



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

Jéssica Giordano Paranhos

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA
ATRIBUTOS DE QUALIDADE DOS FRUTOS DE HÍBRIDOS DE
MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO

Petrolina - PE

2019

JÉSSICA GIORDANO PARANHOS

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA
ATRIBUTOS DE QUALIDADE DOS FRUTOS DE HÍBRIDOS DE
MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dra. Francine Hiromi Ishikawa

Co-orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Neto

Petrolina - PE

2019

L929b Lubisco, Nídia Maria Linert.

A biblioteca universitária no processo de “avaliação das condições de oferta” dos cursos de graduação pelo MEC: o caso da UFBA / Nídia Maria Linert Lubisco. 2001.

296 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Ciência da Informação, 2002.

Orientadora: Profa. Dra. Dora Leal Rosa.

1. Biblioteca universitárias avaliação. 2. Avaliação de cursos. 3. Avaliação da graduação – Universidade Federal da Bahia. I. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciência da Informação. II. Rosa, Dora Leal. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Jéssica Giordano Paranhos

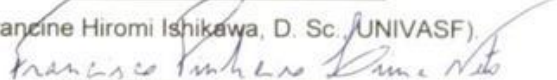
**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA ATRIBUTOS DE QUALIDADE
DOS FRUTOS DE HÍBRIDOS DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO**

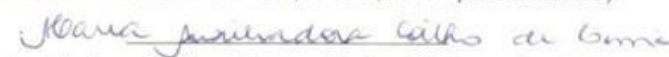
Dissertação apresentada como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre
em Agronomia – Produção Vegetal, pela
Universidade Federal do Vale do São
Francisco.

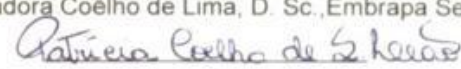
Aprovada em: 15 de Fevereiro de 2019.

Banca Examinadora


(Francine Hiromi Ishikawa, D. Sc., UNIVASF).


(Francisco Pinheiro Lima Neto, D. Sc., Embrapa Semiárido).


(Maria Auxiliadora Coêlho de Lima, D. Sc., Embrapa Semiárido).


(Patrícia Coelho Souza Leão, D. Sc., Embrapa Semiárido).

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marcelo Paranhos e Beatriz Paranhos, pelo apoio, suporte e incentivo em todos momentos da minha vida, principalmente durante a vida acadêmica na pós-graduação, sempre me aconselhando da melhor forma possível. Eles foram meus maiores exemplos, e responsáveis por me inspirar no estudo e na pesquisa.

Ao meu marido, Fabrício Landim, que também me apoiou e me incentivou em todos os momentos, sendo um exemplo de personalidade e determinação.

Aos meus irmãos, Lucas e Guilherme, por todo apoio e incentivo, em toda a minha fase acadêmica na UNIVASF.

À UNIVASF (Campus Ciências Agrárias – CCA) pela oportunidade de fazer parte do Programa de Pós-Graduação de Produção Vegetal, com o auxílio de professores competentes que contribuíram positivamente na minha formação, em especial à minha orientadora Francine Hiromi Ishikawa.

Ao Sistema Integrado de Bibliotecas da Univasf pela ajuda e orientação na confecção deste trabalho.

À EMBRAPA Semiárido, pela parceira na realização do trabalho e avaliação dos experimentos. Em especial ao grupo de estudantes, técnicos e pesquisadores do Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Semiárido pela contribuição nos conhecimentos de pós-colheita. Em especial, ao meu co-orientador Francisco Pinheiro Lima Neto, pesquisador da Embrapa, que tornou possível a realização desse experimento.

À FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do estado de Pernambuco) pela concessão da bolsa de mestrado e Embrapa Semiárido pelo financiamento do projeto.

Aos colegas da Pós-Graduação, responsáveis por ajudar uns aos outros, sempre da melhor forma possível. Fizeram com que esse período intenso de estudo e pesquisa, também se tornasse um período alegre e divertido. Em especial, à Isabela Afonso, amiga desde a graduação, para a vida inteira.

Aos membros da banca examinadora, Francine Hiromi Ishikawa, Francisco Pinheiro Lima Neto, Maria Auxiliadora Coêlho de Lima e Patrícia de Souza Leão, pelas contribuições na dissertação.

RESUMO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma fruteira tropical muito importante no país e no mundo, com alta aceitação pelo mercado consumidor. Hoje, o Vale do São Francisco é considerado o maior pólo frutífero do país e conseqüentemente, abrange a maior produção de mangueiras. A Tommy Atkins é a variedade que tem maior produção nessa região. O objetivo do trabalho foi estimar os parâmetros genéticos para os atributos de qualidade dos frutos em híbridos de mangueira, que auxiliam no programa de melhoramento genético da cultura desenvolvida na Embrapa Semiárido, a fim de definir estratégias de seleção de materiais superiores para as condições do Submédio do Vale do São Francisco. A metodologia de análise e parâmetros físicos e químicos dos frutos foi a mesma nos dois capítulos. Em ambos, foram analisados a massa, o comprimento, o diâmetro, a presença de fibras, a firmeza, o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável, o ratio entre sólidos solúveis e acidez, a cor da casca e a cor da polpa. No primeiro experimento, foram avaliados cinco híbridos (R12P10, R12P14, R6P16, CPAC 329/94 e CPAC 165/93), dispostos em delineamento de blocos casualizados (DBC) na Estação Experimental de Mandacaru – Juazeiro (BA). Os três primeiros híbridos tiveram quatro repetições avaliadas na safra de 2017 e três repetições avaliadas na safra de 2018. Já os outros dois híbridos, foram avaliados com quatro repetições cada, apenas durante a safra de 2017. A análise dos resultados, de forma desbalanceada, pôde ser realizada através da estimação dos componentes de variância e a da predição dos valores genéticos, pelo modelo 28 do Software Selegen REML/BLUP. Só foi possível estimar a repetibilidade individual para os híbridos R12P10, R12P14 e R6P16 que foram avaliados durante duas safras, e os valores encontrados se apresentaram de medianos a baixos. Para os demais foi possível estimar a herdabilidade, a acurácia de seleção, os ganhos de seleção e as novas médias. No segundo experimento, foram avaliados vinte e sete híbridos durante as safras de 2017 e de 2018, também presentes na Estação Experimental de Mandacaru – Juazeiro (BA). A variedade Tommy Atkins (T) foi a doadora de pólen para todos os cruzamentos, com as variedades Haden (H), Palmer (P), Van Dyke (V), Kent (K) e Coquinho (C), denominados de HT, PT, VT, KT e CT, respectivamente. Os híbridos eram plantas individuais, sem a presença de repetições. Todos os resultados foram submetidos ao modelo 63 do Software Selegen REML/BLUP (repetibilidade sem delineamento), para a estimativa dos componentes de variância e predição dos valores genéticos. Foram observados altos valores para a repetibilidade média, em todos os parâmetros analisados, verificando-se um alto controle genético e alta estabilidade em todas as variáveis. Os genótipos que se apresentaram mais promissores, no geral, foram os híbridos HT, VT, PT e KT; já os híbridos CT se apresentaram com os piores ganhos de seleção. Sugere-se que os híbridos, dos dois capítulos, sejam avaliados por pelo menos mais uma safra para todos os atributos avaliados, para obter uma determinação de 90%.

