados três grupos pelo teste agrupamento de Scott e Knott. Esses resultados assemelham-se aos descritos por Soto Ballesterro (1992) em bananeira. Não foi observada variação para acidez total entre os acessos (Tabela 3).

A média do teor de carotenóides totais entre os 26 acessos foi de 3,19 $\mu\text{g g}^{-1}$, com variação de 0,98 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Tropical, tetraplóide AAAB) a 8,23 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Jaran, diplóide AA) (Tabela 4). Englberger et al. (2003a) quantificaram os níveis de carotenóides totais em 21 acessos de bananeira encontrando uma média de 11,13 $\mu\text{g g}^{-1}$, com amplitude de variação de 0,62 a 53,70 $\mu\text{g g}^{-1}$. Resultados semelhantes foram obtidos por Englberger et. al. (2003b), com 17 acessos de bananeira (média de 9,21 $\mu\text{g g}^{-1}$).

Os flavonóides totais dos 26 acessos de bananeira apresentaram média de 2,25 mg 100 g^{-1} e a variação foi de 0,85 mg 100 g^{-1} (Maravilha AAAB) a 6,64 mg 100 g^{-1} (Teparod ABBB), o que indica a existência de ampla variação para esta substância nesses acessos (Tabela 4). Entre os diplóides, a média foi de 2,96 mg 100 g^{-1} , com destaque para Pipit (4,68 mg 100 g^{-1}). Para os triplóides, a variação foi de 1,09 a 4,02 mg 100 g^{-1} ; já para os tetraplóides, a média ficou em 1,95 mg 100 g^{-1} , destacando-se Teparod (6,64 mg 100 g^{-1}).

Lako et al. (2007) encontraram variação de 2,00 mg 100 g^{-1} a 10,00 mg 100 g^{-1} de flavonóides em diferentes genótipos de *Musa* sp. A média para os teores de polifenóis totais entre os 26 acessos de bananeira foi de 45,31 mg 100 g^{-1} , com variação de 12,84 mg 100 g^{-1} para o triplóide Towolle a 257,80 mg 100 g^{-1} para o tetraplóide Teparod (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de oito características físicas e químicas dos frutos avaliadas em 26 acessos pertencentes ao BAG de bananeira Embrapa. Cruz das Almas, 2009.

Acessos	Plóidia	Características Físicas e Químicas						
		SS	ACT	PH	CTN	FLA	PLF	VIT
Jaran	AA	17,74d	0,11a	5,13a	8,23a	2,47e	28,76m	17,61k
2803-01	AA	18,93d	0,12	4,86b	3,53e	2,88d	38,51h	31,52f
Malbut	AA	17,70d	0,14	4,52c	6,88b	2,09f	26,90n	20,42j
Idu-110	AA	20,67c	0,13	4,96b	2,86f	2,88d	40,96g	20,10j
Tuugia	AA	20,73c	0,13	4,69c	1,41g	1,64g	31,05l	51,10c
M-48	AA	15,27e	0,13	4,64c	3,52e	4,08c	41,18g	9,03n
Pipit	AA	17,65d	0,10	5,06a	2,95f	4,68b	61,48e	15,72l
Caru Roxo	AAA	20,87c	0,12	4,92b	5,91c	2,16f	33,32j	24,63i
Wasolay	AAA	18,00d	0,18	4,20d	3,15e	1,16h	17,51p	14,72l
Markatooa	AAA	17,90d	0,14	4,61c	2,29f	1,09h	16,23q	14,41l
Bakar	AAA	18,50d	0,10	4,79b	3,99e	1,61g	79,14c	29,43g
AAA Desc.	AAA	19,70c	0,21	4,44c	2,45f	2,45e	35,48i	54,20b
Nam	AAA	20,40c	0,11	5,26a	2,77f	2,75d	31,86k	44,67d
Towoolle	AAA	14,60e	0,16	4,62c	2,33f	2,04f	12,84s	10,87m
Caipira	AAA	21,40c	0,09	5,03a	1,05g	1,72g	146,31b	11,48m
Thap Maeo	AAB	17,07d	0,18	3,84d	3,78e	1,50g	15,71q	37,21e
Walha	AAB	18,27d	0,14	5,16a	2,52f	4,02c	43,41f	17,85k
P. Nadan	AAB	22,70b	0,16	4,41c	5,83c	1,86g	64,90d	26,85h
C. Madras	ABB	17,80d	0,16	4,38c	3,34e	1,76g	27,41n	12,45m
Ambrosia	AAAA	18,47d	0,11	4,73b	1,39g	1,38h	27,52n	11,60m
Calipso	AAAA	20,13c	0,12	4,85b	1,40g	1,35h	27,12n	9,49n
Tropical	AAAB	20,00c	0,15	4,34c	0,98g	1,20h	14,83r	14,68l
Maravilha	AAAB	20,73c	0,19	4,46c	1,89g	0,85h	16,03q	9,66n
Porp	AAAB	19,80c	0,19	4,29c	2,34f	1,08h	14,77r	13,65l
O. da Mata	AAAB	23,73b	0,15	4,43c	4,70d	1,42g	24,56o	19,45j
Teparod	ABBB	25,70a	0,07	5,27a	1,44g	6,64a	257,80a	76,83a
F (Trat.)		11,64*	13,92 ^{ns}	7,83*	40,79*	105,19*	34877,64*	1161,36*
CV (%)		10,38	18,59	7,84	12,72	8,11	0,86	2,90
Média geral		19,48	0,13	4,68	3,19	2,25	45,31	23,82

SS: sólidos solúveis (°Brix), ACT: acidez titulável, pH, CTN; carotenóides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), FLA: flavonóides ($\text{mg}\ 100\ \text{g}^{-1}$), PLF: polifenóis ($\text{mg}\ 100\ \text{g}^{-1}$), VIT: vitamina C ($\text{mg}\ 100\ \text{g}^{-1}$), * significativo a 5%; ^{ns}: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Os maiores conteúdos de Vitamina C foram apresentados pelo Teparod e o AAA desconhecido, cujos valores foram respectivamente de $76,83\ \text{mg}\ 100^{-1}$ e $54,20\ \text{mg}\ 100^{-1}$. Amorim et al. (2007) observaram uma variação de vitamina C de 21 a $54\ \text{mg}\ 100\ \text{g}^{-1}$ ao avaliarem os diplóides de bananeira resultados que corroboram com os desse trabalho.

Pelos resultados, conclui-se que é possível a obtenção de cultivares com altos níveis de polifenóis, flavonóides, Vitamina C e carotenóides, através de cruzamentos e seleção na

progênie. Cultivares com este perfil tem potencial de neutralizar radicais livres, prevenindo certas doenças, entre elas alguns tipos de câncer (VIJAYAKUMAR et al., 2008).

Conclusões

Existe variabilidade genética para todas as características agronômicas físicas e químicas dos frutos dos 26 acessos de bananeira.

É possível planejar cruzamentos visando o desenvolvimento de cultivares com boas características agronômicas, físicas e químicas dos frutos.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de mestrado.

Referências Bibliográficas

AMORIM, E. P.; LESSA, L.S.; LEDO, C. A. S.; AMORIM, V. B. de O. ; REIS, R.V. dos ; SANTOS-SEREJO, J. A.DOS ; SILVA, S. O.. Caracterização agronômica e molecular de genótipos diplóides melhorados de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Brasília, v. 31, p. 154-161, 2009.

AMORIM, E.P., RAMOS, N. P., UNGARO, M.R.G., KIIHL, T. A. M. Divergência genética em genótipos de girassol. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 31, n. 6, p. 1637-1644, 2007.

AOAC. **Official methods of analysis**. Association of Official Analytical Chemists. 16 ed. Arlington, 850 p, 1997.

CRUZ, C.D.; SCHUSTER, I. **GQMOL – Aplicativo computacional para análise de dados moleculares e de suas associações com caracteres quantitativos**: versão 2.1. Viçosa: UFV, 2004.

DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. Routine Post-Harvest Screening of Banana/Plantain Hybrids: Criteria and Methods. **Inibap Technical Guidelines**. Inibap, Montpellier, 2003, 16p.

DONATO, S.L.R.; SILVA, S. de O. e; PASSOS, A.R.; LIMA NETO, F.P.; LIMA, M.B. Avaliação de variedades e híbridos de bananeiras sob irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Brasília, v.25, p.348-351, 2003.

ENGELBERGER, L. FEDIUK, K., HIDIROGLOU, R. Promotion of vitamin A-rich foods in Pohnpei, Federated States of Micronesia. **Sight and Life Newsletter**, 4: 13-17, 2003a.

ENGLBERGER, L.; SCHIERLE, J.; MARKS, G.C.; FITZGERALD, M.H. Micronesian banana, taro, and other foods: newly recognized sources of provitamin A and others carotenoids. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.16, n.1, p.3-19, 2003b.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. Acessado em: 21/01/2009. Disponível em: www.faostat.fao.org/site/340/default.aspx.

GAUHL, F.; PASBERG-GAUHL, C.; VUYLSTEKE, D.; ORTIZ, R. **Multiplicational evaluation of black Sigatoka resistance in banana and plantain**. Abuja: International Institute of Tropical Agriculture, 1993. 59p. Research Guide 47.

JENNY, C.F.; CARREEL, F.; TOMEKPE, K.; PERRIER, X.; DUBOIS, C.; HORRY, J.P.; MONTCEL, H.T. Les bananiers. In: HAMON, P.; SEGUIN, M.; PERRIER, X.; GLAZMAN, J.C. (Ed). **Diversité génétique des plantes tropicales**. Montpellier: Cirad, 1999. p.113-139.

LAKO, J.; TRENERRY, V.C.; WAHLQVIST, M.; WATTANAPENPAIBOON, N.; SOTHEESWARAN, S.; PREMIER, R. Phytochemical flavonols, carotenoids and the

antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. **Food Chemistry**, London, v.101, p.1727-1741, 2007.

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 of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, n.10, p.1390-1393. 1997.

LIMA, M. B.; SILVA, S. de O.; JESUS, O. N. de; OLIVEIRA, W. S. J. de; AZEVEDO, R. L. de. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira no Recôncavo Baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 29, n. 3, p. 515-520, 2005.

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

RIJKE, E.; OUT, P.; NIESSEN, W.M.A.; ARIESE, F.; GOOIJER, C.; BRINKMAN, U.A.T. Analytical separation and detection methods for flavonoids. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v.112, n.1-2, p.31-63, 2006.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI Human Nutrition Institute. Ed. ILSI Press, Estados Unidos, 1ª ed. 1999, 64p.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. 2. ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprenta Lil, 1992. 674 p.

SILVA, S.O.; ALVES, E.J.; LIMA, M.B.; SILVEIRA, J.R.S. **Bananeira**. In: BRUCKNER, C.H. Melhoramento de Fruteiras Tropicais. Viçosa: UFV, p.101-157, 2002a.

SILVA, S. de O. e; PASSOS, A. R.; DONATO, S. L. R.; SALOMÃO, L.C. C.; PEREIRA, L. V.; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA NETO, F. P.;LIMA, M. B. Avaliação de genótipos de

bananeira em diferentes ambientes. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 737-748, 2003.

SILVA, S. de O. E; FLORES, J. C.de O.; LIMA NETO, F. P.. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em quatro ciclos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1567-1574, 2002b.

STOVER, R.H. Banana, **Plantain, and abaca diseases**. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, Surrey, England. 316p, 1972.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. **Annals of Biochemistry**, Stoneham, v.4, n.2, p.604-608, 1979.

VIJAYAKUMAR, S.; PRESANNAKUMAR, G.; VIJAYAKUMAR, N.R. Antioxidant activity of banana flavonoids. **Fitoterapia**, Milano, v.79, p.279-282, 2008.

Capítulo II

CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR DE ACESSOS DE BANANEIRA COM TEORES VARIÁVEIS DE COMPOSTOS FUNCIONAIS⁷

⁷ Artigo a ser submetido à revista *Genetics and Molecular Biology*

Resumo

O melhoramento genético de bananeira baseia-se principalmente na obtenção de diplóides (AA) com características superiores, e posterior cruzamento destes com triplóides AAB do tipo Prata e Maçã gerando tetraplóides AAAB e visa desenvolver variedades resistentes a pragas e nematóides, produtivas, com reduzidos porte de planta e ciclo da cultura, mantendo o sabor Prata e Maçã dos frutos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar 26 acessos (diplóides, triplóides e tetraplóides) de bananeira pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Banana da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, por meio de quatro características químicas e 13 marcadores microssatélites. As similaridades genéticas, com base no coeficiente de Nei e Li, foram utilizadas para fazer o agrupamento dos genótipos pelo método UPGMA. Em relação à presença de compostos funcionais, destaque para o conteúdo de carotenóides nos diplóides Jaran ($8.23 \mu\text{g g}^{-1}$) e Malbut ($6.88 \mu\text{g g}^{-1}$); para os teores de flavonóides no acesso Pipit ($4.68 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e M-48 ($4.08 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e para vitamina C no tetraplóide Teparod ($76.83 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). O número de alelos obtidos foi 94, com média de 7.23 alelos por *primer*. A similaridade genética média foi 0.34, variando de 0.001 a 0.76, indicando a existência de ampla variabilidade genética entre os genótipos. Novas combinações parentais podem ser identificadas com base na divergência entre estes acessos, o que contribuirá para o desenvolvimento de novas cultivares de forma a evitar o estreitamento da base genética.

Palavras-chave: divergência genética; carotenóides; híbridos; microssatélites.

Abstract

The banana genetic breeding program, initiated at Embrapa Cassava and Tropical Fruits in 1983, is mainly focused on the improvement of diploids and further crosses of these diploids with AAB Prata and Silk type triploids, generating AAAB tetraploids. The main objective is to develop varieties resistant to pests and nematodes that are productive, with reduced height and crop cycle, maintaining the Prata and Silk fruit flavors. The objective of this work was to characterize 26 accessions (diploids, triploids and tetraploids) from the Banana Germplasm Bank of Embrapa Cassava and Tropical Fruits, Cruz das Almas (Bahia, Brazil) using four chemical characteristics and 13 SSR markers. Wide genetic variability was detected for the measured variables. The Nei and Li coefficient was the basis for UPGMA cluster. In relationship of the functional compounds, highlight for the carotenoid contents in diploid Jaran ($8.23 \mu\text{g g}^{-1}$) and Malbut ($6.88 \mu\text{g g}^{-1}$); flavonols in the access Pipit ($4.68 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) and M-48 ($4.08 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) and for vitamin C in the tetraploid Teparod ($76.83 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). The average number of alleles per primer was 7.23, with a total of 94 alleles identified. The average similarity among the all accessions was the 0.34, range from 0.001 up to 0.76, indicating the existence of wide genetic variability between genotypes. New parental combinations can be identified with base of the divergence between these accessions, contributing for the development of new cultivars preventing the narrow genetic base.

Key-words: genetic divergence; carotenoid; hybrids; microsatellite.

Introdução

O Brasil é o quarto produtor mundial de banana, tendo produzido 7,0 milhões de toneladas em 2006, em uma área aproximada de 500 mil hectares. A Índia produziu, no mesmo período, 11,7 milhões de toneladas em 400 mil hectares (FAO, 2009). Embora a banana seja a segunda fruta mais consumida pelos brasileiros, seu cultivo é realizado principalmente por pequenos produtores que usam baixo nível de tecnologia resultando em baixa produtividade. Um fator que leva ao baixo rendimento da cultura no Brasil é a falta de variedades comerciais que apresentem, concomitantemente, porte baixo, tolerância à seca e ao frio, resistência aos nematóides, boas características pós-colheita e resistência às pragas (sigatocas amarela e negra, o mal-do-Panamá, moko e algumas viroses) (SILVA et al., 2002).

Normalmente, a produção de banana está baseada em cultivares triplóides, porém, os genótipos diplóides revestem-se de importância, uma vez que são fontes de alelos de resistência/tolerância a fatores bióticos e abióticos (JENNY et al., 1999). Os programas de melhoramento de bananeira têm gerado híbridos tetraplóides promissores, obtidos a partir do cruzamento entre cultivares triplóides e diplóides melhorados, que apresentam características agrônômicas de interesse, entre elas: porte reduzido, resistência a pragas e doenças e boa qualidade física e química dos frutos (SILVA et al., 2005).

O consumo de frutas tem aumentado principalmente em decorrência do seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos. Estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedades antioxidantes que podem estar relacionadas com o retardo do envelhecimento e a prevenção de certas doenças, entre elas, alguns tipos de câncer. Estudos têm demonstrado que compostos antioxidantes, tais como os β -carotenos e Vitamina C, têm contribuído pela total capacidade antioxidante dos vegetais que os contêm (RICE-EVANS et al., 1996; WANG et al., 1997).

Devido às suas particularidades, em especial seu baixo custo, a banana é consumida por todas as classes sociais, por isto é destacada entre as fruteiras, em relação ao seu potencial como alimento funcional e ou nutracêutico. No entanto, as cultivares atualmente em comercialização, em especial as do grupo Cavendish, não apresentam quantidades significativas de algumas substâncias

com potencial nutritivo e ou terapêutico, entre elas polifenóis, flavonóides, vitamina C e carotenóides totais. Por outro lado, são encontrados relatos na literatura indicando a existência de genótipos de bananeira ricos nestas substâncias (SETIAWAN et al., 2001; SOMEYA et al., 2002; ENGLBERGER et al. 2003a,b,c; ENGLBERGER et al., 2005; WALL, 2006; MELO et al., 2006; DAVEY et al., 2007; TORRE-GUTIÉRREZ et al., 2008; AMORIM et al., 2008).

A caracterização quanto à presença de compostos funcionais e a estimativa da variabilidade genética disponível para o melhoramento são informações úteis para explorar melhor a heterose no desenvolvimento de novos diplóides melhorados e adequar a seleção de genótipos (diplóides e triplóides) na geração de tetraplóides (AMORIM et al., 2008).

Vários marcadores moleculares, em especial aqueles associados com métodos baseados em PCR (*Polymerase Chain Reaction*), incluindo AFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*), RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) e SSR (*Simple Sequence Repeats*) têm sido amplamente utilizados na estimativa da variabilidade genética e em estudos filogenéticos em banana (PILLAY et al., 2001; UDE et al., 2002a; UDE et al., 2002b; CRESTE, 2001; CRESTE et al., 2003; CRESTE et al., 2004; WAN et al., 2005; NING et al., 2007; WANG et al., 2007; NSABIMANA et al., 2007; JAIN et al., 2007; RUANGSUTTAPHA et al., 2007; AMORIM et al., 2008; AMORIM et al., 2009a). De todas estas técnicas, os microssatélites têm demonstrado ser os mais indicados para banana (NING et al., 2007), por apresentar elevado polimorfismo, comportamento e herança co-dominante, elevada reprodutibilidade e fácil interpretação.

O objetivo deste trabalho foi quantificar a presença de compostos funcionais, tais como carotenóides, flavonóides, polifenóis e vitamina C e caracterizar por meio de marcadores SSR 26 acessos de bananeira e.

Material e Métodos

1. Material vegetal

Foram utilizados 26 acessos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Bananeira (BAG banana) da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, incluindo diplóides selvagens e melhorados; triplóides e tetraplóides (Tabela 1).

2. Determinação de compostos funcionais

Para a determinação de compostos funcionais, foi retirada uma amostra de polpa, composta de um pedaço central e das duas extremidades de cada fruto. A amostra foi triturada em liquidificador doméstico, adicionando-se água na proporção de 1:2 (polpa:água) (DADZIE e ORCHARD, 2003). Foram utilizadas as metodologias propostas por Terada et al. (1979) para Vitamina C ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), Rodriguez-Amaya (1999) para carotenóides totais ($\mu\text{g } \text{g}^{-1}$) e Rijke et al., (2006) para flavonóides ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$). A extração dos polifenóis ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) nas amostras procedeu-se em soluções de metanol 50% e acetona 70%, conforme descrito por Larrauri et al. (1997) e a quantificação foi realizada em espectrofotômetro utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, de acordo com a metodologia de Obanda e Owuor (1997). As análises foram realizadas em triplicata, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5%, utilizando-se o aplicativo estatístico-computacional Genes (CRUZ e SCHUSTER, 2004).

3. Análises com microssatélites

3.1 *Primers* microssatélites

Um total de 13 pares de *primers* foi utilizado, sendo três pertencentes à série Ma, desenvolvida por Crouch et al. (1998), quatro pares da série AGMI desenvolvidos por Lagoda et al. (1998), cinco da série MaOCEN obtidos por Creste et al. (2006), e um primer (Mb 1-100) descrito por Oriero et al. (2006) (Tabela 2).

3.2 Extração de DNA

O DNA genômico de cada um dos 26 acessos foi extraído a partir de folhas jovens coletadas no campo, empregando o método CTAB proposto por Doyle e Doyle (1990) e quantificado por fluorimetria (DyNA Quant 2000 *fluorometer*, Amersham Biosciences, Buckinghamshire, UK).

3.3 Condições de PCR

As reações de amplificação via SSR's foram completadas para o volume final de 13 μ L, contendo: KCl 50 mM, Tris-HCl 10 mM (pH 8,3), MgCl₂ 2,5 mM, 100 μ M de cada um dos dNTPs (dATP, dTTP, dGTP, dCTP), 0,2 μ M de cada primer, 50 ng de DNA genômico e uma Unidade de Taq DNA polimerase (Pharmacia Biotech, EUA).

As amplificações foram conduzidas em termociclador Perkin Elmer modelo 9700, empregando-se o esquema de touchdown com ciclo inicial de 3 min a 94 °C, seguido de 40 seg. a 94 °C, 40 seg. a 55 °C, reduzindo um grau a cada ciclo, 1 min a 72 °C, num total de 10 ciclos, seguido de 25 ciclos de 40 s a 94 °C, 40 s a 45 °C e 60 s a 72 °C.

3.4 Eletroforese e detecção do polimorfismo

Os fragmentos foram separados em géis de agarose ultrapura 1000 a 3% (Invitrogen) sob condições-padrão, e os produtos da amplificação foram corados com brometo de etídeo para a visualização dos alelos.

3.5 Análises dos dados moleculares

Os fragmentos amplificados foram avaliados como ausente (0) e presente (1). A similaridade genética entre todos os 26 genótipos foi calculada a partir do coeficiente de Nei e Li (1979).

As distâncias genéticas foram utilizadas para fazer o agrupamento dos genótipos pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Averages*) por meio do software NTSYS-pc (ROHLF, 2000). Foi calculado o valor de correlação cofenética entre a matriz de distâncias genéticas e a matriz dos valores cofenéticos, a fim de verificar a consistência dos agrupamentos.

Resultados e Discussão

As médias dos teores de carotenóides totais, flavonóides, polifenóis e vitamina C em 26 acessos de bananeira são apresentadas na Tabela 3. Os

carotenóides totais apresentaram média de $3,19 \mu\text{g g}^{-1}$, com variação de $0,98 \mu\text{g g}^{-1}$ para o tetraplóide Tropical a $8,23 \mu\text{g g}^{-1}$ para o diplóide Jaran. Os triplóides com constituição genômica AAB e ABB tiveram, em média, maior conteúdo de carotenóides totais em comparação com triplóides AAA. Davey et al. (2007) relataram que genótipos AAB apresentam maior conteúdo de carotenóides que genótipos AAA, característica que pode estar associada a presença do genoma B. Resultados similares foram obtidos por Englberger et al. (2003a;b), Melo et al. (2006) e Amorim et al. (2009b).

A média para flavonóides totais entre os 26 acessos de bananeira foi de $2,25 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ com amplitude de variação entre $0,85 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Maravilha AAAB) e $6,64 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Teparod ABBB), permitindo inferir sobre a existência também de ampla variação para esta substância (Tabela 3). Entre os diplóides, a média da característica foi de $2,96 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, com destaque para Pipit ($4,68 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Para os triplóides, a variação foi de $1,09$ (Markatooa) a $4,02 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Walha); já para os tetraplóides, a média ficou em $1,95 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, destacando-se Teparod ($6,64 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

A média para os teores de polifenóis totais foi de $45,31 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, com variação de $12,84 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ para o triplóide Towoolle a $257,80 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ para o tetraplóide Teparod (Tabela 3). Para esta característica houve a formação de 18 grupos, indicando uma ampla variabilidade.

Para Vitamina C, a média foi de $23,82 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, com o maior valor observado no tetraplóide Teparod ($76,83 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e o menor no M-48 ($9,03 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Amorim et al (2007) observaram uma variação de vitamina C de 21 a $54 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ao avaliarem os diplóides de bananeira. As diferenças das amplitudes de variação observadas entre os trabalhos se devem, provavelmente, ao uso de diferentes genótipos (ploidias) usadas nos dois estudos.

As cultivares Ambrosia, Calipso, Caipira, Tropical e Maravilha não apresentaram quantidades significativas de carotenóides, flavonóides, polifenóis e vitamina C, exceção ao 'Caipira', que apresentou alto conteúdo de polifenóis ($146,31 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Embora a presença do genoma B da Maravilha e Tropical possa favorecer o aumento dos teores de carotenóides (DAVEY et al. (2007), essas cultivares (híbridos tetraplóides) apresentaram baixos teores dessa substância, provavelmente devido ao genitor masculino.

Em relação às análises com microssatélites, o número de alelos obtidos foi 94, com média de 7,23 alelos por *primer*. O maior número de alelos foi identificado no *primer* AGMI 103-103 (11 alelos) e o menor no MAOCEN 01 (4 alelos) (Tabela 2). O número médio de alelos por loco SSR foi similar ao obtido em outros estudos realizados em banana (KAEMMER et al., 1997; GRAPIN et al., 1998; CRESTE et al., 2003; CRESTE et al., 2004; CRESTE et al., 2006; NING et al., 2007; AMORIM et al., 2008; AMORIM et al., 2009a).

O conteúdo de informação de polimorfismo (PIC) variou de 0,72 para os *primers* AGMI 24-25, MAOCEN 03 e Mb 1-100 a 0,91 para o MAOCEN 12, com média de 0,81. A correlação entre o número de alelos e o PIC foi alta ($r = 0,76$, $P \leq 0,005$), indicando que *primers* com maior número de alelos apresentam maior poder discriminatório entre os genótipos avaliados.

A análise de re-amostragens indicou que, 70 alelos foram suficientes para uma estimativa precisa da divergência genética entre os 26 acessos de bananeira (Figura 1). A correlação entre a matriz considerando esses alelos e a matriz de todos os 94 alelos foi de 0,96, com soma dos quadrados dos desvios (SQ_d) de 0,50 e valor de estresse (E) de 0,052, indicativo de uma excelente precisão nas estimativas (KRUSKAL, 1964).

Na literatura são encontrados artigos onde o número de marcadores SSR, assim como o número de alelos utilizados para genotipar diferentes acessos de bananeira foram inferiores aos utilizados neste trabalho. Ning et al. (2007) consideraram suficientes dez SSR para genotipar 50 acessos de bananeira de diferentes origens, encontrando 92 alelos; Creste et al. (2004) utilizaram nove SSR para genotipar 49 diplóides a partir de 115 alelos e Creste et al. (2003) genotiparam 35 cultivares de bananeira com 11 SSR que geraram 67 alelos.

A similaridade genética média entre todos os acessos de bananeira foi 0,34, variando de 0,001 entre o triplóide Pacha Nadan e o diplóide Jaran a 0,76 entre os genótipos M-48 e Caru Roxo' (Figura 2). Trabalhando com acessos deste mesmo germoplasma, Creste et al. (2004) avaliaram a diversidade genética entre 49 acessos diplóides por meio de marcadores SSR e encontraram uma similaridade genética média de 0,10.

Pillay et al. (2001) utilizaram marcadores RAPD para inferir sobre a variabilidade genética disponível entre 31 acessos de bananeira utilizados na Nigéria e pelos resultados, concluíram que a base genética disponível para

melhoramento naquele País é estreita. Resultados semelhantes aos observados na África, foram encontrados por Ning et al. (2007) no estudo de 31 acessos na China que foram genotipados com RFLP e SSR; por Ruangsuttapha et al. (2007) com 22 cultivares na Tailândia genotipados com RAPD e por Amorim et al. (2009) genotipando 11 diplóides melhorados de bananeira no Brasil, a partir de 16 marcadores SSR.

O dendrograma das similaridades genéticas baseado em SSR, obtido pelo método UPGMA, encontra-se na Figura 2. O valor cofenético foi alto ($r = 0,86$, $P < 0,0001$, 10.000 permutações) e adequado, já que $r \geq 0,56$ é considerado ideal, refletindo uma boa concordância com os valores de similaridade genética (VAZ PATTO et al., 2004).

Neste trabalho, assumiu-se como ponto de corte no dendrograma a similaridade genética média de 0,34 entre os acessos genotipados com microsatélites. Com base neste ponto de corte foram formados quatro grupos: G1, constituído pelo triplóide AAA desconhecido; G2, formado por um genótipo, o triplóide Markatooa; G3, composto por Tuugia, Ouro da Mata e Calipso e G4, com 21 acessos de bananeira incluindo diplóides, triplóides e tetraplóides e a presença dos genomas A e B (Figura 2).

Percebe-se, por meio do dendrograma, relativa variabilidade genética entre os acessos do BAG banana da Embrapa. Este fato pode estar associado às diferentes origens dos acessos e aos níveis de ploidia analisados. Vale ressaltar que, não foi possível obter uma perfeita separação entre os genótipos em função da presença ou não do genoma B.

Com base nos resultados é possível planejar cruzamentos para a obtenção de populações segregantes para carotenóides totais (Jaran x Tuugia) visando à identificação de alelos associados a esse caráter via mapeamento genético ou mesmo. Também, há possibilidade de desenvolver cultivares tetraplóides, com potencial de uso como alimento funcional (Jaran x Caru Roxo). De maneira semelhante, cruzamentos podem ser planejados para estudos de mapeamento e para o desenvolvimento de cultivares ricas em flavonóides, polifenóis e vitamina C (Tabela 3). Cultivares com este perfil tem potencial de neutralizar radicais livres, prevenindo certas doenças, entre elas alguns tipos de câncer (VIJAYAKUMAR et al., 2008).