Palavras-chave: manga, híbridos, REML/BLUP, parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

The mango tree (*Mangifera indica* L.) is a very important tropical fruit tree in the country and in the world, with high acceptance by the consumer market. Today, Valley of San Francisco is considered the country's largest fruiting pole and consequently covers the largest production of mangos. Tommy Atkins is the variety that has the highest production in this region. The objective of this work was to estimate the genetic parameters for fruit quality attributes in hybrids of mango, which aid in the genetic breeding program developed at Embrapa Semiarid, in order to define strategies for selection of superior materials for the conditions of the Submedium of the São Francisco Valley. The methodology of analysis and physical and chemical parameters of the fruits was the same in the two chapters. In both, the mass, length, diameter, fiber presence, firmness, soluble solids content, titratable acidity, ratio between soluble solids and acidity, peel and pulp color were analyzed. In the first experiment, five hybrids (R12P10, R12P14, R6P16, CPAC 329/94 and CPAC 165/93) were evaluated, arranged in a randomized block design (DBC) at the Experimental Station Mandacaru - Juazeiro (BA). The first three hybrids had four repetitions evaluated in the 2017 crop and three repetitions evaluated in the 2018 crop. The other two hybrids were evaluated with four repetitions each, only during the 2017 harvest. An unbalanced results analysis was performed through the version of components of variance and prediction of genetic values by model 28 of the software Selegen REML/BLUP. It was only possible to estimate the individual repeatability for the hybrids R12P10, R12P14 and R6P16 that were evaluated during two harvests, and the values found were from medium to low. For the others it was possible to estimate the heritability, the selection accuracy, the selection gains and the new averages. In the second experiment, twenty seven hybrids were evaluated during the 2017 and 2018 harvests, also present at the Experimental Station of Mandacaru in Juazeiro (BA). The Tommy Atkins (T) variety was the pollen donor for all crosses, with the varieties Haden (H), Palmer (P), Van Dyke (V), Kent (K) and Coquinho (C), called HT, PT, VT, KT and CT, respectively. All hybrids were individual plants, without the presence of repetitions. All results were submitted to model 63 of the Selegen Software REML / BLUP (repeatability without delineation), for the estimation of the components of variance and prediction of the genetic values. High values for repeatability (r_m) were observed in all analyzed parameters, with high genetic control and high stability in all variables. The genotypes that presented the most promising, in general, were the hybrids HT, VT, PT and KT; already the CT hybrids presented with the worst selection gains. It is suggested that the hybrids of the two chapters be evaluated for at least one more crop for all evaluated attributes, to obtain a 90% determination.

Key-words: mango, breeding, REML/BLUP, hybrids, physical and chemical parameters.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 Mangueira: origem e importância econômica	3
2.2 Variedades de mangueira e suas características	5
2.3 Características genéticas da mangueira	9
2.4 Melhoramento genético da mangueira e Bancos de Germoplasma	12
2.5 Reml/Blup e sua importância.....	15
3. REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO 2.....	23
SELEÇÃO DE HÍBRIDOS PARA ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE FRUTOS DE MANGUEIRA PROVENIENTE DA EMBRAPA	23
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
3. RESULTADOS.....	29
4. DISCUSSÃO.....	37
5. CONCLUSÃO	42
6. REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO 3.....	47
CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE FRUTOS E PREDIÇÃO DE VALORES GENÉTICOS EM HÍBRIDOS DE MANGUEIRA VIA REML/BLUP	47
1. INTRODUÇÃO.....	49
2. MATERIAL E MÉTODOS	51
3. RESULTADOS	54
4. DISCUSSÃO.....	61
5. CONCLUSÃO	66
6. REFERÊNCIAS	66
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
APÊNDICES	72

1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical muito importante no país e no mundo, com alta aceitação pelo mercado consumidor, sendo apreciada pelo sabor, aroma característico e coloração típica, além de ser rica em vitamina C, características que viabilizam sua alta industrialização com o melhor aproveitamento possível e redução de perdas de produção, com o manejo adequado (BRUNINI et al., 2002).

A mangueira está entre as fruteiras mais importantes e mais produzidas no país, totalizando, em 2017, área colhida de mais de 63.900 mil hectares e ultrapassando pouco mais de 1 milhão de toneladas produzidas (IBGE, 2018). A manga aparece em 1º lugar no ranqueamento das frutas frescas mais exportadas do país, com 154.211 mil toneladas exportadas em 2016, gerando um lucro de 179.932 milhões de dólares, o que confirma a importância para a economia brasileira. No primeiro semestre de 2017, o Brasil exportou 54.418 t de manga. A União Européia e os Estados Unidos são os principais interessados na exportação de manga pelo Brasil (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2017, ABRAFRUTAS, 2017).

O Brasil está em 7º lugar no ranking de produção de manga do mundo e em 6º lugar como país que mais exporta a fruta. A manga pode ser produzida em todas as regiões do país, porém algumas regiões têm mais destaque. O Submédio Vale do São Francisco tem aplicado novas tecnologias pós-colheita e realizado o controle de moscas-das-frutas, contribuindo para o aumento da produtividade de manga na região, assim como a melhoria da qualidade das frutas produzidas, sendo assim considerado o maior e mais importante pólo frutífero do país, e o maior exportador de manga do Brasil (Anuário Brasileiro da Fruticultura 2016; Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017).

O estado da Bahia, com quase 24 mil hectares colhidos em 2017, tem destaque na produção de manga do país, com 438.603 toneladas produzidas. Logo atrás, vem o estado de Pernambuco, com mais de 10 mil hectares colhidos, e com produção de 329.559 toneladas. São Paulo é considerado o terceiro maior estado produtor de manga do país, com quase 10 mil hectares colhidos e produção de 176.127 toneladas (IBGE, 2018).

Os programas de melhoramento de mangueira visam atender as demandas exigidas pelo mercado consumidor e também produtor, que espera por variedades com maior estabilidade de características e com alta produtividade. Características como resistência a doenças e pragas, porte da planta, produtividade e estabilidade de produção,

adaptabilidade às adversidades climáticas e parâmetros desejáveis dos frutos são alguns atributos explorados nos programas de melhoramento. Porém, as necessidades e exigências dos produtores e dos consumidores mudam constantemente, fazendo com que os programas de melhoramento tenham a necessidade de se adequarem às novas exigências dos mercados, em busca da cultivar “ideal” (PINTO et al., 2011).

Para os programas de melhoramento genético de plantas atenderem todas essas necessidades, é importante ter um conhecimento abrangente sobre a biologia floral da espécie, tipo de reprodução e a herdabilidade dos caracteres de interesse. Lembrando que esses programas devem identificar cultivares mais vantajosas em relação às existentes no mercado (MAIA et al., 2014).

O objetivo do trabalho foi analisar os caracteres de importância agrônômica e comercial em frutos de híbridos de mangueira e obter as estimativas de parâmetros genéticos que auxiliem no programa de melhoramento genético da cultura desenvolvida na Embrapa Semiárido, a fim de definir estratégias de seleção de materiais superiores para as condições do Submédio do Vale do São Francisco.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Mangueira: origem e importância econômica

A mangueira, da família Anacardiaceae, contém 41 espécies pertencentes ao gênero *Mangifera*, porém todas as cultivares pertencem à espécie *Mangifera indica* L., como é comercialmente e cientificamente conhecida. Segundo indícios, a mangueira pode estar sendo cultivada há mais de quatro mil anos, e teria se originado no centro Indo-Malásio, inicialmente com duas variedades, Filipinica e Indica. A mangueira é uma planta de reprodução alógama, por isso apresenta alta taxa de fecundação cruzada, 95%, o que proporciona a geração de elevada variabilidade genética (MUKHERJEE, 1985).

A mangueira foi introduzida no Brasil por volta do século XVI, primeiro através da introdução da manga de raça Filipinica, a qual não era tão atrativa e tinha pouca variabilidade genética, em seguida chegou a raça Indica, que se adaptou muito bem às condições do país. Ambas as raças eram pertencentes a espécie *M. indica* L. (PINTO & FERREIRA, 1999).

Três dos maiores países produtores de manga, são também os maiores consumidores da fruta, sendo a Tailândia a líder, com consumo médio de 21,89 kg por pessoa/ano, o México em segundo lugar com consumo de 13,4 kg por pessoa/ano, e a Índia em terceiro com consumo de 11,29 kg por pessoa/ano. A média mundial do consumo de manga é menor do que 1kg por pessoa/ano, mas os países europeus (com exceção da Holanda, que tem média de 1,72 kg por pessoa no ano) e os Estados Unidos ainda têm consumo médio abaixo da média geral, por pessoa. O Brasil e a China têm média de consumo de manga de quase 3 kg por pessoa/ano (PINTO et al., 2011).