Conclusões

Existe variabilidade genética para conteúdo de carotenóides, flavonóides, polifenóis e vitamina C entre os 26 acessos de bananeira;

Os marcadores SSR foram eficientes para quantificar a variabilidade genética disponível entre os 26 acessos de bananeira com teores variáveis de compostos funcionais.

Referências Bibliográficas

AMORIM, E. P.; LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; AMORIM, V. B. de O. ; REIS, R.V. dos ; SANTOS-SEREJO, J. A. DOS; SILVA, S. O. Caracterização agrônômica e molecular de genótipos diplóides melhorados de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Brasília, v. 31, p. 154-161, 2009a.

AMORIM, E.P.; COHEN, K.O.; AMORIM, V.B.O.; SANTOS-SEREJO, J.A.; SILVA, S.O.; VILARINHOS, A.D.; MONTE, D.C.; PAES, N.S.; REIS, R.V. The genetic diversity of carotenoid-rich bananas measured by Diversity Arrays Technology (DArT). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, 2009b.

AMORIM, E. P.; REIS, R. V.; AMORIM, V. B. O.; SANTOS-SEREJO, J.A.; SILVA, S.O. Variabilidade genética estimada entre diplóides de banana por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1045-1052, 2008.

AMORIM, E. P., RAMOS, N. P., UNGARO, M. R. G., KIIHL, T. A. M. Divergência genética em genótipos de girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1637-1644, 2007.

CRESTE, S.; BENATTI, T. R.; ORSI, M. R.; RISTERUCCI, A. M.; FIGUEIRA, A. Isolation and characterization of microsatellite loci from a commercial cultivar of *Musa acuminata*. **Molecular Ecology Notes**, Oxford, v.6, p.303-306, 2006.

CRESTE, S.; NETO, A. T.; VENCOSKY, R.; SILVA, S. O.; FIGUEIRA, A. Genetic diversity of *Musa* diploid and triploid accessions from the Brazilian banana breeding program estimated by microsatellite markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.51, n.7, p.723-733, 2004.

- CRESTE, S.; TULMANN NETO, A.; FIGUEIRA, A. Detection of single sequence repeats polymorphisms in denaturing polyacrylamide sequencing gel by silver staining. **Plant Molecular Biology Reporter**, Trieste, Italy, v.19, p.299-306, 2001.
- CRESTE, S.; TULMANN NETO, A.; SILVA, S. O.; FIGUEIRA, A. Genetic characterization of banana cultivars (*Musa* spp.) from Brazil using microsatellite markers. **Euphytica**, Wageningen, v.132, n.3, p.259 - 268, 2003.
- CROUCH, H .K.; CROUCH, J. H.; JARRET, R. L.; CREGAN, P. B.; ORTIZ, R. Segregation at microsatellite loci in haploid and diploid gametes of *Musa*. **Crop Science**, Madison, v.38, p.211-217, 1998.
- CRUZ, C.D.; SCHUSTER, I. **GQMOL – Aplicativo computacional para análise de dados moleculares e de suas associações com caracteres quantitativos: versão 2.1**. Viçosa: UFV, 2004.
- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. Routine Post-Harvest Screening of Banana/Plantain Hybrids:Criteria and Methods. **Inibap Technical Guidelines**. Inibap, Montprlier, 2003, 16p.
- DAVEY, M. W.; STALS, E.; NGOH-NEWILAH, G.; TOMEKPE, K.; LUTSY, C.; MARKHAM, R.; SWENNEN, R.; KEULEMANS, J. Sampling strategies and variability in fruit pulp micronutrient contents of West and Central African bananas and plantains (*Musa* sp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.55, p.2633-2644, 2007.
- DOYLE, J .J.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, Rockville, v.12, p.13-15, 1990.
- ENGELBERGER, L.; FEDIUK, K.; HIDIROGLOU, R. Promotion of vitamin A-rich foods in Pohnpei, Federated States of Micronesia. **Sight and Life Newsletter**, LOCAL 4: 13-17, 2003a.
- ENGLBERGER, L.; SCHIERLE, J.; MARKS, G. C.; FITZGERALD, M. H. Micronesian banana, taro, and other foods: newly recognized sources of provitamin A and others carotenoids. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.16, n.1, p.3-19, 2003b.
- ENGLBERGER, L.; AALBERSBERG, W.; RAVI. P.; BONNIN, E.; MARKS, G. C.; FITZGERALD, M. H.; ELYMORE, J. Further analyses on Micronesian banana, taro, breadfruit and other foods for provitamin A carotenoids and minerals. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.16, n.1, p.219-236, 2003c.

ENGLBERGER, L.; MARKS, G. C.; FITZGERALD, M. H.; LIPPWE, K. Food composition data from Federated States of Micronesia. **Micronesica**, v.37, p.195-213, 2005.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. Acessado em: 21/01/2009. Disponível em: www.faostat.fao.org/site/340/default.aspx.

JAIN, P.K.; SAINI, M.L.; PATHAK, H.; GUPTA, V.K. Analysis of genetic variation in different banana (*Musa species*) variety using random amplified polymorphic DNAs (RAPDs). **African Journal of Biotechnology**, Jhoannesburgo, v.6, p.1987-1989, 2007.

JENNY, C. F.; CARREEL, F.; TOMEKPE, K.; PERRIER, X.; DUBOIS, C.; HORRY, J. P.; MONTCEL, H. T. Les bananiers. In: HAMON, P.; SEGUIN, M.; PERRIER, X.; GLAZMAN, J.C. (Ed). **Divesité génétique des plantes tropicales**. Montpellier: Cirad, 1999. p.113-139.

GRAPIN, A.; NOYER, J.L.; CARREEL, F.; DAMBIER, D.; BAURENS, F.C.; LANAUD, C.; LAGODA, P.J.L. Diploid *Musa acuminata* genetic diversity assayed with sequence-tagged microsatellite sites. **Electrophoresis**, Weinheim v.19, p.1374-1380, 1998.

KAEMMER, D.; FISCHER, D.; JARRET, R. L.; BAURENS, F. C.; GRAPIN, A.; DAMBIER, D.; NOYER, J. L.; LANAUD, C.; KAHL, G.; LAGODA, P. J. L. Molecular breeding in genus *Musa*: a strong case for STMS marker technology. **Euphytica**, Dordrecht, Netherlands, v.96, p.49-63, 1997.

KRUSKAL, J. B. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. **Psychometrika**, Baltimore, v.29, p.1-27, 1964.

LAGODA, P. J. L.; NOYER, J. L.; DAMBIER, D.; BAURENS, F. C.; GRAPIN, A.; LANAUD, C. Sequence tagged microsatellite site (STMS) markers in the Musaceae. **Molecular Ecology**, Oxford, v.7, p.659-663, 1998.

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 of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, n.10, p.1390-1393. 1997.

MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G.; MACIEL, M.I.S. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.9, p.89-94, 2006.

- NEI, M.; LI, W. H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. **Procedures of National Academic Science**, Washington, v.76, p.5269-5273, 1979.
- NING, S. P.; XU, L .B.; LU, Y.; HUANG, B. Z.; GE, X. J. Genome composition and genetic diversity of *Musa* germplasm from China revealed by PCR-RFLP and SSR markers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.114, p.281-288, 2007.
- NSABIMANA, A.; STADEN, J. V. Assessment of genetic diversity of Highland bananas from the National Banana Germplasm Collection at Rubona, Rwanda using RAPD markers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.113, n.4, p.293-299, 2007.
- OBANDA, M.; OWUOR, P.O. Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of kenyan black teas. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**, San Diego, v. 74, p. 209-215. 1997.
- ORIERO, C. E.; ODUNOLA, O. A.; LOKKO, Y.; INGELBRECHT, I. Analysis of B-genome derived simple sequence repeat (SSR) markers in *Musa* spp. **African Journal of Biotechnology**, Jhoannesburgo, v.5, p.126-128, 2006.
- PILLAY, M.; OGUNDIWIN, E.; NWAKANMA, D. C.; UDE, G.; TENKOUANO, A. Analysis of genetic diversity and relationships in East African banana germoplasm. **Theoretical and Applied Genetics**, v.102, p.965-970, 2001.
- RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v.20, p.933-956, 1996.
- RIJKE, E.; OUT, P.; NIESEN, W .M. A.; ARIESE, F.; GOOIJER, C.; BRINKMAN, U. A. T. Analytical separation and detection methods for flavonoids. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v.112, n.1-2, p.31-63, 2006.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI Human Nut ration Institute. Ed. ILSI Press, Estados Unidos, 1^a ed. 1999, 64p.
- ROHLF, F. J. **Numerical taxonomy and multivariate analysis system**. New York: Exeter Software, 2000. 38 p. Version 2.1.
- RUANGSUTTAPHA, S.; EIMERT, K.; SCHRÖDER, M. B.; SILAYOI, B.; DENDUANGBORIPANT, J.; KANCHANAPOOM, K. Molecular phylogeny of banana cultivars from Thailand based on HAT-RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht-Holanda v.54, p.1565-1572, 2007.

- SCOTT, A. J., KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- SETIAWAN, B.; SULAEMAN, A.; GIRAUD, D.W.; DRISKELL, J.A. Carotenoid content of selected Indonesian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.14, n.2, p.169-176, 2001.
- SILVA, S. de O. e; MORAIS, L.S.; SANTOS-SEREJO, J.A. Melhoramento genético de bananeira para resistência a doenças. In: ROMÃO, R.L.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais no Estado da Bahia**, Feira de Santana: UEFS, 2005. p.49-67.
- SILVA, S.O.; ALVES, E.J.; LIMA, M.B.; SILVEIRA, J.R.S. **Bananeira**. In: BRUCKNER, C. H. Melhoramento de Fruteiras Tropicais. Viçosa: UFV, p.101-157, 2002.
- SOMEYA, S.; YOSHIKI, Y.; OKUBO, K. Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). **Food Chemistry**, London, v.79, n.3, p.351-354, 2002.
- TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. **Annals of Biochemistry**, Stoneham, v.4, n.2, p.604-608, 1979.
- TORRE-GUTIÉRREZ, L.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BETANCUR-ANCONA, D. Functional properties of squad banana (*Musa balbisiana*) starch. **Food Chemistry**, London, v.106, n.3, p.1138-1144, 2008.
- UDE, G.; PILLAY, M.; NWAKANMA, D. C.; TENKOUANO, A. Analysis of genetic diversity and sectional relationships in *Musa* using AFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v.104, p.1239-1245, 2002a.
- UDE, G.; PILLAY, M.; NWAKANMA, D.; TENKOUANO, A. Genetic diversity in *Musa acuminata* Colla and *Musa balbisiana* Colla and some of their natural hybrids using AFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, n.104, p.1246–1252, 2002b.
- VAZ PATTO, M.C.; SATOVIC, Z.; PÊGO, S.; FEVEREIRO, P. Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. **Euphytica**, Dordrecht, Netherlands, v.137, p.63-72, 2004.
- VIJAYAKUMAR, S.; PRESANNAKUMAR, G.; VIJAYAKUMAR, N. R. Antioxidant activity of banana flavonoids. **Fitoterapia**, Milano, v.79, p.279-282, 2008.

WALL, M. Ascorbic acid vitamin A and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.19, n.3, p.434-445, 2006.

WAN, Y.; WATANABE, J. A.; YI, S. S.; HTAIK, T.; WIN, K.; YAMANAKA, S.; NAKAMURA, I.; WATANABE, K. N. Assessment of genetic diversity among the major Myanmar banana landraces. **Breeding Science**, v.55, p.365-369, 2005.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, n.2, p.304-309, 1997.

WANG, X. L.; CHIANG, T. Y.; ROUX, N.; HAO, G.; GE, X. J. Genetic diversity of wild banana (*Musa balbisiana* Colla) in china as revealed by AFLP markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.54, p.1125-1132, 2007.

Tabela 1. Ploidia e origem de acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical Cruz das Almas, 2009.

Acessos	Ploidia	Origem	Acessos	Ploidia	Origem
Jaran	AA	Indonésia	Towoolle	AAA	Nova Guiné
2803-01	AA	Brasil	Caipira	AAA	Brasil
Malbut	AA	Nova Guiné	Thap Maeo	AAB	Honduras
Idu-110	AA	França	Walha	AAB	Havaí
Tuugia	AA	Havaí	Pacha Nadan	AAB	Índia
M-48	AA	Equador	C. Madras	ABB	França
Pipit	AA	Indonésia	Ambrosia	AAAA	Brasil
Caru Roxo	AAA	Brasil	Calipso	AAAA	Brasil
Wasolay	AAA	Nova Guiné	Tropical	AAAB	Brasil
Markatooa	AAA	Nova Guiné	Maravilha	AAAB	Brasil
Bakar	AAA	Indonésia	Porp	AAAB	Nova Guiné
AAA Desc.	AAA	Nova Guiné	Ouro da Mata	AAAB	Brasil
Nam	AAA	Tailândia	Teparod	ABBB	Tailândia

Tabela 2. Locos microssatélites SSR, seqüência repetida, número de alelos e conteúdo de informação de polimorfismo (PIC).