O Brasil está entre os três maiores países produtores de frutas do mundo, sendo várias frutas produzidas no país são exóticas e não nativas, a exemplo da manga, que é a sexta fruta mais importante produzida. Banana, maçã, uva, melão, e principalmente manga, abacaxi e abacate estão entre as principais frutas, em termos de volume, produzidas no Brasil, principalmente para o mercado interno. Apenas 10% da manga produzida no Brasil é para exportação (PINTO et al., 2011). Porém, a exportação traz benefícios econômicos para o país, em 2016, foram quase 160 mil toneladas exportadas com rendimento de 180 milhões de dólares (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2017).

O nordeste é considerada a maior região do Brasil, produtora de manga, com 47.376 hectares colhidos, e uma produção de 812.275 toneladas, representando mais de 74% de toda a produção do país (IBGE, 2018). O pólo irrigado do submédio do Vale do São

Francisco é considerado uma das principais áreas do Brasil para produção de manga, sendo a Tommy Atkins a variedade dominante nessa região (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2016; CEPEA, 2016). Em 2018, 32% de toda a manga comercializada no CEAGESP, que possui a maior central de abastecimento de frutas da América Latina, teve origem de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), região do Vale do São Francisco (CEAGESP, 2018).

Existe um estudo de perspectiva de crescimento para diversas culturas, a longo prazo, e observa que para a mangueira é esperado um crescimento de 14,2% ao longo de 10 anos, até 2028. As exportações de manga no país continuam com as perspectivas crescentes, porém, existem outros países que crescem em ritmo mais acelerado do que o Brasil, podendo estes ganhar espaço no mercado internacional (MAPA, 2018).

Atualmente, a variedade norte-americana Tommy Atkins lidera o ranking de produção nacional, sendo a preferida para exportações em virtude de possuir características vantajosas apresentadas pelo fruto, como a resistência ao transporte, reduzindo prejuízos nas exportações. Porém, a preferência do mercado consumidor está sujeita a constantes mudanças imprevisíveis aos produtores, surgindo-se então a necessidade de diversificar as produções de manga pelo país através da introdução de novas variedades ou aperfeiçoando as variedades já existentes. Quando se fala de uma variedade como a Tommy Atkins, por exemplo, entende-se que todas as plantas dessa variedade apresentem a mesma constituição genética, ou seja, o aparecimento de qualquer praga ou doença seria capaz de dizimar toda uma produção, gerando grandes prejuízos para os produtores e para a economia nacional. Assim, a obtenção de híbridos de mangueira seria, portanto, uma estratégia para evitar ou tentar solucionar tais problemas na mangicultura (LIMA NETO et al., 2008).

Segundo Pinto et al (2011), a Tommy Atkins, preferida no mercado nacional, corre risco de perder seu lugar devido ao aparecimento de problemas relacionados ao seu manejo, e à falta de sabor do fruto quando comparado aos frutos de outras variedades como a Palmer e a Kent, que têm grandes chances de crescer rapidamente no mercado brasileiro.

Sabe-se hoje que a Palmer e Kent já foram introduzidas, com sucesso, nas produções de mangueira do Vale do São Francisco, com intenção de substituir, principalmente, a Tommy Atkins. Atualmente, a Palmer é representada em 50% da área de produção de manga em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), 30% representado pela variedade Tommy Atkins e 20% representado pelas variedades Kent e Keitt. Essas mudanças, trazem boas

perspectivas, onde prevê que em 2020 o Vale do São Francisco tenha em média 60 mil hectares de produção de manga (LIMA et al., 2018).

Em 2017, o Vale do São Francisco apresentou uma área de produção de, aproximadamente, 27 mil hectares. No ano de 2018, teve um aumento na região para 30.300 hectares de área de mangueira. A perspectiva para 2019 é que a região de Petrolina e Juazeiro continuem investindo nos plantios de manga, porém sem grandes aumentos comparado ao crescimento de 2017 para 2018 (Hortifruti Brasil, 2018).

Os Estados Unidos são um grande mercado interessado em importar manga de outros países, porém existem exigências pelo país importador como tamanho, qualidade aparente e firmeza da polpa, sendo as principais cultivares de interesse do país a Tommy Atkins, a Kent, a Keitt e a Haden, apresentando todas as qualidades exigidas. Apesar de o Brasil ser um potencial exportador de manga, é o México quem mais exporta manga para os Estados Unidos (FAOSTAT, 2014).

Outro importante produtor de manga no mundo, o México, o qual está em sétimo lugar no ranking, tem diversas variedades monoembriônicas sendo cultivadas no país, como a Tommy Atkins, a Kent, a Keitt e a Haden, porém existem outras variedades com melhores qualidades sensoriais, só que ainda apresentam alguns pontos negativos como baixa vida útil pós-colheita, a exemplo da variedade mexicana Manila, considerada poliembriônica. Com o auxílio do melhoramento genético e conhecimentos de fisiologia pós-colheita, a referida variedade mexicana pode se tornar apta para o mercado exportador (VÁZQUEZ-CELESTINO et al., 2016).

O Paquistão, país centro de origem, com amplo cultivo de mangueira, ganha posição de destaque no mundo quando o assunto é produção de manga. Isso ocorreu devido às 260 variedades locais que possuem características desejáveis, como alto valor nutricional, sabor, cor e aroma atrativo, conseguindo assim atingir o sexto lugar entre os maiores países produtores de manga. Entre as variedades paquistanesas mais importantes comercialmente, podemos citar a "Samar Bahisht Chaunsa", a "Fajri" e a "Langra" (RIAZ et al., 2018).

2.2 Variedades de mangueira e suas características

A mangueira é uma cultura que pode ser encontrada tanto em climas tropicais como subtropicais, apresentando um grande número de variedades com muitas diferenças entre as plantas e os frutos, em relação ao estágio de amadurecimento, na fase de colheita e

nas formas de armazenamento pós-colheita, além de diferenças nas características físicas e químicas dos frutos (NORDEY et al., 2016).

Os frutos da mangueira são considerados uns dos mais desejáveis pelos consumidores de todo o mundo, por possuírem características atrativas e nutricionais, como cor, sabor e aroma atraentes, além de presença de vitamina C. Por isso, têm alto potencial no mercado exterior, fazendo com que o estudo de suas variedades ao redor do mundo seja de extrema importância (VÁZQUEZ-CELESTINO et al., 2016).

Em 1996, Singh descreveu uma variedade ideal para mangueira contendo as seguintes características: planta anã apresentando frutos de tamanho médio com sabor agradável e alta qualidade, tolerante à maioria das doenças fúngicas e bacterianas. Já segundo Pinto et al. (2011) consideram que a variedade “ideal” de mangueira visada pelos programas de melhoramento deve apresentar alta produtividade por hectare, sendo em média de 40t/ha, baixo porte, resistência à doenças e pragas, e aroma atrativo e relativamente grandes, com média de 450 g por frutos, com casca avermelhada e polpa laranja no seu estágio ideal de maturação, teor de sólidos solúveis de 18° Brix e baixa acidez titulável.

Os dados sobre a caracterização físico-química de frutos de mangueira encontrados na literatura são bastante divergentes, o que pode ser explicado devido à grande quantidade de variedades encontradas nos diferentes pólos frutíferos do Brasil e do mundo, dentre outros fatores como período de cultivo e de colheita (SILVA et al., 2009).

As caracterizações das variedades não devem ser feitas apenas com base no fenótipo das plantas, pois existe a interação genótipo-ambiente, a qual pode influenciar nos resultados finais. O ideal é unir a caracterização fenotípica (fenologia e morfologia) com a caracterização molecular (uso de microssatélites e outrora marcadores moleculares), os quais viabilizam resultados mais precisos e confiáveis (SHAMILI et al., 2012).

Um exemplo do uso de marcadores moleculares para caracterização de variedades de mangueira é o uso dos AFLP's, que são transmitidos de forma mendeliana, capazes de identificar o genoma completo de cultivares de mangueira, ou identificar diferenças e semelhanças entre as variedades, através da detecção de polimorfismos em múltiplos loci (KASHKUSH et al., 2001).