Locos SSR	Repetição F/R	Alelos	PIC
AGMI 24-25	tttgatgtcacaatggtgttcc/taaagggtgggtagcattagg	5	0,72
AGNI 67-68	ataccttctcccgttcttcttc/tggaaacccaatcattgatc	9	0,89
AGMI 93-94	acaactaggatggtaatgtgtggaa/gatctgaggatgggtctgttgg agtg	9	0,82
AGMI 103	cagaatcgctaaccctatcctca/cccttgcgtgccctaa	11	0,75
Ma 1-17	aggcggggaatcggtaga/ggcgggagacagatggagt	7	0,79
Ma 3-103	tcgcctctcttagctctg/tgtggaggatctgagattg	10	0,86
Ma 1-27	tgaatcccaatttggtaag/caaaacactgtccccatctc	5	0,84
MAOCEN 01	tctcaggaagggaatc/ggaccaaagggaagaaacc	6	0,85
MAOCEN 03	ggaggaaatggaggtaaca/ttcgggataggaggaggag	4	0,72
MAOCEN 10	ggaagaaagaagtggagaatgaa/ tgaaatggataaggcagaagaa	7	0,86
MAOCEN 12	gcaagaaagaacgagaaggaaa/ gtggggaggaggcatag	6	0,91
MAOCEN 13	gctgctatttgccttgggt/cttgatgctgggaatctgg	9	0,84
Mb 1-100	tcggctggctaatagaggaa/tctcgagggatggtgaaaga	6	0,72
TOTAL		94	-
MÉDIA		7,23	0,81

Tabela 3. Teores de carotenóides totais, flavonóides, polifenóis e vitamina C em 26 acessos de bananeira. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

Acessos	CTN	FLA	PLF	VIT
Jaran	8,23a	2,47e	28,76m	17,61k
2803-01	3,53e	2,88d	38,51h	31,52f
Malbut	6,88b	2,09f	26,90n	20,42j
Idu-110	2,86f	2,88d	40,96g	20,10j
Tuugia	1,41g	1,64g	31,05l	51,10c
M-48	3,52e	4,08c	41,18g	9,03n
Pipit	2,95f	4,68b	61,48e	15,72l
Caru Roxo	5,91c	2,16f	33,32j	24,63i
Wasolay	3,15e	1,16h	17,51p	14,72l
Markatooa	2,29f	1,09h	16,23q	14,41l
Bakar	3,99e	1,61g	79,14c	29,43g
AAA Desc.	2,45f	2,45e	35,48i	54,20b
Nam	2,77f	2,75d	31,86k	44,67d
Towoolle	2,33f	2,04f	12,84s	10,87m
Caipira	1,05g	1,72g	146,31b	11,48m
Thap Maeo	3,78e	1,50g	15,71q	37,21e
Walha	2,52f	4,02c	43,41f	17,85k
P. Nadan	5,83c	1,86g	64,90d	26,85h
C. Madras	3,34e	1,76g	27,41n	12,45m
Ambrosia	1,39g	1,38h	27,52n	11,60m
Calipso	1,40g	1,35h	27,12n	9,49n
Tropical	0,98g	1,20h	14,83r	14,68l
Maravilha	1,89g	0,85h	16,03q	9,66n
Porp	2,34f	1,08h	14,77r	13,65l
O. da Mata	4,70d	1,42g	24,56o	19,45j
Teparod	1,44g	6,64a	257,80a	76,83a
F (Trat.)	40,79*	105,19*	34877,64*	1161,36*
CV (%)	12,72	8,11	0,86	2,90
Média geral	3,19	2,25	45,31	23,82

CTN; carotenóides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$); FLA: flavonóides ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); PLF: polifenóis ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); VIT: vitamina C ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$). * significativo a 5%; ^{ns}: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

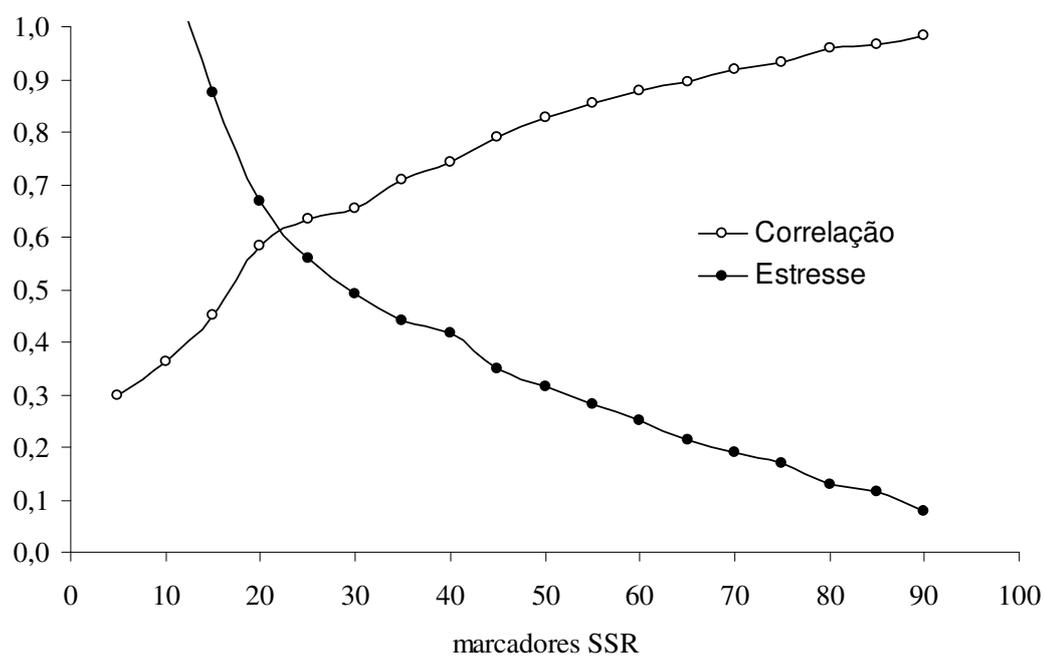


Figura 1. Análise de reamostragens para uma precisa estimativa da variabilidade genética entre 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

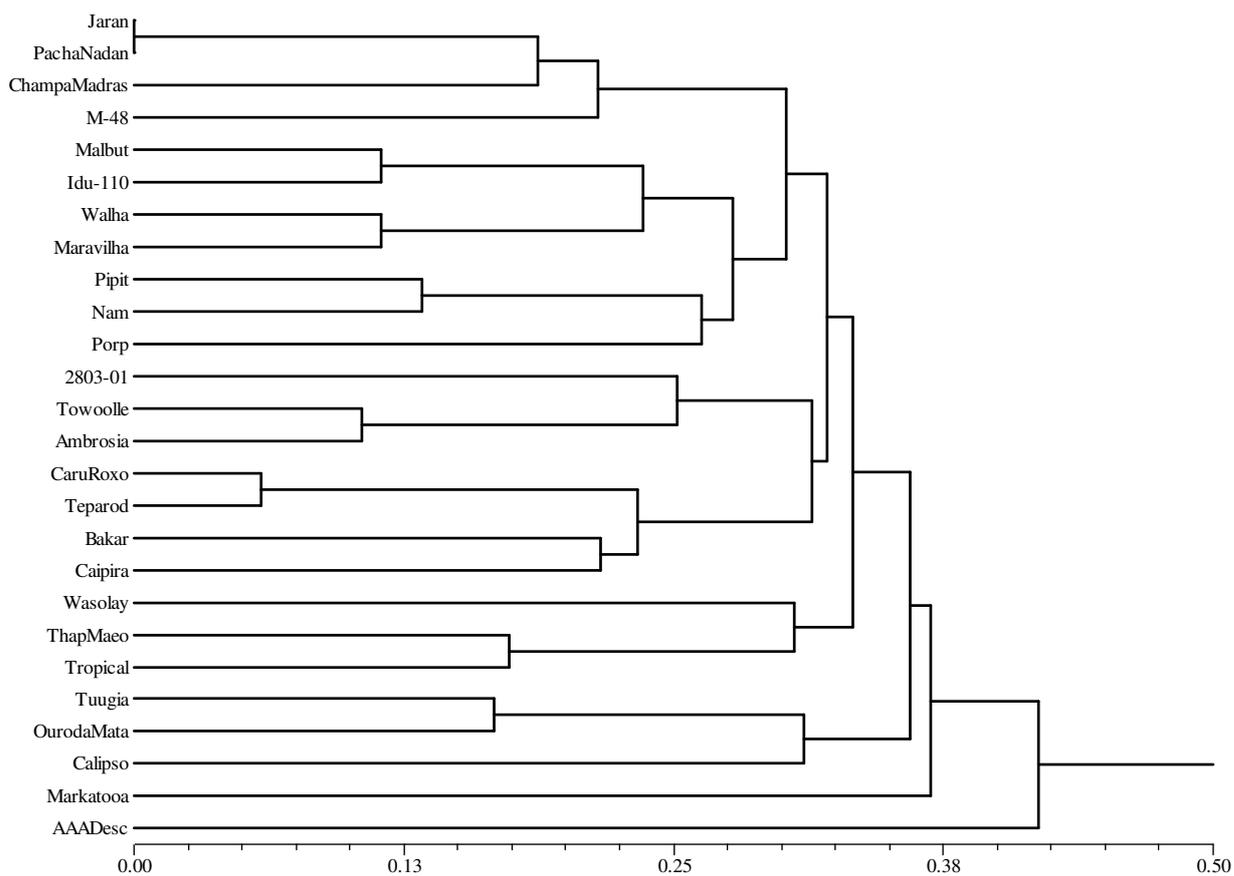


Figura 2. Diversidade genética entre 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical obtida por meio de marcadores microssatélites. Cruz das Almas, 2009.

Capítulo III

VARIABILIDADE GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE BANANEIRA POR MEIO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE FRUTOS E MARCADORES MICROSSATÉLITES⁸

⁸ Artigo a ser submetido à revista Euphytica

Resumo

A bananeira é uma das fruteiras tropicais que suporta a economia de vários países. É a fruta de maior consumo no mundo, possuindo grande importância no que se refere aos aspectos social, econômico e alimentar. O objetivo deste trabalho foi caracterizar 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, incluindo diplóides, triplóides e tetraplóides, por meio de 12 características agrônomicas, 14 físicas e químicas dos frutos e 13 marcadores microssatélites. As similaridades genéticas, com base na distância Euclidiana (dados agrônomicos e físicos e químicos dos frutos) e Nei e Li (dados moleculares), foram utilizadas para fazer o agrupamento dos genótipos pelo método UPGMA, com base na matriz híbrida obtida por meio do algoritmo de Gower. Foi detectada ampla variabilidade genética para as variáveis mensuradas. Em relação à presença de compostos funcionais, destaque para o conteúdo de carotenóides nos diplóides Jaran ($8,23 \mu\text{g g}^{-1}$) e Malbut ($6,88 \mu\text{g g}^{-1}$); para os teores de flavonóides no acesso Pipit ($4,68 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) e M-48 ($4,08 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) e para vitamina C no tetraplóide Teparod ($76,83 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$). O número de alelos obtidos foi 94, com média de 7,23 alelos por *primer*. A similaridade genética média foi 0,34, variando de 0,001 a 0,76, indicando a existência de ampla variabilidade genética entre os genótipos. Com base no algoritmo de Gower foi obtido um dendrograma. Adotando-se a divergência genética média (0,57) como ponto de corte, foram formados três agrupamentos: G1 formado pelos diplóides Jaran, 2803-01 e M-48; G2 pelos diplóides Malbut e Ido 110 e G3 pelos 21 acessos tri e tetraplóides, e mais os diplóides Tuugia e Pipit. Os acessos mais divergentes Porp (tetraplóide AAAB) e Jaran (diplóide AA) apresentaram concentrações de compostos funcionais (carotenóides, flavonóides, polifenóis e vitamina C) divergentes. Novas combinações parentais podem ser identificadas com base na divergência entre estes acessos de forma a contribuir para o desenvolvimento de novas cultivares e prevenir o estreitamento da base genética e criando nova variabilidade para a seleção.

Palavras-chave: divergência genética; híbridos; microssatélites.

Abstract

The banana is a tropical fruit tree that supports the economy of various countries. It is the largest fruit consumption in the world, with great importance in regard to social, economic and food. The objective of this work was to characterize of 26 accessions from the Germplasm Active Bank of Embrapa Cassava and Tropical Fruits, Cruz das Almas (Bahia, Brazil), including diploids, triploids and tetraploids, using 12 agronomic characteristics, 14 physico and chemical in fruits and 13 SSR markers. Wide genetic variability was detected for the agronomic and physical and chemical in fruits variables between the 26 accessions. The Nei and Li coefficient (SSR markers) and Euclidian distance was the basis for UPGMA cluster. In relationship of the functional compounds, highlight for the carotenoid contents in diploid Jaran ($8,23 \mu\text{g g}^{-1}$) and Malbut ($6,88 \mu\text{g g}^{-1}$); flavonols in the access Pipit ($4,68 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) and M-48 ($4,08 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) and for vitamin C in the tetraploid Teparod ($76,83 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$). The average number of alleles per primer was 7.23, with a total of 94 alleles identified. The average similarity among the all accessions was the 0.34, range from 0.001 up to 0.76, indicating the existence of wide genetic variability between genotypes. With base in the Gower algorithm it was obtained a dendrogram. Being adopted the medium genetic divergence (0,57) as cut point, three groupings were formed: G1 formed by diploid Jaran, 2803-01 and M-48; G2 for diploid Malbut and Ido 110 and G3 by the 21 accessions tri and tetraploids, and diploids Tuugia and Pipit. The most divergent accessions Porp (tetraploid AAAB) and Jaran (diploid AA) presented concentrations of functional compounds divergent. New parental combinations can be identified with base of the divergence between these accessions. It should contribute for the development of new cultivars preventing the narrow genetic base and for the creating new genetic variability for the selection.

Key-words: genetic divergence; hybrids; microsatellite.

Introdução

A banana é a segunda fruta mais consumida no Brasil, perdendo apenas para a laranja. Em relação ao seu papel social, a cultura é explorada por pequenos empresários rurais, permitindo a fixação de mão-de-obra no campo, uma vez que se constitui em uma fonte de renda contínua para estes agricultores (MASCARENHAS, 1997).

O Brasil é o quarto produtor mundial de banana, tendo produzido 7,0 milhões de toneladas em 2006, em uma área aproximada de 500 mil hectares. A Índia produziu, no mesmo período, 11,7 milhões de toneladas em 400 mil hectares (FAO, 2009). A baixa produtividade brasileira está associada à falta de variedades comerciais que apresentem, concomitantemente, porte baixo, tolerância à seca e ao frio, resistência aos nematóides, boas características pós-colheita, entre elas a resistência ao despencamento do fruto e resistência às pragas (sigatokas amarela e negra, mal-do-Panamá, moko e algumas viroses) (SILVA et al., 2002).

Normalmente, a produção de banana está baseada em cultivares triplóides, porém, os genótipos diplóides revestem-se de importância, uma vez que são fontes de alelos de resistência/tolerância a fatores bióticos e abióticos (JENNY et al., 1999). Os programas de melhoramento de bananeira têm gerado híbridos tetraplóides promissores, obtidos a partir do cruzamento entre cultivares triplóides e diplóides melhorados ou selvagens que apresentam características agrônômicas de interesse, entre elas: porte reduzido, resistência a pragas e doenças e qualidade física e química dos frutos (SILVA et al., 2005).

A caracterização agrônômica, física e química dos frutos e a estimativa da variabilidade genética disponível para o melhoramento são informações úteis na escolha de genitores para cruzamentos entre genótipos divergentes, visando explorar a heterose e ou desenvolver novas cultivares com boas características agrônômicas.

Vários marcadores moleculares, em especial aqueles associados com métodos baseados em PCR (*Polymerase Chain Reaction*), incluindo AFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*), RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) e microssatélites ou SSR (*Simple Sequence Repeats*) têm sido amplamente utilizados na estimativa da variabilidade genética e em estudos

filogenéticos em banana (PILLAY et al., 2001; Ude et al., 2002a; UDE et al., 2002b; CRESTE, 2002; CRESTE et al., 2003; CRESTE et al., 2004; WAN et al., 2005; NING et al., 2007; WANG et al., 2007; NSABIMANA et al., 2007; JAIN et al., 2007; RUANGSUTTAPHA et al., 2007; AMORIM et al., 2008; AMORIM et al., 2009a, 2009b). De todas estas técnicas, os microssatélites têm demonstrado ser o mais indicado para banana (NING et al., 2007), devido ao elevado polimorfismo, comportamento e herança co-dominante, elevada reprodutibilidade e fácil interpretação.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar 26 acessos de bananeira do Banco de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical quanto às características agronômicas, físicas e químicas dos frutos e por meio de marcadores moleculares microssatélites.

Material e Métodos

1. Material vegetal

Foram utilizados 26 acessos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de bananeira (BAG banana) da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, incluindo diplóides selvagens e melhorados; triplóides e tetraplóides (Tabela 1).

2. Caracterização agronômica, física e química dos frutos

A cultura foi conduzida sem irrigação e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas (ALVES e OLIVEIRA, 1999) e o espaçamento utilizado foi de 3 m x 2 m.

As avaliações foram realizadas no BAG banana considerando as seguintes características agronômicas descritas por Silva et al. (1999): altura da planta (ALP, expressa em m); diâmetro do pseudocaule (DPC, expresso em cm); número de filhos na floração (NFI); número de folhas na colheita (NFC); comprimento do engaço (CEG, expresso em cm); diâmetro do engaço (DIE, expresso em mm); peso do engaço (PSE, expresso em g); número de pencas por cacho (NPC); número de frutos (NFR); peso do cacho (PSC, expresso em kg). Foram avaliadas três plantas por acesso sob delineamento completamente casualizado.

A avaliação de Sigatoka amarela foi efetuada em condições de infestação natural no campo. Os dados foram tomados na época do florescimento (SIF) e da colheita (SIC), seguindo metodologia proposta por Stover (1972), modificada por Gauhl et al. (1993). Os dados foram tomados na época do florescimento e da colheita, ocasião em que se usou a seguinte escala descritiva: 0: sem sintomas; 1: de 1 a 10% da lâmina foliar com sintomas; 2: de 11 a 30% da lâmina foliar com sintomas; 3: de 31 a 50% da lâmina foliar com sintomas; 4: de 51 a 70% da lâmina foliar com sintomas; 5: mais de 70% da lâmina foliar com sintomas.

Para a realização das análises físicas e químicas dos frutos, foram retiradas amostras de polpa de cada fruto, composta de um pedaço central e das duas extremidades. Os pedaços foram triturados em liquidificador doméstico, adicionando-se água na proporção de 1:2 (polpa:água) (DADZIE e ORCHARD, 2003). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Foram realizadas as seguintes análises: comprimento do fruto; diâmetro do fruto; peso do fruto e da polpa; espessura da casca; diâmetro da polpa; firmeza da polpa; teores de sólidos solúveis; pH e acidez titulável segundo a AOAC (1997); Vitamina C seguindo a metodologia proposta por Terada et al. (1979), carotenóides totais de acordo com Rodriguez-Amaya (1999) e flavonóides totais como descrito por Rijke et al., (2006). A extração dos polifenóis nas amostras procedeu-se em soluções de metanol 50% e acetona 70%, conforme descrito por Larrauri et al. (1997) e a quantificação foi realizada em espectrofotômetro utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, de acordo com a metodologia de Obanda e Owuor (1997).

3. Caracterização molecular com microssatélites

Um total de 13 pares de *primers* foi utilizado, sendo três pertencentes à série Ma, desenvolvida por Crouch et al. (1998), quatro pares da série AGMI desenvolvidos por Lagoda et al. (1998), cinco da série MaOCEN obtidos por Creste et al. (2006), e um primer (Mb 1-100) descrito por Oriero et al. (2006) (Tabela 2).

O DNA genômico de cada um dos 26 acessos foi extraído a partir de folhas jovens coletadas no campo, empregando o método CTAB proposto por Doyle e Doyle (1990).

As reações de amplificação via SSR's foram completadas para o volume final de 13 μ L, contendo: KCl 50 mM, Tris-HCl 10 mM (pH 8,3), $MgCl_2$ 2,5 mM, 100 μ M de cada um dos dNTPs (dATP, dTTP, dGTP, dCTP), 0,2 μ M de cada primer, 50 ng de DNA genômico e uma Unidade de Taq DNA polimerase (Pharmacia Biotech, EUA).

As amplificações foram conduzidas em Termociclador Perkin Elmer modelo 9700, empregando-se o esquema de touchdown com ciclo inicial de 3 min a 94 °C, seguido de 40 seg. a 94 °C, 40 seg. a 55 °C, reduzindo um grau a cada ciclo, 1 min a 72 °C, num total de 10 ciclos, seguidos de 25 ciclos de 40 seg. a 94 °C, 40 seg. a 45 °C e 60 seg. a 72 °C.

Os fragmentos foram separados em géis de agarose ultrapura 1000 a 3% (Invitrogen) sob condições-padrão, e os produtos da amplificação foram corados com brometo de etídeo para a visualização dos alelos.

4. Análise dos dados

Os dados agronômicos, físicos e químicos dos frutos foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% utilizando-se o aplicativo estatístico-computacional Genes (CRUZ e SCHUSTER, 2004).

As medidas de dissimilaridade entre todos os 26 acessos, considerando as características agronômicas, físicas e químicas dos frutos, foram calculadas por meio da distância Euclidiana média. Foi realizada a análise de componentes e utilizou-se, também, o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa destes caracteres para a divergência genética. Todas as análises foram realizadas no aplicativo genético computacional Genes (CRUZ e REGAZI, 1997).

Em relação às análises com SSR, os fragmentos amplificados foram avaliados como ausente (0) e presente (1). A similaridade genética entre os 26 genótipos foi calculada a partir do coeficiente de Nei e Li (1979).

A análise combinada envolvendo as matrizes de dados s e químicos dos frutos e moleculares (SSR) foi realizada utilizando a distância de Gower (GOWER, 1971):

$$D_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p W_{ijk} * d_{ijk}}{\sum_{k=1}^p W_{ijk}}$$

Onde: W_{ijk} : distribuição da k -ésima variável para a distância total entre indivíduos i e j .

d_{ijk} : corresponde ao peso dado para a ijk -ésima comparação, com valor '1' para comparações válidas e '0' para inválidas.

Este índice é caracterizado por utilizar, de forma conjunta, os dados binários dos marcadores moleculares e os dados quantitativos dos caracteres morfológicos, gerando a estimativa de um índice único de similaridade que varia de 0 a 1.

A matriz de distância de Gower foi utilizada para fazer o agrupamento dos 26 acessos pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Averages*) por meio do software NTSYS-pc (ROHLF, 2000).

Resultados e Discussão

Pela análise de variância (Tabela 3) constatou-se que houve diferenças significativas entre as médias dos acessos de bananeira para todas as características agrônômicas avaliadas, exceção ao número de filhos na colheita (NFI). O coeficiente de variação oscilou de 9,12% (DPC) a 57,08% (NFI). Esses valores estão dentro da faixa observada para as mesmas características por Amorim et al. (2009a).

A altura de planta (ALP) variou de 1,44 m para o triplóide Walha (genoma AAB) a 3,54 m para o híbrido tetraplóide Ambrosia (genoma AAAA), com média de 2,79 m (Tabela 3). Por meio do teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), houve a formação de quatro agrupamentos, com o diplóide melhorado 2803-01 (Tuugia x Calcutta) e o triplóide Walha, do último grupo, com os menores valores

para esse caráter. Pelos dados, percebe-se ampla variabilidade genética para altura de planta entre os acessos analisados, fato positivo para o melhoramento desta fruteira, uma vez que é possível identificar parentais diplóides para hibridação visando o desenvolvimento de híbridos de porte reduzido.

Para o diâmetro do pseudocaule, a média ficou em 17,76 cm, com maiores valores para os tetraplóides Ambrosia e Calipso, do primeiro grupamento (Tabela 3). Essa característica está relacionada ao vigor, a resistência à quebra do pseudocaule, refletindo a capacidade de sustentação do cacho. Genótipos que apresentam maior diâmetro do pseudocaule são menos suscetíveis ao tombamento (SILVA et al., 1998; SILVA et al., 2002; DONATO, 2003). Por serem plantas delgadas, os diplóides apresentaram médias baixas para diâmetro de pseudocaule, com os menores valores observados para os diplóides 2803-01e Idu-110, classificados no último grupo.

A média para número de filhos na floração (NFI) foi de 2,19, com os valores variando de 0,67 para o triplóide Walha a 4,25 para o triplóide Thap Maeo, não foram observadas diferenças significativas entre os 26 acessos para esta característica. Em relação ao número de folhas (NFC), a média observada foi de 6,77, com a formação de dois agrupamentos. O maior valor médio observado foi de 9,20 folhas das cultivares Tropical e Maravilha e o menor foi do genótipo Towoolle com uma média de 2,00 folhas. Sabe-se que o enchimento dos frutos (tamanho) está diretamente correlacionado com o número de folhas vivas na colheita. Segundo Soto Ballester (1992), de maneira geral, cultivares do Subgrupo Cavendish, precisam no mínimo de oito folhas ativas por planta, para o bom desenvolvimento dos frutos.

Em relação ao comprimento do engaço (CEG) observa-se que o acesso 'Tuugia' apresentou o menor valor (14,67 cm); já o acesso Champa Madras o maior (70,00 cm). Para o diâmetro (DIE) e peso do engaço (PSE), nota-se uma relação direta, com maiores valores para os híbridos Ambrosia e Calipso (Tabela 3) e os menores diâmetro e peso do engaço apresentado pelo Tuugia.

O número de pencas (NPC) e de frutos (NFR) apresentaram média de 6 e 83, respectivamente (Tabela 1). Maiores valores para número de frutos foram observados para o triplóide Thap Maeo (158), seguido dos tetraplóides Ambrosia (154), Calipso (138) e do triplóide Caipira (132), classificados no primeiro grupo. Normalmente se observa uma correlação entre o número de pencas e de frutos.

Esses caracteres são de grande interesse para o produtor e de importância fundamental para o melhoramento genético da bananeira, uma vez que a penca e frutos constituem-se na unidade comercial, além do que, um aumento no número de pencas pode acarretar em elevação no peso do cacho, caráter que expressa à produtividade do genótipo (SILVA et al., 2003; FLORES, 2000). Resultados de agrupamentos semelhantes foram observados para peso do cacho, uma vez que esse caráter é função do número de pencas e de frutos por cacho, além do peso médio de cada fruto.

Na avaliação para Sigatoka amarela, na floração observou-se a formação de cinco grupos e na colheita foram formados três grupamentos. Observou-se que a maioria dos genótipos apresentou comportamento resistente à doença, à exceção do Jaran e Malbut, (Tabela 1). Pelo quadro, é possível planejar novas combinações envolvendo diplóides e tetraplóides, visando desenvolver novas cultivares com boas características agronômicas.

Em relação às características físicas e químicas dos frutos, foram detectadas diferenças significativas para todas as características analisadas, com exceção da acidez titulável (Tabela 4). O coeficiente de variação oscilou de 0,86% para flavonóides a 31,24% para peso do fruto.

Para comprimento dos frutos (CFR), a média foi de 13,31 cm, com variação de 6,78 para o diplóide Jaran a 18,72 para o tetraplóide Calipso e observou-se a formação de cinco grupos. De maneira geral, os tetraplóides apresentaram maior média para CFR (15,71 cm quando comparados aos triplóides (13,24cm) e diplóides (10,98 cm). Comportamento semelhante foi observado para o diâmetro e peso médio dos frutos e para peso e diâmetro da polpa, que formaram cinco, quatro, quatro e seis grupamentos respectivamente (Tabela 4).

Lima et al. (2005) avaliando genótipos de bananeira, incluindo triplóides e tetraplóides, encontraram variação para o comprimento do fruto de 13 a 18 cm, enquanto que para o diâmetro, a média foi 3,0 cm, portanto próximos aos observados neste trabalho.

A espessura da casca teve média de 0,24 cm, com variação de 0,13 cm para o diplóide Idu-110 a 0,47 cm para o triplóide Bakar. Pelo método de agrupamento de Scott e Knott (1974) houve a formação de três grupos (Tabela 2). O mesmo comportamento foi observado para a firmeza da polpa (FIP) cujas médias variaram de 0,67 Lb (M-48) a 1,22 Lb (Teparod).

A média para sólidos solúveis foi de 19,48 °Brix, com variação de 14,60 °Brix para o triplóide Towoolle a 25,70 °Brix para o tetraplóide Teparod. Foram formados três grupos pelo Teste Agrupamento de Scott e Knott. Esses resultados assemelham-se aos descritos por Soto Ballester (1992) em bananeira. Não foi observada variação para acidez total entre os acessos (Tabela 4).

Os diplóides apresentaram média de 23,21 mg 100 g⁻¹ de vitamina C. Amorim et al. (2007) observaram uma variação de vitamina C de 21 a 54 mg 100 g⁻¹ ao avaliarem os diplóides de bananeira corroborando com estes resultados cuja a variação foi de 9,03 mg 100 g⁻¹ do diplóide M-48 a 51,10 mg 100 g⁻¹ do diplóide Tuugia, com o tetraplóide Teparod atingindo o maior valor 76,83 mg 100 g⁻¹. Estes resultados indicam a possibilidade da obtenção de cultivares tetraplóides com altos níveis de vitamina C, a partir do cruzamento de diplóides e triplóides ricos nesta substância.

A média para os teores de polifenóis totais dos 26 acessos de bananeira foi de 3,19 mg 100 g⁻¹, com variação de 12,84 mg 100 g⁻¹ para o triplóide Toowolee a 257,80 mg 100 g⁻¹ para o tetraplóide Teparod (Tabela 4).

Os flavonóides totais dos 26 acessos de bananeira apresentaram média de 2,25 mg 100 g⁻¹ e variação foi de 0,85 mg 100 g⁻¹ (Maravilha AAAB) a 6,64 mg 100 g⁻¹ (Teparod ABBB), o que indica a existência de ampla variação para esta substância nesses acessos (Tabela 4). Entre os diplóides, a média foi de 2,96 mg 100 g⁻¹, com destaque para Pipit (4,68 mg 100 g⁻¹). Para os triplóides, a variação foi de 1,09 a 4,02 mg 100 g⁻¹; já para os tetraplóides, a média ficou em 1,98 mg 100g⁻¹, destacando-se Teparod (6,64 mg 100 g⁻¹). Lako et al. (2007) encontraram variação de 2,00 mg 100 g⁻¹ a 10,00 mg 100 g⁻¹ de flavonóides em diferentes genótipos de *Musa* sp. Resultados semelhantes foram observados por García-Alonso et al. (2004), com média de 0,26 mg 100 g⁻¹ em diferentes cultivares de bananeira.

Esses resultados permitem concluir sobre a possibilidade da obtenção de cultivares com altos níveis de polifenóis, flavonóides, Vitamina C e carotenóides, por meio de cruzamentos e seleção na progênie. Cultivares com este perfil tem potencial de neutralizar radicais livres, prevenindo certas doenças, entre elas alguns tipos de câncer (VIJAYAKUMAR et al., 2008).