Em um estudo, onde foram avaliados 107 acessos de mangueira do Banco Ativo de Germoplasma, da Embrapa Semiárido, agrupou os acessos através do uso do coeficiente de similaridade de Jaccard, através do uso de marcadores AFLP. Sendo assim, os

acessos Tommy Atkins, Keitt e Van Dyke foram agrupados no mesmo grupo. A Haden, Kent e Espada Vermelha, estão agrupadas em outro grupo. E a Palmer, Rosa e Espada 35, estão juntas, em um terceiro agrupamento distinto (SANTOS et al., 2008).

O consumidor está interessado tanto no aspecto visual das frutas como na sua qualidade nutricional, os quais são os fatores mais determinantes para o mercado consumidor. Por exemplo, o mercado consumidor da Flórida e do norte dos Estados Unidos, têm a cor vermelha do fruto como um importante fator para sua valorização. E a cor da polpa é uma característica física dos frutos, que pode ser mensurada através do uso de colorímetros digitais, que é capaz de diferenciar diferentes variedades de manga (BROWN et al., 2009).

Galli et al. (2011) realizaram um estudo de caracterização físico-química de 17 variedades de manga, entre elas estavam a Palmer, a Lita, a Bourbon, a Espada Ouro, a Rosa, a Ubá e a Imperial, entre outras. Observaram-se que todas as variedades apresentaram o comprimento maior que o diâmetro. A Palmer estava entre as variedades com a maior massa, enquadrando-se nas exigências para exportação, as quais são: frutos com até 600 g para o mercado norte americano, frutos com limite de 450 g para o mercado europeu, tamanho ideal, casca vermelha, maior rendimento de polpa. Porém, a Palmer apresentou alto valor de firmeza e baixo teor de sólidos solúveis, inferior a 10° Brix, indicando que a análise parece ter sido feita em frutos imaturos. A variedade Ubá, apresentou o maior teor de ácido ascórbico (Vitamina C), importante característica visando o aumento do valor nutricional do fruto. O mesmo resultado de Vitamina C para a variedade Ubá também foi encontrado por Silva et al. (2009).

Em um estudo de caracterização de 15 variedades de manga, na região da Zona da Mata mineira, incluindo a Palmer, a Kent, a Haden, a Tommy Atkins, e a Espada, entre outras. Destacou as duas primeiras pela maior massa, maiores rendimentos de polpa e baixos valores de acidez titulável. A Tommy Atkins e a Espada também apresentaram baixos valores para acidez. A Espada e a Kent apresentaram teor de sólidos solúveis entre 16 e 17,9° Brix, enquanto na Tommy Atkins foi um pouco menor, com média de 14,7° Brix. Assim como relatado no estudo de Galli et al. (2011), a variedade Ubá se apresentou com a maior teor de vitamina C (SILVA et al., 2009).

A variedade Manila está entre as principais variedades produzidas no México, o principal exportador de manga do mundo, assim como as variedades Ataulfo, Tommy Atkins, Haden, Keitt e Kent, as quais somam 60% da produção de manga no país. Além de compostos nutricionais importantes, a manga é também rica em compostos

antioxidantes, como o beta-caroteno, quando comparada com outros frutos como kiwi e laranja. A variedade Ataulfo apresenta a maior quantidade de fenóis totais e a maior capacidade antioxidante, se destacando em relação às demais variedades cultivadas no México. A Haden, Tommy Atkins e Kent apresentaram baixa quantidade de fenóis totais, porém a capacidade antioxidante foi mais alta na Haden quando comparada com as outras duas variedades. Os compostos presentes na manga têm capacidade anti-inflamatória, anti-obesidade e até conseguem ajudar na prevenção de alguns tipos de câncer, como de próstata e pulmão (WALL-MEDRANO et al., 2015).

Um estudo com 65 genótipos de manga, dentre eles híbridos, cultivares comerciais e cultivares indianos e exóticos, foi realizado na Índia, país conhecido por ter o maior banco de germoplasma do mundo, com mais de mil acessos. Foram identificados, entre os genótipos indianos, alguns com alto teor de sólidos solúveis, de 25,7° Brix a 26,6° Brix, porém outros genótipos apresentaram 10,24° Brix. Em outro grupo de genótipos, onde se encontravam cultivares comerciais como a Tommy Atkins, a média do teor de sólidos solúveis foi de aproximadamente 20,0° Brix. Com relação à acidez total titulável, o valor mais baixo encontrado foi de 0,26%, e o mais alto foi de 0,83%. Alguns genótipos se destacaram em relação ao teor de ácido ascórbico, ou seja, da Vitamina C, com teores de 84,60 mg 100g⁻¹ de polpa a 85,8 mg de 100g⁻¹ (SAMAL et al., 2012).

A manga é um fruto do tipo climatérico, apresentando um aumento nas taxas respiratórias e, conseqüentemente, na sua produção de etileno logo após sua colheita, o que lhe confere um amadurecimento mais rápido dos frutos e tornando-os mais perecíveis e com redução de sua vida útil. Danos causados pelo transporte aumentam as taxas de etileno, acelerando ainda mais seu amadurecimento, por isso transportes de longa distância podem causar problemas como a redução de sua vida útil nas prateleiras (KRISHNA & SINGH, 2007).

A vida útil pós-colheita da mangueira é um importante fator a ser considerado para garantir a qualidade dos frutos e seu valor comercial. Fatores negativos, como aceleração do amadurecimento, perdas, aparecimento de patógenos e doenças, murcha do fruto, entre outros, podem ser influenciados pelas condições de armazenamento pós-colheita dos frutos. Um estudo identificou que a Tommy Atkins apresentou menor incidência de antracnose no início do armazenamento, comparada com a Keitt no mesmo período, e no final do armazenamento obteve a maior incidência de podridão peduncular, comparada com a Keitt e Palmer no mesmo período. O teor de sólidos solúveis foi o mais alto para a

Tommy Atkins, com 15,6° Brix, e a Palmer apresentou os valores mais baixos, com média de 12,4° Brix (FISCHER et al., 2009).

Durante o amadurecimento dos frutos da mangueira ocorrem alguns processos que irão influenciar diretamente no sabor, como por exemplo, a hidrólise dos carboidratos em açúcares, sendo a sacarose o principal deles. Os açúcares, junto também com os sais, são responsáveis pelo sabor conferido aos frutos. A alta umidade presente no período de amadurecimento é capaz de favorecer a melhoria do sabor e aroma dos frutos de mangueira, e proporcionar tanto um aumento no teor de sólidos solúveis totais como uma redução da acidez total titulável, sendo o ácido cítrico o principal ácido encontrado. A vitamina C, um importante componente responsável por agregar valor nutricional aos frutos, teve declínio em suas taxas com o decorrer do amadurecimento, o que já foi também relatado por outros autores (APPIAH et al., 2011).

Como a manga é um fruto climatérico, na maioria das cultivares, como a cultivar Manila, verifica-se um rápido amadurecimento após a colheita, reduzindo-se a vida útil do fruto e prejudicando seu valor comercial e nutricional, o que justifica a aplicação de 1-metilciclopropeno, ou vulgarmente 1-MCP, tendo em vista que o produto tem a função de retardar o murchamento, a redução de peso e o amaciamento, proporcionando um aumento da vida útil do fruto após a colheita. A aplicação de cera na casca dos frutos também pode ser uma alternativa visando o mesmo objetivo final (VÁZQUEZ-CELESTINO et al., 2016).

2.3 Características genéticas da mangueira

A mangueira é uma espécie alógama, que aparece como sendo alopoliplóide, principalmente poliplóide com dois complementos somáticos de duas espécies diferentes (anfidiplóide) (PINTO, 2011). Apresenta $2n=40$, com alta estabilidade; e polimorfismo detectado através de 4 enzimas de tecidos de folhas de mangueiras, explicando a variação genética presente nas mangueiras (GAN et al., 1981). Mas existem relatos de ocorrência de mangueiras com número cromossômico $2n = 80$ (SINGH, 1964).

No melhoramento da mangueira adotava-se a técnica de seleção de cultivares por acaso, resultantes de polinizações cruzadas; mas o método vem sendo substituído pelos programas de melhoramento plurianuais (BROWN et al., 2009). Apesar de a mangueira ser uma espécie alógama, ela tem a capacidade de se reproduzir vegetativamente, o que possibilita a obtenção de clones (SANTOS et al., 2010).