Em relação às análises com microssatélites, o número de alelos obtidos foi 94, com média de 7,23 alelos por *primer*. O maior número de alelos foi

identificado no *primer* AGMI 103-103 (11 alelos) e o menor número no *primer* MAOCEN 01 (4 alelos) (Tabela 2). O número médio de alelos por loco SSR é similar ao obtido com outros estudos realizados em banana (KAEMMER et al., 1997; GRAPIN et al., 1998; CRESTE et al., 2003; CRESTE et al., 2004; CRESTE et al., 2006; NING et al., 2007; AMORIM et al., 2008; AMORIM et al., 2009b).

O conteúdo de informação de polimorfismo (PIC) variou de 0,72 para os *primers* AGMI 24-25, MAOCEN 03 e Mb 1-100 a 0,91 para o *primer* MAOCEN 12, com média de 0,81. A correlação entre o número de alelos e o PIC foi alta ($r = 0,76$, $P \leq 0,005$), indicando que *primers* com maior número de alelos apresentam maior poder discriminatório entre os genótipos avaliados.

A análise de componentes principais, considerando as 12 características agrônômicas, está apresentada na Tabela 5. Os três primeiros componentes explicaram 74,62% do total da variação observada. Por meio da Figura 1, é possível identificar a formação de quatro agrupamentos. No entanto, é possível visualizar acessos mais divergentes em relação aos agrupamentos, entre eles os acessos 17 (Pacha Nadam), 18 (Champa Madras) e 3 (Malbut).

Considerando as 14 características físicas e químicas dos frutos, os três primeiros componentes principais explicaram 68,3% da variação total entre os 26 acessos (Tabela 6). Foram formados quatro agrupamentos e identificados quatro acessos como sendo os mais divergentes: 13 (Nam), 17 (Pacha Nadam), 24 (Porp) e 26 (Teparod) (Figura 2). Não foi observada coincidência entre os agrupamentos considerando as características agrônômicas e as físicas e químicas dos frutos, exceção ao triplóide Pacha Nadam.

A análise utilizando o critério de Singh (1981), para estimar a contribuição relativa de cada característica para a expressão da divergência genética, indicou que o número de frutos contribuiu com 83,80% da variação, considerando as 12 características agrônômicas (Tabela 7). Já para as 14 características físicas e químicas dos frutos, o peso dos frutos e o peso da polpa contribuíram com 59,42% e 30,32% da variação, respectivamente (Tabela 8). Resultados semelhantes foram observados por Amorim et al. (2009), avaliando diplóides de bananeira. As características que mais contribuíram para a variabilidade genética desses diplóides foram: altura de planta (22,80%), número de pencas (26,04%), diâmetro do pseudocaule (12,04%) e o número de frutos (12,26%).

Considerando as matrizes de distância obtidas por meio das análises agronômicas, físicas e químicas dos frutos e moleculares (SSR), foi elaborado um dendrograma utilizando o algoritmo de Gower (1971) (Figura 4). Adotando-se a divergência genética média (0,57) como ponto de corte, foram formados três agrupamentos: G1 formado pelos diplóides Jaran, 2803-01 e M-48; G2 pelos diplóides Malbut e Ido 110 e G3 pelos 21 acessos tri e tetraplóides, incluindo dois diplóides 'Tuugia' e 'Pipit'. Os acessos mais divergentes 'Porp' (tetraplóide AAAB) e 'Jaran' (diplóide AA) apresentaram concentrações de compostos funcionais (carotenóides, flavonóides, polifenóis e vitamina C) também divergentes (Tabela 4). Estes acessos podem ser inter cruzados visando o desenvolvimento de populações segregantes para mapeamento genético visando à identificação de genes associados com a presença destes compostos.

Conclusões

Existe variabilidade genética para a maioria das características agronômicas e físicas e químicas dos frutos entre os 26 acessos de bananeira;

O número e o peso dos frutos e o peso da polpa são responsáveis por grande parte da variação detectada entre os acessos de bananeira;

O algoritmo de Gower permite a combinação de dados agronômicos e moleculares sendo eficiente para a quantificação da variabilidade genética entre os 26 acessos de bananeira.

Referências Bibliográficas

ALVES, E. J.; OLIVEIRA, M. A. Práticas culturais. In: Alves, e. (org). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindústrias**. 2ed. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CNPMPF, 1999, p.335-352.

AMORIM, E. P.; LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; AMORIM, V. B. de O.; REIS, R. V. dos ; SANTOS-SEREJO, J. A. dos ; SILVA, S. O.. Caracterização agronômica e molecular de genótipos diplóides melhorados de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Brasília v. 31, p. 154-161, 2009a.

AMORIM, E. P.; COHEN, K. O.; AMORIM, V. B. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; SILVA, S. O.; VILARINHOS, A. D.; MONTE, D. C.; PAES, N. S.; REIS, R. V. The

genetic diversity of carotenoid-rich bananas measured by Diversity Arrays Technology (DArT). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, 2009b.

AMORIM, E. P.; REIS, R. V.; AMORIM, V. B. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; SILVA, S.O. Variabilidade genética estimada entre diplóides de banana por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1045-1052, 2008.

AMORIM, E. P., RAMOS, N. P., UNGARO, M. R. G., KIIHL, T. A. M. Divergência genética em genótipos de girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1637-1644, 2007.

AOAC. **Official methods of analysis**. Association of Official Analytical Chemists. 16 ed. Arlington, 1997.

CRESTE, S. **Avaliação da variabilidade genética em *Musa* spp. utilizando marcadores microssatélites**. 2002. 86 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CRESTE, S.; BENATTI, T.; ORSI, M. R.; RISTERUCCI, A. M.; FIGUEIRA, A. Isolation and characterization of microsatellite loci from a commercial cultivar of *Musa acuminata*. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 6, n.2, p.303-306, 2006.

CRESTE, S.; NETO, A. T.; VENCOVSKY, R.; SILVA, S. O.; FIGUEIRA, A. Genetic diversity of *Musa* diploid and triploid accessions from the Brazilian banana breeding program estimated by microsatellite markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.51, n.7, p.723-733, 2004.

CRESTE, S.; TULMANN NETO, A.; SILVA, S. O.; FIGUEIRA, A. Genetic characterization of banana cultivars (*Musa* spp.) from Brazil using microsatellite markers. **Euphytica**, Wageningen, n. 132, p. 259-268, 2003.

CROUCH, H. K.; CROUCH, J. H.; JARRET, R. L.; CREGAN, P.B.; ORTIZ, R. Segregation at microsatellite loci in haploid and diploid gametes of *Musa*. **Crop Science**, Madison, v.38, p.211-217, 1998.

CRUZ, C. D.; SCHUSTER, I. **GQMOL – Aplicativo computacional para análise de dados moleculares e de suas associações com caracteres quantitativos**. Versão 2004.2.1. Viçosa: UFV, 2004.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997.

- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. Routine Post-Harvest Screening of Banana/Plantain Hybrids:Criteria and Methods. **Inibap Technical Guidelines**. Inibap, Montpellier, 2003, 16p.
- DONATO, S. L. R.; SILVA, S. O. e; PASSOS, A. R.; LIMA NETO, F. P.; LIMA, M. B. Avaliação de variedades e híbridos de bananeiras sob irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Brasília, v.25, p.348-351, 2003.
- DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, Rockville, v.12, n.1, p.13-15, 1990.
- FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. Acessado em: 21/01/2009. Disponível em: www.faostat.fao.org/site/340/default.aspx.
- FLORES, J. C. de O. **Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira (*Musa spp.*) em quatro ciclos de produção em Cruz das Almas, BA**. Cruz das Almas – BA, 2000. 109p.
- GARCÍA-ALONSO, M.; PASCUAL-TERESA, S.; SANTOS-BUELGA, C.; RIVAS-GONZALO, J. C. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, Salamanca, n. 84, p.13-18, 2004.
- GAUHL, F.; PASBERG-GAUHL, C.; VUYLSTEKE, D.; ORTIZ, R. **Multiplicational evaluation of black sigatoka resistance in banana and plantain**. Abuja: International Institute of Tropical Agriculture, 1993. 59p. Research Guide 47.
- GOWER, J. C., A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v.27, p.857-874, 1971.
- GRAPIN, A.; NOYER, J. L.; CARREEL, F.; DAMBIER, D.; BAURENS, F. C.; LANAUD, C.; LAGODA, P. J. L. Diploid *Musa acuminata* genetic diversity assayed with sequence-tagged microsatellite sites. **Electrophoresis**, Weinheim, v.19, p.1374-1380,1998.
- JAIN, P.K.; SAINI, M.L.; PATHAK, H.; GUPTA, V.K. Analysis of genetic variation in different banana (*Musa species*) variety using random amplified polymorphic DNAs (RAPDs). **African Journal of Biotechnology**, Jhoannesburg, v.6, p.1987-1989, 2007.
- JENNY, C. F.; CARREEL, F.; TOMEKPE, K.; PERRIER, X.; DUBOIS, C.; HORRY, J. P.; MONTCEL, H. T. Les bananiers. In: HAMON, P.; SEGUIN, M.; PERRIER, X.; GLAZMAN, J.C. (Ed). **Divesité génétique des plantes tropicales**. Montpellier: Cirad, 1999. p.113-139.

- KAEMMER, D.; FISCHER, D.; JARRET, R.L.; BAURENS, F.C.; GRAPIN, A.; DAMBIER, D.; NOYER, J. L.; LANAUD, C.; KAHL, G.; LAGODA, P. J. L. Molecular breeding in genus *Musa*: a strong case for STMS marker technology. **Euphytica**, Dordrecht, Netherlands, v.96, p.49-63, 1997.
- LAGODA, P. J. L.; NOYER, J. L.; DAMBIER, D.; BAURENS, F. C.; GRAPIN, A.; LANAUD, C. Sequence tagged microsatellite site (STMS) markers in the Musaceae. **Molecular Ecology**, Oxford, v.7, p. 659-663, 1998.
- LAKO, J.; TRENERRY, V. C.; WAHLQVIST, M.; WATTANAPENPAIBOON, N.; SOTHEESWARAN, S.; PREMIER, R. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. **Food Chemistry**, London, v. 101, p.1727-1741, 2007.
- 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 of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, n.10, p.1390-1393. 1997.
- LIMA, M. B.; SILVA, S. de O.; JESUS, O. N. de; OLIVEIRA, W. S. J. de; AZEVEDO, R. L. de. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira no Recôncavo Baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 515-520, 2005.
- MASCARENHAS, G. Análise do mercado brasileiro de banana. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, n.134, p.4- 12, 1997.
- NEI, M.; LI, W. H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. **Procedures of National Academic Science**, v.76, p.5269-5273, 1979.
- NING, S. P.; XU, L. B.; LU, Y.; HUANG, B. Z.; GE, X. J. Genome composition and genetic diversity of *Musa* germplasm from China revealed by PCR-RFLP and SSR markers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.114, p.281-288, 2007.
- NSABIMANA, A.; STADEN, J. van. Assessment of genetic diversity of Highland bananas from the National Banana Germplasm Collection at Rubona, Rwanda using RAPD markers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.113, p.293-299, 2007.
- OBANDA, M.; OWUOR, P.O. Flavanol Composition and Caffeine Content of Green Leaf as Quality Potencial Indicators of Kenyan Black Teas. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**. San Diego, v. 74, p. 209-215. 1997.

- ORIERO, C.E.; ODUNOLA, O.A.; LOKKO, Y.; INGELBRECHT, I. Analysis of B-genome derived simple sequence repeat (SSR) markers in *Musa* spp. **African Journal of Biotechnology**, Johannesburgo, v.5, p.126-128, 2006.
- PILLAY, M.; OGUNDIWIN, E.; NWAKANMA, D.C.; TENKOUANO, G.U.A. Analysis of genetic diversity and relationships in East African banana germplasm. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.102, n.6-7, p.965-670, 2001.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI Human Nutrition Institute. Ed. ILSI Press, Estados Unidos, 1ª ed. 1999, 64p.
- ROHLF, F. J., *NTSYS pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*. Exeter Software, New York 2000.
- RIJKE, E.; OUT, P.; NIESSEN, W. M. A.; ARIESE, F.; GOOIJER, C.; BRINKMAN, U. A. T. Analytical separation and detection methods for flavonoids. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v.112, n.1-2, p.31-63, 2006.
- RUANGSUTTAPHA, S.; EIMERT, K.; SCHRÖDER, M. B.; SILAYOI, B.; DENDUANGBORIPANT, J.; KANCHANAPOOM, K. Molecular phylogeny of banana cultivars from Thailand based on HAT-RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht-Holanda, v.54, p.1565-1572, 2007.
- SCOTT, A. J., KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- SILVA, S. O.; MATOS, A. P.; ALVES, E. J. Melhoramento genético da bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 693-703, 1998.
- SILVA, S. O.; MORAIS, L.S.; SANTOS-SEREJO, J.A. **Melhoramento genético de bananeira para resistência a doenças**. In: ROMÃO, R.L.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). Recursos genéticos vegetais no Estado da Bahia. Feira de Santana: UEFS, 2005. p.49-67.
- SILVA, S. O.; PASSOS, A. R.; DONATO, S. L. R.; SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, L. V.; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA NETO, F. P.; LIMA, M. B. Avaliação de genótipos de bananeira em diferentes ambientes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 737-748, 2003.
- SILVA, S. O.; ALVES, E. J.; LIMA, M. B.; SILVEIRA, J. R. S. **Bananeira**. In: BRUCKNER, C.H. Melhoramento de Fruteiras Tropicais. Viçosa: UFV, p.101-157, 2002.

- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.41, n.1, p.237-245, 1981.
- SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. 2. ed. San José, Costa Rica: Litografía e Imprenta Lil, 1992. 674 p.
- STOVER, R.H. **Banana, plantain, and abaca diseases**. London, England, Commonwealth Mycol. Inst., Kew, Surrey, 316p, 1972.
- TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. **Annals of Biochemistry**, Stoneham, v.4, n.2, p.604-608, 1979.
- UDE, G.; PILLAY, M.; NWAKANMA, D. C.; TENKOUANO, A. Analysis of genetic diversity and sectional relationships in *Musa* using AFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v.104, p.1239-1245, 2002a.
- UDE, G.; PILLAY, M.; NWAKANMA, D.; TENKOUANO, A. Genetic diversity in *Musa acuminata* Colla and *Musa balbisiana* Colla and some of their natural hybrids using AFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, n.104, p.1246–1252, 2002b.
- VIJAYAKUMAR, S.; PRESANNAKUMAR, G.; VIJAYAKUMAR, N.R. Antioxidant activity of banana flavonoids. **Fitoterapia**, Milano, v.79, p.279-282, 2008.
- WAN, Y.; WATANABE, J.A.; YI, S.S.; HTAIK, T.; WIN, K.; YAMANAKA, S.; NAKAMURA, I.; WATANABE, K.N. Assessment of genetic diversity among the major Myanmar banana landraces. **Breeding Science**, Madison, v.55, p.365-369, 2005.
- WANG, X.L.; CHIANG, T.Y.; ROUX, N.; HAO, G.; GE, X.J. Genetic diversity of wild banana (*Musa balbisiana* Colla) in china as revealed by AFLP markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht-Holanda, v.54, p.1125-1132, 2007.

Tabela 1. Acessos de bananeira pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, indicando seu nível de ploidia e origem. Cruz das Almas, 2009.

Cod./Acesso	Ploidia	Origem	Cod./Acesso	Ploidia	Origem
1- Jaran	AA	Indonésia	14- Towoolle	AAA	Nova Guiné
2- 2803-01	AA	Brasil	15- Thap Maeo	AAB	Honduras
3- Malbut	AA	Nova Guiné	16- Walha	AAB	Havaí
4- Idu-110	AA	França	17- Pacha Nadan	AAB	Índia
5- Tuugia	AA	Havaí	18- C. Madras	ABB	França
6- M-48	AA	Equador	19- Ambrosia	AAAA	Brasil
7- Pipit	AA	Indonésia	20- Calipso	AAAA	Brasil
8- Caru Roxo	AAA	Brasil	21- Caipira	AAA	Brasil
9- Wasolay	AAA	Nova Guiné	22- Tropical	AAAB	Brasil
10- Markatooa	AAA	Nova Guiné	23- Maravilha	AAAB	Brasil
11- Bakar	AAA	Indonésia	24- Porp	AAAB	Nova Guiné
12- AAA Desc.	AAA	Nova Guiné	25- Ouro da Mata	AAAB	Brasil
13- Nam	AAA	Tailândia	26- Teparod	ABBB	Tailândia

Tabela 2. Locus microssatélites SSR, seqüência repetida, número de alelos e conteúdo de informação de polimorfismo (PIC).

Locos SSR	Repetição F/R	Alelos	PIC
AGMI 24-25	ttgatgtcacaatgggtgtcc/taaagggtgggttagcattagg	5	0,72
AGNI 67-68	ataccttctcccgttcttctc/tggaaacccaatcattgatc	9	0,89
AGMI 93-94	acaactaggatggtaatgtgtggaa/gatctgaggatggttctgttgagtg	9	0,82
AGMI 103	cagaatcgctaaccctatcctca/ccctttgcgtgccctaa	11	0,75
Ma 1-17	aggcggggaatcggtaga/ggcgggagacagatggagt	7	0,79
Ma 3-103	tcgcctctcttagctctg/tggtggaggatctgagattg	10	0,86
Ma 1-27	tgaatcccaatttggtcaag/caaaacactgtccccatctc	5	0,84
MAOCEN 01	tctcaggaagggcaatc/ggaccaaagggaagaaacc	6	0,85
MAOCEN 03	ggaggaaatggaggtcaaca/ttcgggataggaggaggag	4	0,72
MAOCEN 10	ggaagaaagaagtggagaatgaa/ tgaaatggataaggcagaagaa	7	0,86
MAOCEN 12	gcaagaaagaacgagaaggaaa/ gtggggagggaggcatag	6	0,91
MAOCEN 13	gctgctattttgtccttggtg/cttgatgctgggaatctgg	9	0,84
Mb 1-100	tcggctggctaatagaggaa/tctcgagggatggtgaaaga	6	0,72
TOTAL		94	-
MÉDIA		7,23	0,81

Tabela 3. Médias de 12 características agrônômicas avaliados em 26 acessos pertencentes ao BAG de bananeira da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

Acessos	Ploidia	Características agrônômicas ¹											
		ALP	DPC	NFI	NFC	CEG	DIE	PSE	NPC	NFR	PSC	SIF	SIC
Jaran	AA	2,83 b	15,73d	1,67 ^{ns}	8,67 a	52,00b	37,33b	0,33c	8,00b	148,00a	3,20d	2,35a	2,11a
2803-01	AA	1,76d	9,75f	1,50	7,25 a	22,25d	31,25b	0,24c	5,00c	67,00b	3,30d	0,71e	0,71c
Malbut	AA	2,55c	15,00d	2,67	8,33 a	25,33d	34,67b	0,20c	6,00c	64,00b	2,93d	2,12a	1,94a
Idu-110	AA	2,33c	9,67f	2,67	5,00 b	40,33b	32,00b	0,40c	7,00b	87,00b	3,30d	0,71e	0,71c
Tuugia	AA	2,53c	12,67e	2,67	6,67 a	14,67d	28,67b	0,23c	6,00c	59,00b	2,09d	0,71e	1,25b
M-48	AA	2,75b	14,67d	3,33	6,33 a	43,00b	42,00b	0,50c	6,00c	84,00b	4,57d	0,71e	0,71c
Pipit	AA	2,21c	12,00e	3,50	5,00b	34,00c	31,50b	0,28c	5,00c	92,00b	3,80d	1,14d	1,29b
Caru Roxo	AAA	3,33a	21,00b	1,67	8,00 a	48,33b	50,33a	0,80b	5,00c	64,00b	7,00c	1,58c	1,58b
Wasolay	AAA	2,64c	13,33d	2,00	7,67 a	37,33c	34,67 b	0,30c	5,00c	51,00b	3,03d	0,88e	2,35a
Markatooa	AAA	2,45c	17,50c	1,50	7,50a	33,50c	39,00b	0,49c	5,00c	63,00b	4,75d	1,73c	1,58b
Bakar	AAA	3,33a	18,00c	2,00	9,00 a	47,00b	50,00a	0,90b	6,00c	79,00b	9,80c	1,22d	1,40b
AAA Desconhecido	AAA	2,90b	16,50d	2,00	6,50 a	30,50c	40,50b	0,41c	6,00c	57,00b	6,20c	1,55c	1,40b
Nam	AAA	2,23c	16,50d	1,00	3,00b	41,50b	44,00a	0,90b	6,00c	87,00b	4,33d	1,87b	1,73b
Towoolle	AAA	2,20c	14,50d	1,50	2,00b	41,50b	40,50b	0,32c	4,00c	42,00b	2,85d	1,40c	1,40b
Caipira	AAA	2,46c	17,17c	1,33	3,00b	37,33c	51,00a	0,80b	7,00b	132,00a	9,67c	0,71e	0,71c
Thap Maeo	AAB	3,43a	20,60b	4,25	8,00a	44,25b	55,75a	0,93b	10,00a	158,00a	15,03b	0,71e	0,71c
Walha	AAB	1,44d	14,67b	0,67	2,67b	24,00d	33,67b	0,19c	4,00c	30,00b	1,71d	1,90b	1,72b
Pacha Nadan	AAB	3,47a	18,00c	2,50	3,50b	46,00b	51,00a	0,89b	7,00b	88,00b	8,47c	1,58c	1,58b
Champa Madras	ABB	3,49a	21,50b	2,00	5,00b	70,00a	45,50a	0,65b	7,00b	94,00b	12,90b	0,71e	0,71c
Ambrosia	AAAA	3,54a	24,42a	1,80	7,40a	38,00c	60,60a	1,82a	9,00a	154,00a	21,26a	0,71e	0,71c
Calipso	AAAA	3,15a	24,56a	1,60	7,00a	36,80c	58,00a	1,60a	8,00b	138,00a	18,62a	0,71e	0,71c
Tropical	AAAB	2,76b	20,40b	1,80	9,20a	45,60b	48,20a	0,80b	6,00c	92,00b	9,96c	0,71e	0,71c
Maravilha	AAAB	2,66c	20,60b	3,00	9,20a	44,00b	48,80a	0,61b	5,00c	53,00b	6,74c	1,58c	1,75b
Porp	AAAB	2,85b	20,25b	3,00	7,75a	34,50c	46,25a	0,53c	5,00c	51,00b	5,95c	1,22d	1,58b
Ouro da Mata	AAAB	3,22a	20,67b	2,67	8,67a	47,67b	51,33a	0,70b	5,00c	78,00b	6,75c	1,29c	1,39b
Teparod	ABBB	2,93b	18,00c	2,00	5,00b	34,00c	36,67b	0,33 c	6,00c	37,00b	3,87d	0,71e	1,00c
F (Trat.)		12,30*	22,05*	1,38 ^{ns}	2,37*	3,87*	7,97*	8,95*	4,59*	5,97*	14,93*	22,80*	7,89*
CV (%)		9,77	9,12	57,08	35,28	23,91	13,44	40,22	21,53	32,76	33,77	17,07	26,61
Média geral		2,79	17,76	2,19	6,77	38,59	44,34	0,67	6,00	83,00	7,78	1,08	1,35

¹ ALP: altura de planta (cm), DPC: diâmetro do pseudocaule (cm), NFI: número de filhos, NFC: número de folhas, CEG: comprimento do engaço (cm), DIE: Diâmetro do engaço (mm), PSE: peso do engaço (kg), NPC: número de pencas, NFR: número de frutos, PSC: Peso do cacho (kg), SIF: Sigatoka amarela na floração, SIC: Sigatoka amarela na colheita, * significativo a 5%; ^{ns}: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Médias de 14 características físicas e químicas dos frutos avaliadas em 26 acessos pertencentes ao BAG de bananeira Embrapa. Cruz das Almas, 2009.

Acessos	Ploidia	Características físicas e químicas dos frutos ¹													
		CFR	DIF	PFR	PPO	DIP	ESC	FIP	SS	ACT	PH	CTN	FLA	PLF	VIT
Jaran	AA	6,78 e	2,45d	23,56d	16,59d	1,98f	0,19c	0,88c	17,74d	0,11a	5,13a	8,23a	2,47e	28,76m	17,61k
2803-01	AA	14,22b	2,25e	49,30d	31,49d	1,86f	0,21c	0,86c	18,93d	0,12	4,86b	3,53e	2,88d	38,51h	31,52f
Malbut	AA	9,67d	3,08c	49,39d	36,57d	2,72c	0,16c	0,98b	17,70d	0,14	4,52c	6,88b	2,09f	26,90n	20,42j
Idu-110	AA	10,22c	2,49d	37,11d	28,15d	2,22e	0,13c	0,94c	20,67c	0,13	4,96b	2,86f	2,88d	40,96g	20,10j
Tuugia	AA	12,22c	2,16e	36,48d	24,36d	1,82f	0,14c	0,70d	20,73c	0,13	4,69c	1,41g	1,64g	31,05l	51,10c
M-48	AA	15,11b	2,19e	49,21d	34,30d	1,85f	0,15c	0,67d	15,27e	0,13	4,64c	3,52e	4,08c	41,18g	9,03n
Pipit	AA	8,67b	2,56d	31,56d	16,89d	2,15f	0,30b	0,78d	17,65d	0,10	5,06a	2,95f	4,68b	61,48e	15,72l
Caru Roxo	AAA	14,67b	3,73b	113,98b	84,41b	3,30b	0,28b	0,82c	20,87c	0,12	4,92b	5,91c	2,16f	33,32j	24,63i
Wasolay	AAA	13,78b	2,68d	63,33c	47,13c	2,30e	0,17c	0,81c	18,00d	0,18	4,20d	3,15e	1,16h	17,51p	14,72l
Markatooa	AAA	13,83b	3,04c	82,60c	60,37c	2,64d	0,19c	0,87c	17,90d	0,14	4,61c	2,29f	1,09h	16,23q	14,41l
Bakar	AAA	15,25b	3,60b	116,08b	67,48b	2,75c	0,47a	1,13a	18,50d	0,10	4,79b	3,99e	1,61g	79,14c	29,43g
AAA Desc.	AAA	17,67a	3,93a	144,32a	112,03a	3,57a	0,20c	1,20a	19,70c	0,21	4,44c	2,45f	2,45e	35,48i	54,20b
Nam	AAA	11,58c	3,07c	67,61c	46,31c	2,44d	0,20c	0,90c	20,40c	0,11	5,26a	2,77f	2,75d	31,86k	44,67d
Towoolle	AAA	11,83c	3,15c	72,73c	56,14c	2,92c	0,19c	0,70d	14,60e	0,16	4,62c	2,33f	2,04f	12,84s	10,87m
Caipira	AAA	11,67c	3,37c	68,58c	53,37c	3,01b	0,17c	0,89c	21,40c	0,09	5,03a	1,05g	1,72g	146,31b	11,48m
Thap Maeo	AAB	11,67c	4,00a	95,98b	74,49b	3,55a	0,24c	0,98b	17,07d	0,18	3,84d	3,78e	1,50g	15,71q	37,21e
Walha	AAB	10,61c	2,96c	57,48c	37,14d	2,52d	0,24c	1,03b	18,27d	0,14	5,16a	2,52f	4,02c	43,41f	17,85k
P. Nadan	AAB	13,67b	3,62b	110,88b	73,96b	3,17b	0,28b	0,97b	22,70b	0,16	4,41c	5,83c	1,86g	64,90d	26,85h
C. Madras	ABB	12,75c	4,07a	134,63a	94,34a	3,62a	0,41a	1,21a	17,80d	0,16	4,38c	3,34e	1,76g	27,41n	12,45m
Ambrosia	AAAA	18,11a	3,85b	162,42a	107,70a	3,16b	0,38a	0,93c	18,47d	0,11	4,73b	1,39g	1,38h	27,52n	11,60m
Calipso	AAAA	18,72a	3,76b	150,28a	104,52a	3,16b	0,26c	0,84c	20,13c	0,12	4,85b	1,40g	1,35h	27,12n	9,49n
Tropical	AAAB	15,28b	4,21a	152,37a	113,98a	3,77a	0,30b	1,02b	20,00c	0,15	4,34c	0,98g	1,20h	14,83r	14,68l
Maravilha	AAAB	16,89a	3,78b	131,40a	82,14b	3,02b	0,34a	0,90c	20,73c	0,19	4,46c	1,89g	0,85h	16,03q	9,66n
Porp	AAAB	13,67b	4,30a	137,21a	103,10a	3,78a	0,29b	0,98b	19,80c	0,19	4,29c	2,34f	1,08h	14,77r	13,65l
O. da Mata	AAAB	13,61b	3,31c	94,19b	64,66b	2,92c	0,20c	0,83c	23,73b	0,15	4,43c	4,70d	1,42g	24,56o	19,45j
Teparod	ABBB	13,72b	3,65b	119,78b	73,93b	3,03b	0,30b	1,22a	25,70a	0,07	5,27a	1,44g	6,64a	257,80a	76,83a
F (Trat.)		20,53*	32,03*	19,3*2	20,89*	35,60*	10,25*	10,54*	11,64*	13,92 ^{ns}	7,83*	40,79*	105,19*	34877,64*	1161,36*
CV (%)		13,64	10,33	31,24	30,47	10,49	30,79	13,72	10,38	18,59	7,84	12,72	8,11	0,86	2,90
Média geral		13,31	3,26	89,95	62,98	2,80	0,24	0,91	19,48	0,13	4,68	3,19	2,25	45,31	23,82

¹ CFR: Comprimento do fruto (cm), DIF: diâmetro do fruto (cm), PFR: peso do fruto (g), PPO: peso da polpa (g); DIP: diâmetro da polpa (cm), ESC: espessura da casca (cm), FIP: firmeza da polpa (Lb), SS: sólidos solúveis (^oBrix), ACT: acidez titulável, pH, CTN; carotenóides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), FLA: flavonóides ($\text{mg}\ 100\ \text{g}^{-1}$), PLF: polifenóis ($\text{mg}\ 100\ \text{g}^{-1}$), VIT: vitamina C ($\text{mg}\ 100\ \text{g}^{-1}$), * significativo a 5%; ^{ns}: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Análise de componentes principais (ACP) para 12 características agrônômicas em 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

ACP ¹	'Eigenvalu e'	Porcentagem da variação total	Porcentagem da variação cumulativa
ALP	5,83	48,61	48,61
DPC	1,69	14,11	62,72
NFI	1,42	11,89	74,62
NFC	1,02	8,56	83,18
SIF	0,83	6,92	90,11
SIC	0,44	3,72	93,84
PSE	0,27	2,25	96,09
CEG	0,21	1,75	97,84
DIE	0,11	0,97	98,82
PSC	0,06	0,54	99,37
NPC	0,04	0,35	99,72
NFR	0,03	0,27	100,00

¹ ALP: altura de planta; DPC: diâmetro do pseudocaule; NFI: número de filhos, NFC: número de folha; SIF: Sigatoka amarela na floração, SIC: Sigatoka amarela na colheita; PSE: peso do engaço; CEG: comprimento do engaço; DIE: Diâmetro do engaço; PSC: Peso das pencas; NPC: número de pencas, NFR: número de frutos.