A mangueira, por ser uma cultura perene tem algumas características que dificultam a realização do melhoramento convencional, como longa fase juvenil, presença de baixa frutificação e alta perda de frutos, auto-incompatibilidade, única semente, poliembrionia, poliploidia, entre outras, como falta de informações sobre características com herança quantitativa. A capacidade de ter 95% de chance de fecundação cruzada e alto grau de heterose, são citadas como desvantagens, mas podem ser consideradas características vantajosas uma vez que o aumento da variabilidade genética é um aspecto positivo. Por isso, o melhoramento genético convencional e o uso de técnicas da biotecnologia podem ser complementares no avanço dos programas de melhoramento de mangueira (KRISHNA & SINGH, 2007).

A poliembrionia, presente nos frutos da mangueira, pode ser utilizada para propagar clones de cultivares e porta enxertos, em que vários embriões conseguem se desenvolver a partir do tecido materno, e têm fortes indícios de que é uma característica controlada por um único locus dominante, e não por genes recessivos, como se considerava no início dos estudos de melhoramento genético (KUHN et al., 2017). Porém, a poliembrionia combinado com o longo período juvenil da mangueira, dificultam a aplicação de outros métodos de melhoramento (SANTOS et al., 2010).

Também encontra-se a monoembrionia, fazendo com que a propagação através de meios sexuais não garantam a reprodução fiel das plantas. Isso promove um longo período juvenil das plantas e causam problemas de produção relacionados aos enxertos como também aos porta-enxertos. A alogamia faz com que a maioria dos cultivos populares produzam variedades de mangueira ao acaso, devido à fecundação cruzada, com exceção do desenvolvimento de alguns híbridos, através dos programas de melhoramento (KRISHNA & SINGH, 2007).

Vale ressaltar que a maior parte das cultivares monoembriônicas de mangueira são de origem indiana. Por outro lado, a maior parte das cultivares poliembriônicas de manga são procedentes do sudeste da Ásia (KUHN et al., 2017).

Uma possível vantagem das mangueiras, por serem alógamas e por se reproduzirem vegetativamente, é a contribuição no desenvolvimento de variedades híbridas provindas de genitores divergentes geneticamente. Porém, existe uma alta taxa de interação genótipo x ambiente que influencia diretamente a expressão fenotípica, dificultando a realização da seleção fenotípica nos programas de melhoramento (BARHOLIA & YADAV, 2015).

A obtenção das estimativas da herdabilidade das características desejáveis para a criação de novas cultivares é essencial pois contribuindo na definição da melhor estratégia a ser empregada, eleva a eficiência dos programas de melhoramento. Em espécies perenes, que têm a capacidade de se propagar vegetativamente, o termo “repetitividade” pode ser melhor empregado, ao invés da herdabilidade. Para obter uma alta precisão nos dados de herdabilidade, recomenda-se avaliar mais de um ciclo, assim como escolher o delineamento experimental adequado, o número de cruzamentos ideal e o número de famílias dentro de cada cruzamento que devem ser avaliadas. Geralmente, as estimativas de herdabilidade para algumas características dos frutos na mangueira são altas, aumentando as chances de sucesso nos programas de melhoramento genético, porém ainda não se conhece muito sobre as características que têm herança quantitativa da cultura (BROWN et al., 2009).

Existem alguns programas de melhoramento de mangueira no Brasil, como os desenvolvidos na Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa) e no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Várias cultivares promissoras já foram desenvolvidas pelos referidos programas (POMMER & BARBOSA, 2009).

No Submédio do Vale do São Francisco existem algumas doenças que podem atingir a produção das mangueiras, afetando negativamente as importações e exportações da manga, como os fungos *Fusicoccum* e *Neofusicoccum*, capazes de gerar grandes perdas nas fases pré e pós-colheita. Por exemplo, a antracnose é uma doença fúngica que atinge os pomares de mangueira e causam significativos problemas relacionados à produção e à pós-colheita (BATISTA et al., 2012; KRISHNA & SINGH, 2007).

Esses e outros problemas levam à necessidade de desenvolver, produzir e selecionar novas variedades, e a análise de híbridos se torna uma alternativa para diversificar a atividade nessa região, visando à redução dos prejuízos na produção e ao aumento da resistência das plantas (BATISTA et al., 2012).

A análise das características físico-químicas dos frutos, como a acidez total titulável, teor de sólidos solúveis, relação entre sólidos solúveis e acidez, peso, diâmetro, teor de fibras e firmeza da polpa, entre outras, é de extrema importância para a identificação de genótipos superiores ou de melhores híbridos para uma determinada região. A manga tem inúmeras características vantajosas por ser fonte de vitaminas, proteínas, carboidratos e glicose, entre outras propriedades químicas positivas. No mercado consumidor brasileiro de manga, o importante é o sabor do fruto, independente do tamanho. Já em outros países, como por exemplo nos Estados Unidos, têm exigência em

relação ao tamanho dos frutos. A relação entre teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (ST/AT) é o que vai determinar o sabor apropriado do fruto de acordo com as exigências dos consumidores (CARVALHO et al., 2004).

As informações sobre os componentes de variância genética ainda são muito escassas na horticultura em geral, devido às dificuldades experimentais com grande parte das culturas. A mangueira é uma das culturas em que o conhecimento sobre as correlações entre as características fenotípicas e genéticas ainda é incipiente. Considerando-se que uma fração da variância genética é aditiva, considera-se que a seleção de genitores divergentes é fundamental para a geração de descendentes apresentando bom desempenho fenotípico (LAVI et al., 1998).

2.4 Melhoramento genético da mangueira e Bancos de Germoplasma

O objetivo do melhoramento tradicional é aumentar a expressão fenotípica dos caracteres de interesse agrônomo. Para o desenvolvimento de novas cultivares, existe um processo cíclico que envolve fases como (i) a combinação de genótipos para gerar variabilidade e diversidade, pode ser realizada através da engenharia genética ou por hibridação; (ii) a seleção para identificar recombinantes superiores, onde são os melhoristas que irão determinar quais serão os caracteres de interesse agrônomo desejáveis para a cultura considerada e para a região em que ela será explorada, assim como o tempo de avaliação e os delineamentos experimentais, e por fim o (iii) o lançamento das novas cultivares, assim como a distribuição e comercialização para as regiões e produtores de interesse (GEPTS, 2002).

Singh et al., em 1980, já relatavam problemas com o cultivo da mangueira, uma cultura alógama, perene e anual, como a alta suscetibilidade a doenças e pragas, dentre as quais a malformação floral que evidenciaram a necessidade de encontrar novas cultivares. Foi testada a utilização da hibridação manual e controlada com o objetivo de acelerar os programas de melhoramento da mangueira, verificando-se um número de frutos maior com a polinização livre. Para confirmar a eficiência da técnica, foram feitas mudas de alguns frutos das plantas e assim testado para as características dominantes (SINGH et al., 1980).

O melhoramento de culturas perenes, assim como a mangueira, é considerado difícil de ser trabalhado. A cultura de tecidos vem sendo uma alternativa muito eficaz para muitas frutíferas, porém, no caso da mangueira o uso dessa técnica também apresenta dificuldades, não sendo um método vantajoso (KRISHNA & SINGH, 2007).

O método de seleção é responsável pela maior parte das cultivares comerciais de manga existentes hoje no mercado. Já o uso dos marcadores moleculares vem sendo muito requisitado, pois contribuem significativamente na eficácia dos programas de melhoramento genético, principalmente quando se fala em culturas difíceis de serem melhoradas, como a mangueira. Os marcadores são capazes de relacionar os traços genéticos e assim conseguir ter um completo mapa genético da manga, ou outras culturas (KUHN et al., 2017).

Os bancos de germoplasma são um importante recurso para os programas de melhoramento, pois contam com análises genotípicas e fenotípicas da espécie de interesse possibilitando o conhecimento da diversidade e estrutura genética da espécie estudada. A mangueira ainda é um espécie que não tem seu mapa genético bem definido (SHERMAN et al., 2017).

No Brasil e no mundo existe uma enorme variedade de espécies frutíferas sendo cultivadas, por conseguinte existem inúmeros bancos de germoplasma espalhados ao redor do mundo. A macieira, a videira e a pereira são fruteiras que possuem maior variabilidade genética conservada em bancos ativos de germoplasma do mundo. Falando de espécie tropicais e subtropicais, as que possuem maior variabilidade conservada são a mangueira, a bananeira, os citros e o cajueiro. Aproximadamente 93% dos bancos de germoplasma armazenam e conservam os acessos como materiais no campo, na forma clonal, enquanto apenas 7% armazenam os acessos como sementes ou como materiais *in vitro*. Para enriquecer os bancos de germoplasma e adquirir maior variabilidade genética, existem duas formas principais, o intercâmbio entre os diferentes bancos de germoplasma do mundo e a coleta de novas variedades (FERREIRA, 2011).

Os bancos de germoplasma podem ser mantidos *in situ* ou *ex situ*, dependendo da espécie considerada. Na primeira alternativa, o germoplasma é conservado no seu próprio habitat, ao passo que na segunda, as sementes podem ser armazenadas em câmaras com temperatura e umidades controladas, por exemplo. As sementes de mangueira apresentam alta suscetibilidade à perda de água e baixa resistência a temperaturas próximas de zero, sendo assim, sementes recalcitrantes, assim como a do abacate e do cacau. Sendo assim, o ideal seria armazená-las em condições de alta umidade, que favorecem o aparecimento de microrganismos e a germinação durante o período de armazenamento. A cultura de tecidos pode ser uma alternativa para contornar os problemas de armazenamento das sementes de manga (KRISHNA & SINGH, 2007).

A caracterização fenotípica e genotípica dos acessos dos bancos de germoplasmas são fundamentais para ajudar nos estudos de melhoramento genético. O uso de marcadores moleculares proporciona um maior conhecimento sobre as diferentes variedades de manga, diferenciando-as entre si, promove subsídios para compor um mapa genético e, ainda, pode fornecer dados sobre a origem histórica da diversidade genética e identificar marcadores ligados a características hortícolas importantes, o qual auxiliará no programas de melhoramento genético (SHERMAN et al., 2015).

Quanto mais divergentes forem os genitores maior a variabilidade genética gerada para os programas de melhoramento de uma determinada cultura. Ou seja, se os bancos de germoplasma da cultura escolhida apresentarem alta variabilidade genética, as chances de sucesso dos programas de melhoramento aumentam, pois elevam-se as possibilidades de identificação de genótipos complementares para a geração de híbridos. Genótipos de mangueira foram submetidos à análise de Mahalanobis D², capaz de analisar e quantificar a divergência genética, sendo assim muito adequada para o uso em programas de melhoramento genético da mangueira. Foram analisadas as características físicas e químicas dos frutos, separadamente, possibilitando ordenar e selecionar os melhores genótipos para o melhoramento (BARHOLIA & YADAV, 2015).

Existem diversos bancos de germoplasma de manga espalhados pelo mundo. O Instituto de Pesquisa Hortícola da Índia contém mais de 1100 acessos da mangueira, e pode ser considerado o maior do mundo, porém a maior parte dessa coleção ainda não está identificada ou está em processo de identificação. Em todo o mundo podem ser encontrados até 6 mil acessos da mangueira em bancos ativos de germoplasma (PINTO & FERREIRA, 1999).

O Paquistão, considerado um dos centros de origem e diversidade da mangueira, possui um amplo e importante germoplasma silvestre que, no entanto, não está sendo manejado adequadamente. Os habitats naturais estão se esgotando, e o germoplasma não está sendo devidamente explorado, o que propiciaria inúmeros benefícios para a cultura da mangueira mediante a realização de trabalhos de caracterização fenotípica e molecular aumentando-se as probabilidades de identificação e seleção de genótipos superiores. A variabilidade do germoplasma silvestre compreende desde diferenças físicas e químicas nos frutos até diferenças no manejo e na resistência a diferentes patógenos (RIAZ et al., 2018).

No Brasil, os principais bancos ativos de germoplasma (BAG) de mangueira podem ser encontrados na UFV em Viçosa, na Embrapa/CPATSA em Petrolina (PE) e no

IAC/EEP/EET em Piracicaba-SP, por exemplo (PINTO, 2011). O maior deles está localizado na Universidade Federal em Viçosa, em Visconde do Rio Branco – MG, com 302 acessos de mangueira, que contribuem para a obtenção de híbridos pelo programa de melhoramento genético da UFV, e para preservação da variabilidade de mangueira (LINS, 2017). A Embrapa Semiárido conta com o segundo maior BAG do país, com 161 acessos de mangueira (LIMA NETO et al., 2014).

2.5 Reml/Blup e sua importância

O modo de reprodução de uma espécie é determinante para definir os métodos de melhoramento genético do programa. Em plantas alógamas, como a mangueira, o genótipo do parental não é transferido para os descendentes e a cada geração, os genótipos se originam de forma aleatória. Em plantas alógamas que não são perenes e nem se propagam assexuadamente, a melhor forma para desenvolver novas cultivares é a obtenção de híbridos de linhas puras (obtidas através de sucessivas autofecundações) ou parcialmente puras, o que não acontece com a mangueira que é uma espécie perene e capaz de se propagar assexuadamente (SOUZA Jr., 2011).

Nessa espécie também é mais difícil de aplicar os métodos de melhoramento genético aplicados a plantas alógamas e de selecionar os genótipos superiores. Resultados satisfatórios dos métodos de melhoramento genético, em geral, dependem de métodos eficientes de seleção e da combinação entre os diferentes. O software SELEGEN, inicialmente desenvolvido para realizar comparações entre os diversos métodos de seleção no programa de melhoramento genético florestal, pode ser utilizado no melhoramento genético de qualquer espécie perene ou semi-perene e também no melhoramento animal (RESENDE & OLIVEIRA, 1997).

O software SELEGEN inclui 42 métodos de seleção, permitindo um máximo aproveitamento das variáveis analisadas, apresentando qualquer estratégia reprodutiva estudo (RESENDE & OLIVEIRA, 1997). O método REML/BLUP do Software Selegen, permite trabalhar com espécies de diferentes formas reprodutivas, como alógamas, autogamas, mistas e vegetativas, possibilitando ainda a maximização dos ganhos genéticos. Além de apresentar os componentes de variância, é capaz de estimar os valores genéticos como: valores aditivos, de dominância, de ganho de seleção, entre outros parâmetros, que contribuem para os programas de melhoramento. Estatisticamente, o Selegen é muito abrangente, testando várias possibilidades, como o teste de verossimilhança (LTR) (RESENDE, 2016). Depois de obter os ganhos genéticos,

há a possibilidade de analisar as correlações entre os caracteres de interesse de um determinado programa de melhoramento genético (LEMOS et al., 2007).

A estimação dos componentes de variância e a predição dos valores genéticos podem ser feitos através da metodologia REML/BLUP. O procedimento BLUP (melhor predição linear não viciada) é eficiente para prever os valores genéticos ao nível individual, sendo responsável por considerar todos os efeitos aleatórios do modelo estatístico correlacionado às observações fenotípicas, mas já consideram que os componentes de variância sejam conhecidos. O BLUP é equivalente aos índices de seleção multi-efeitos. O REML (máxima verossimilhança restrita) é o procedimento capaz de estimar os componentes de variância (RESENDE, 2000).

Para o melhoramento de espécies perenes, não se deve empregar apenas um ou outro procedimento descrito acima, necessitando-se empregar a metodologia mista REML/BLUP, considerada hoje uma prática essencial nos programas de melhoramento de espécies perenes, pois permite a estimação dos parâmetros genéticos, contribuindo para a seleção dos genótipos superiores (RESENDE, 2000).