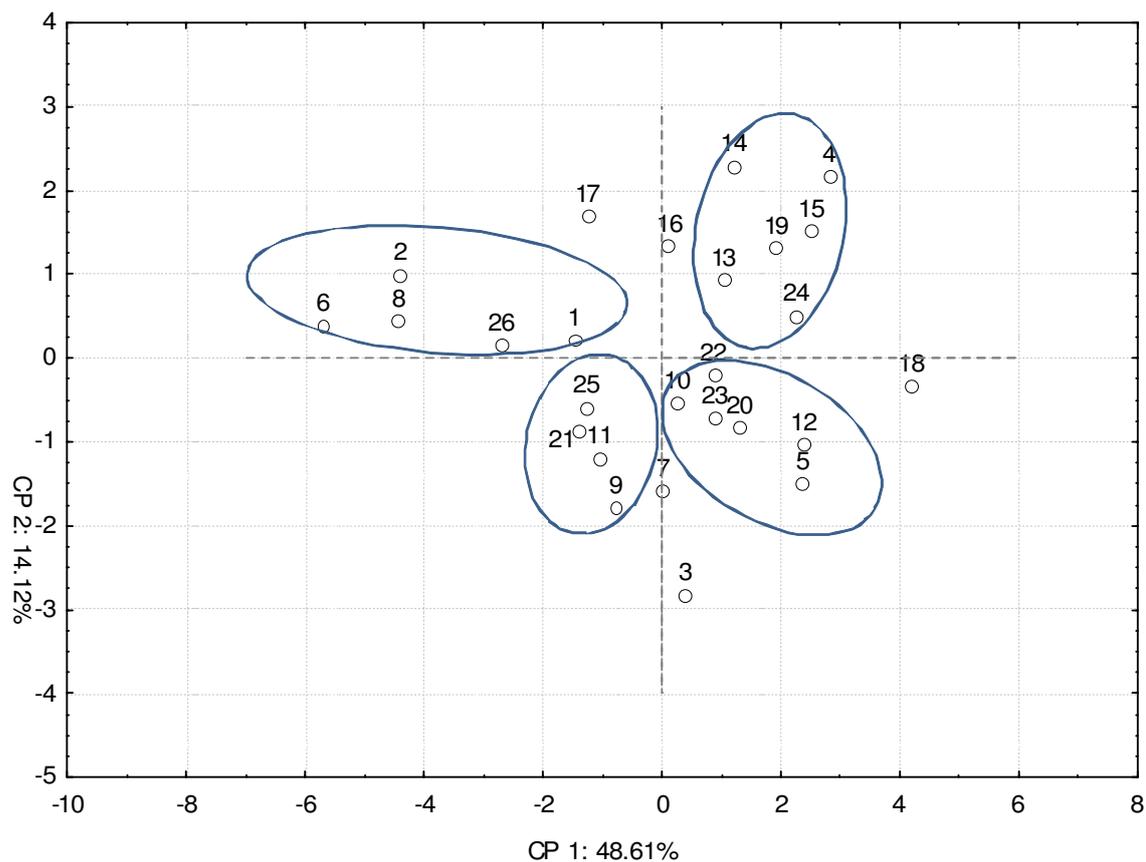


Figura 1. Análise de componentes principais para 12 características agrônômicas em 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

Tabela 6. Análise de componentes principais para 14 características físicas e químicas dos frutos em 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

ACP ¹	'Eigenvalue'	Porcentagem da variação total	Porcentagem da variação cumulativa
CFR	6.6	43.9	43.9
DAF	2057.0	13.7	57.7
PSF	1.6	10.7	68.3
PSP	1.1	7.5	75.9
DAP	1.0	6.9	82.7
ESC	0.8	6.8	89.5
FIP	0.6	5.3	93.5
SS	0.4	2.4	94.5
ACT	0.2	1.5	98.7
PH	0.1	1.0	99.7
VIT	0.0	0.2	99.9
PLF	0.0	0.0	100.0
FL	0.0	0.0	100.0
CTNA	0.0	0.0	100.0

¹ CFR: Comprimento do fruto; DAF: diâmetro do fruto; PSF: peso do fruto; PSP: peso do polpa; DAP: diâmetro da polpa; ESC: espessura da casca; FIP: firmeza da polpa; SS: sólidos solúveis; ACT: acidez titulável, pH, VIT: vitamina C; PLF: polifenóis; FLA: flavonóides; CTN: carotenóides.

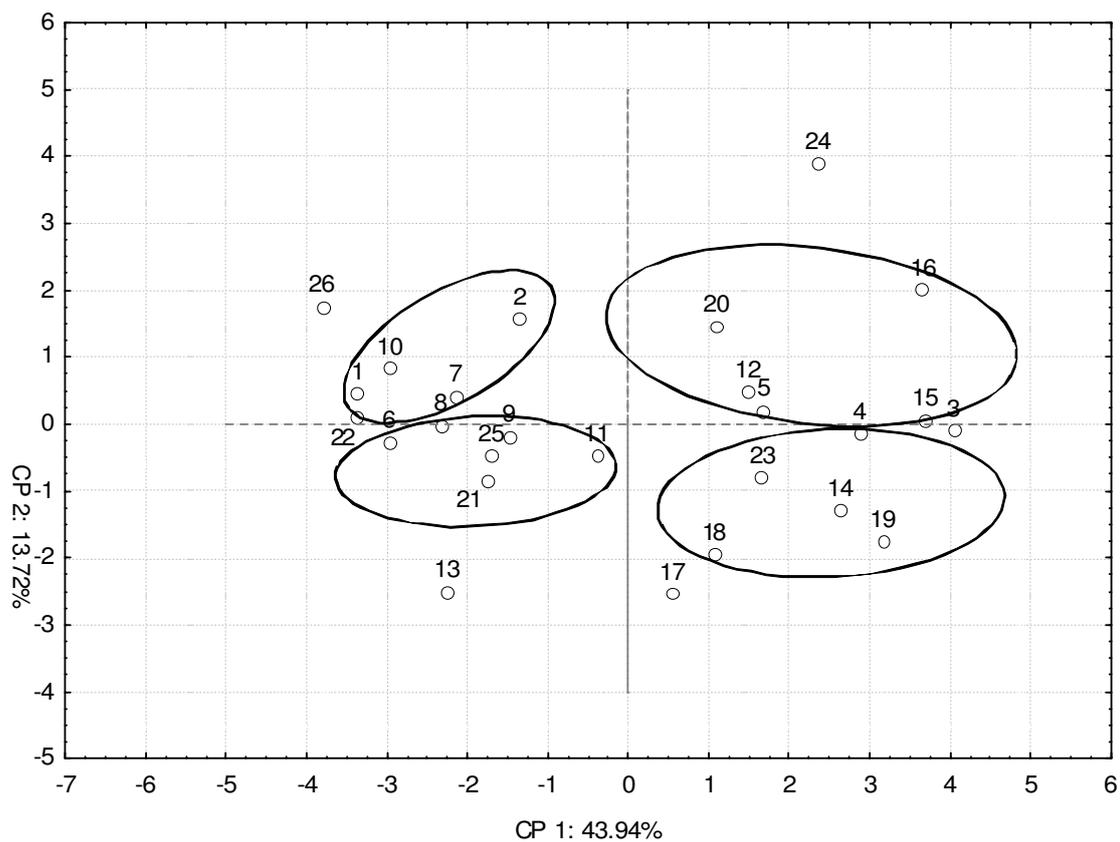


Figura 2. Análise de componentes principais para 14 características físicas e químicas dos frutos em 26 acessos de banana pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

Tabela 7. Importância relativa de 12 características agronômicas para estudo da diversidade genética entre 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

Características ²	<i>S.j</i> 1	<i>S.j</i> (%) ¹
ALP	189.62	0.02
DPC	10367.64	1.01
NFI	438.00	0.04
NFC	3146.39	0.30
SIF	1328.97	0.13
SIC	1255.98	0.12
PSE	106.71	0.01
CEG	78005.18	7.65
DIE	51985.57	5.09
PSC	16822.58	1.65
NPC	1464.11	0.14
NFR	854305.11	83.80

¹*S.j*: contribuição da variável *x* para o valor da distância Euclidiana entre os genótipos *i* e *j*.

² ALP: altura de planta; DPC: diâmetro do pseudocaule; NFI: número de filhos, NFC: número de folhas; SIF: Sigatoka amarela na floração, SIC: Sigatoka amarela na colheita; PSE: peso do engaço; CEG: comprimento do engaço; DIE: Diâmetro do engaço; PSC: Peso das pencas; NPC: número de pencas, NFR: número de frutos.

Tabela 8. Importância relativa de 14 características físicas e químicas dos frutos para estudo da diversidade genética entre 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, 2009.

Características ²	<i>S.j</i> ¹	<i>S.j</i> (%) ¹
CFR	5330.67	0.26
DAF	280.74	0.01
PSF	1191363.85	59.42
PSP	607896.86	30.32
DAP	239.52	0.01
ESC	4.86	0.01
FIP	14.47	0.01
SS	3820.95	0.34
ACT	525.79	0.02
PH	82.3	0.01
VIT	23213.27	1.15
PLF	2646.05	0.13
FLA	1254.77	0.06
CTN	165132.45	8.23

¹*S.j*: contribuição da variável *x* para o valor da distância Euclidiana entre os genótipos *i* e *i'*

² CFR: Comprimento do fruto; DAF: diâmetro do fruto; PSF: peso do fruto; PSP: peso do fruto; DAP: diâmetro da polpa; ESC: espessura da casca; FIP: firmeza da polpa; SS: sólidos solúveis; ACT: acidez titulável, pH, VIT: vitamina C; PLF: polifenóis; FLA: flavonóides; CTN: carotenóides.

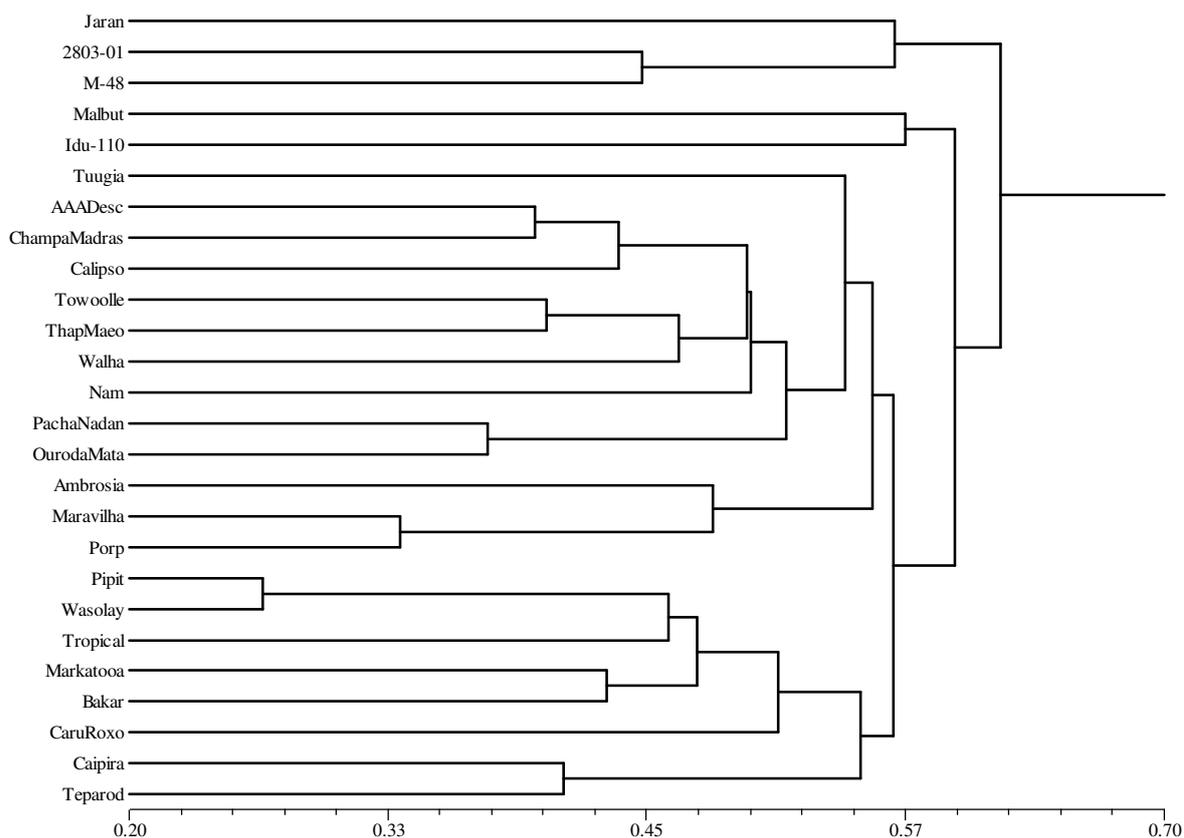


Figura 4. Diversidade genética entre 26 acessos de bananeira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical integrando os dados físicos, e químicos dos frutos e moleculares utilizando a distância de Gower (Gower, 1971). Cruz das Almas, 2009.

Conclusões Gerais

De acordo com as características agronômicas, físicas e químicas dos frutos é possível observar a existência de ampla variabilidade genética entre os 26 acessos de bananeira do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, possibilitando o planejamento de cruzamentos visando o desenvolvimento de cultivares com boas características agronômicas, físicas e químicas dos frutos.

Os marcadores microssatélites são eficientes para a quantificação da variabilidade genética entre os 26 acessos de bananeira e evidenciam que existe variabilidade genética para a maioria das características avaliadas.

O algoritmo de Gower (1971) permite a combinação de dados agronômicos e moleculares e é eficiente para a quantificação da variabilidade genética entre os 26 acessos de bananeira.