O uso da metodologia mista REML/BLUP é vantajosa pois além de prever os valores genéticos e estimar os componentes de variância, possibilita a comparação entre indivíduos ou a comparação entre variedades no decorrer do tempo (diferentes gerações e diferentes anos) e do espaço (localização e blocos). Permite, ainda, analisar e corrigir efeitos causados pelo ambiente (interações genótipos x ambientes). O sistema foi criado para atender à demanda de avaliações nos programas de melhoramento de plantas, sendo de fácil uso e interpretação e estando disponível gratuitamente em universidades e institutos públicos de pesquisa no Brasil (RESENDE, 2016).

O melhoramento de espécies perenes é complexo devido ao tempo necessário para realizar as avaliações e recomendar alguma cultivar. Assim, a seleção precoce é uma alternativa mais viável e rápida para a seleção das populações base. A metodologia mista REML/BLUP, inicialmente utilizada em estudos com eucalipto, e que vem sendo expandido no uso do melhoramento de fruteiras, é considerada uma alternativa para efetuar a seleção precoce em mangueiras (MAIA et al., 2014). Por outro lado, Resende (2016) relata o uso do REML/BLUP, por empresas do setor público, em várias frutíferas, como aceroleira, abacaxizeiro, mangueira, cafeeira, pereira, laranjeira, entre outros.

3. REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS, 2017. Disponível em http://abrafrutas.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=95&Itemid=259&lang=pt-br. Acessado em 01 de agosto de 2017.
- APPIAH, F. et al. 2011. Effect of Ripening Stage on Composition, Sensory Qualities and Acceptability of Keitt Mango (*Mangifera Indica* L.) Chips. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, vol. 11, nº 05.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. 2017. CARVALHO, C., et al. 2017. Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta Santa Cruz, 88 p. : il.
- BATISTA, D. C. et al. 2012 Avaliação da resistência de 47 acessos de mangueira aos fungos *Fusicoccum aesculis* e *Neofusicoccum parvum*. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal – SP, v. 34, n. 3, p. 823-831, Setembro.
- BARHOLIA, A. K. e YADAV, S. 2015. Assessment of Genetic Divergence and Selection Indices for Fruit Characters in Mango (*Mangifera indica* L.). Madras Agriculture Journal, 102 (4-6): 164-168, June.
- BROWN, J. S. et al. 2009. Broad-sense Heritability Estimates for Fruit Color and Morphological Traits from Open-pollinated Half-sib Mango Families. HORTSCIENCE 44(6):1552–1556.
- BRUNINI, M. A. et al. 2002. Avaliação das alterações em polpa de Manga “Tommy-Atkins” congeladas. Revista Brasileira da Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 651-653, Dezembro.
- CARVALHO, C. R. L. et al. 2004. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo instituto agrônomo de campinas comparadas a outras de importância comercial. Revista Brasileira da Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 264-271, Agosto.
- CEAGESP, BRASIL/MDIC/COMEX STAT. Estatísticas do Comércio Exterior Disponível em: . Acesso em: 16 de setembro de 2018.
- CEPEA. 2016. Anuário Hortifruti Brasil - Retrospectiva 2015 & Perspectiva 2016. Hortifruti Brasil - Dezembro de 2015/Janeiro de 2016.

- FAOSTAT, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- FERREIRA, F. R. 2011. Germplasm of fruit crops. Revista Brasileira de Fruticultura. 33.S1 (Oct. 2011): p1+.
- FISCHER, I. H. et al. 2009. Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em manga. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 1, p. 107-116, jan./mar.
- GALLI, J. A. et al. 2011. Características físico-químicas de variedades de manga cultivadas em sistema Orgânico. Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Fortaleza/CE, dezembro.
- GAN, Y.Y. et al. 1981. Genetic variation in the grafted vegetatively propagated mango (*Mangifera indica* L.). Pertanika, 4: 53- 62.
- GEPTS, P. A. 2002 Comparison Between Crop Domestication, Classical Plant Breeding, And Genetic Engineering. Crop Science, Vol. 42, November–December.
- Hortifruti Brasil. 2018. Anuário 2018 | 2019 - Retrospectiva 2018 e Perspectiva 2019. Edição Especial, nº 185, ISSN 1981 -1837.
- IBGE. 2018. Produção Agrícola Municipal.
- KASHKUSH, K. et al. 2001. Cultivar identification and genetic map of mango (*Mangifera indica*). Euphytica 122: 129–136.
- KUHN, D. N et al. 2017. Genetic Map of Mango: A Tool for Mango Breeding. Frontiers in Plant Science, April, Volume 8, Article 577.
- KRISHNA, H. e SINGH, S. K. 2007. Biotechnological advances in mango (*Mangifera indica* L.) and their future implication in crop improvement — A review. Biotechnology Advances 25 223–243.
- LAVI, U. et al. 1988. Components of the genetic variance and genetic correlations between traits in Mango. Scientia Horticulturae 75 11-25.
- LEMOS, S.V. et al. 2007. Seleção Genética Computadorizada através do Software SELEGEN. FEIS/UNESP, Ilha Solteira, Setembro.

- LIMA, J. R. F. de, et al. 2018. Análise do Mercado de Manga Produzida no Vale do São Francisco: Cenário Atual e Perspectivas para o Curto Prazo. Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural sober nordeste.
- LIMA NETO, F. P. L. et al. 2008. Avaliação De Híbridos De Mangueira Entre Variedades Monoembriônicas, Em Um Ciclo De Produção, No Semi-Árido Brasileiro. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 12 a 17 de Outubro de 2008 - Centro de Convenções – Vitória/ES.
- LIMA NETO, F. P. et al. 2014. O progressivo processo de enriquecimento genético do Banco Ativo de Germoplasma da mangueira preservado pela Embrapa Semiárido. Jornal da Fruta. Setembro, p. 16.
- LINS, L. C. R. 2017. Caracterização e seleção de progênies de mangueira (mangifera indica L.) quanto à qualidade dos frutos. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- LUCENA, E. M. P. et al. 2007. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas “Tommy Atkins” no Vale do São Francisco, Petrolina-PE. Revista Brasileira da Fruticultura, Jaboticabal – SP, v. 29, n. 1, p. 96-101.
- MAIA, M. C. C. et al. 2014. Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. Revista Agrotecnologia, Anápolis, v. 5, n. 1, p. 01 - 16.
- MACHADO, W. R. B. et al. 2017. Avaliação das Perdas de Manga no Mercado Varejista do Vale do São Francisco. Rev. Agro. Amb., v. 10, Edição Especial, p. 75-90, maio e-ISSN 2176-9168.
- Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Do Brasil - MAPA, 2017. http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php Consultado em 25 de julho de 2017 no site do Mapa.
- Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Do Brasil - MAPA. 2018. Projeções do Agronegócio. 9ª Edição.
- MUKHERJEE, S. K. 1985. Systematic and ecogeographic studies of crop gene pools: 1. Mangifera IBPGR Secretariat, Rome, p.86.

- NORDEY, T. et al. 2016. Factors affecting ethylene and carbon dioxide concentrations during ripening: Incidence on final dry matter, total soluble solids content and acidity of mango fruit. *Journal of Plant Physiology* 196–197 70–78.
- OCDE –FAO. *Perspectivas Agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024*. 2015.
- PINTO, A. C. Q. 2011. Melhoramento Genético da Manga (*Mangifera indica* L.) no Brasil. *Manga - Produção Integrada, Industrialização e Comercialização*, p. 17-78.
- PINTO, A. C. Q., et al. 2011. Estratégias do melhoramento genético da manga visando atender a dinâmica do mercado. *Revista Brasileira da Fruticultura*, Jaboticabal – SP, Volume Especial, E. 064-072, Outubro.
- PINTO, A. C. Q. e FERREIRA, R. F. 1999. Recursos genéticos e melhoramento da mangueira no Brasil. *Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro*. Disponível no livro científico (ALICE) da Embrapa, Petrolina: Embrapa Semi-Arido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- POMMER, C. V. e BARBOSA, W. 2009. The impact of breeding on fruit production in warm climates of Brazil. *Revista Brasileira da Fruticultura*, Jaboticabal – SP, v. 31, n. 2, p. 612-634, Junho.
- RESENDE, M. D. V. e OLIVEIRA, E. B. 1997. Sistema "SELEGEN" - seleção genética computadorizada para o melhoramento de espécies perenes. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.32, n.9, p.931-939, set.
- RESENDE, M. D. V. 2000. Análise estatística de modelos mistos via reml/blup na experimentação em melhoramento de plantas perenes. Embrapa Florestas. Documentos 47. ISSN 1517-536-X. Colombo,
- RESENDE, M. D. V. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* - 16: 330-339.
- RIAZ, R. et al. 2018. Genetic diversity of wild and cultivated mango genotypes of Pakistan using SSR markers. *Pakistan Journal Agriculture Science*, Vol. 55(1), 83-93.

- SAMAL, K. C. et al. 2012. Evaluation of genetic diversity among commercial cultivars, hybrids and local mango (*Mangifera indica* L.) genotypes of India using cumulative RAPD and ISSR markers. *Euphytica* 185:195–213.
- SANTOS, C. A. F. et al. 2008. Similaridade genética de acessos de mangueira de diferentes origens geográficas avaliadas por marcadores AFLP. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 736-740, Setembro.
- SANTOS, C. A. F. et al. 2010. Estratégias para o desenvolvimento de novas cultivares de mangueira para o Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira da Fruticultura*, Jaboticabal – SP, v. 32, n. 2, p. 493-497, Junho.
- SILVA, D. F. P. et al. 2009. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 56, n.6, p. 783-789, nov/dez.
- SHAMILI, M. et al. 2012. Characterization and evaluation of genetic diversity of Iranian mango (*Mangifera indica* L., Anacardiaceae) genotypes using microsatellites. *Scientia Horticulturae* 148 230–234.
- SINGH, R. N. 1964. Sex, pollination and post-fertilization problems in mango. *World Crops*, V. 16, p. 24-26.
- SINGH, R. N. et al. 1980. An Efficient Technique of Mango Hybridization. *Scientia Horticulturae*, 12, 299—30.
- SINGH, R. N. 1996. Mango. New Delhi: ICAR.
- SHERMAN. A. et al. 2015. Mango (*Mangifera indica* L.) germplasm diversity based on single nucleotide polymorphisms derived from the transcriptome. *BMC Plant Biology* 15:277.
- SOUZA Jr, C. L. 2011. Desenvolvimento de cultivares de espécies alógamas. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* S1: 8-15.
- TREICHEL, M. et al. 2016. Anuário brasileiro da fruticultura 2016. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 88 p. : il.
- VÁZQUEZ-CELESTINO, D. et al. 2016. Effects of waxing, microperforated polyethylene bag, 1-methylcyclopropene and nitric oxide on firmness and shrivel and weight

loss of 'Manila' mango fruit during ripening. *Postharvest Biology and Technology* 111 398–405.

WALL-MEDRANO, A. et al. 2015. El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. *Nutr Hosp.*; 31(1):67-75.

CAPÍTULO 2

SELEÇÃO DE HÍBRIDOS PARA ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE FRUTOS DE MANGUEIRA PROVENIENTE DA EMBRAPA

RESUMO

O Vale do São Francisco abrange a maior produção de mangueiras. O objetivo do trabalho foi analisar características físico-químicas em frutos de híbridos de mangueira da Embrapa para contribuir para o avanço do programa de melhoramento de mangueira da Embrapa Semiárido. A metodologia consistiu na análise dos parâmetros físicos e químicos dos frutos, como a massa (g), o comprimento longitudinal (mm), o diâmetro transversal (mm), a presença de fibras (visual), a firmeza (N), o teor de sólidos solúveis (°Brix), acidez total (%), a relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável, a cor da casca e a cor da polpa. No presente estudo, foram avaliados cinco híbridos (R12P10, R12P14, R6P16, CPAC 329/94 e CPAC 165/93), dispostos em delineamento de blocos casualizados (DBC) na Estação Experimental de Mandacaru em Juazeiro (BA). Os três primeiros híbridos tiveram quatro repetições avaliadas na safra de 2017 e três repetições avaliadas na safra de 2018. Já os outros dois híbridos, foram avaliados com quatro repetições cada, apenas durante a safra de 2017. A análise dos resultados, que ocorreu de forma desbalanceada, pôde ser realizada através da estimação dos componentes de variância e da predição dos valores genéticos, pelo modelo 28 do Software Selegen REML/BLUP. Só foi possível estimar a repetibilidade individual para os híbridos R12P10, R12P14 e R6P16, que foram avaliados durante duas safras, e os valores encontrados se apresentaram, na maioria, de medianos a baixos, de 0,11 (luminosidade da polpa) a 0,87 (cromaticidade da casca). Para os demais foi possível estimar a herdabilidade, acurácia de seleção, ganhos de seleção e novas médias, por exemplo. Os valores da acurácia média (Acclon) se mostraram bem altos para a massa (0,75), acidez (0,83), teor de sólidos solúveis (0,88), ratio entre o teor sólidos solúveis e acidez titulável (0,91), diâmetro (0,94) e comprimento (0,97), resultando em alta precisão de seleção. Já a presença de fibras (0,12) e a firmeza (0,11) apresentaram baixo valores para a acurácia média, com baixa precisão e baixo ganho de seleção. Avaliando os ganhos de seleção e as novas médias, pode-se selecionar os híbridos R6P16, R12P14 e CPAC 165/93 como os mais promissores. O programa de melhoramento genético da mangueira da Embrapa Semiárido, utilizará estes resultados para seguir com as etapas de seleção de híbridos para a região do Semiárido.

Palavras-chaves: manga, híbrido, melhoramento genético, REML/BLUP.

CHAPTER 2

SELECTION OF HYBRIDS FOR PHYSIC-CHEMICAL ATTRIBUTES OF HOSE FRUIT FROM EMBRAPA

ABSTRACT

The São Francisco Valley covers the largest production of mango. The objective of this work was to analyze the physic-chemical characteristics of hybrids of mango fruits from Embrapa, to contribute to the improvement of Embrapa semi-arid mango breeding program. The methodology consisted of analyzing the fruits physical and chemical parameters, such as mass (g), longitudinal length (mm), transverse diameter (mm), fiber presence (visual), firmness (N), soluble solids (°Brix), total acidity (%), ratio between soluble solids and titratable acidity, peel color and pulp color. In the present study, five hybrids (R12P10, R12P14, R6P16, CPAC 329/94 and CPAC 165/93) were evaluated, arranged in a randomized block design (DBC) at the Experimental Station of Mandacaru in Juazeiro (BA). The first three hybrids had four repetitions evaluated in the 2017 crop and three repetitions evaluated in the 2018 crop. The other two hybrids were evaluated with four repetitions each, only during the 2017 harvest. The results analysis, which occurred in a way unbalanced, could be performed through the estimation of variance components and prediction of genetic values by model 28 of the REML/BLUP in Selegen Software. It was only possible to estimate the individual repeatability for the R12P10, R12P14 and R6P16 hybrids, which were evaluated during two harvests, and the values found were mostly medium to low, from 0,11 (pulp luminosity) to 0,87 (peel chromaticity). For the others it was possible to estimate the heritability, selection accuracy, selection gains and new averages, for example. The values of the average accuracy (Acclon) were very high for the mass (0,75), acidity (0,83), soluble solids content (0,88), soluble solids content and titratable acidity (0,91), diameter (0,94) and length (0,97), resulting in high selection accuracy. The presence of fibers (0,12) and firmness (0,11) presented low values for the average accuracy, with low accuracy and low selection gain. By evaluating the selection gains and the new means, the R6P16, R12P14 and CPAC 165/93 hybrids can be selected as the most promising ones. The Embrapa Semiarid mango genetic breeding program will use these results to follow the selection stages of hybrids for the semi-arid region.

Key-words: Mango, hybrid, genetic improvement, REML/BLUP, randomized block design, hybrid, breeding, early selection.

1. INTRODUÇÃO

A mangueira é uma frutífera tropical muito importante, por possuir composição nutricional rica, com a presença de vitaminas, fibras, ácidos orgânicos, polifenóis e minerais (ZHANG et al., 2017). O Brasil tem condições climáticas favoráveis que possibilitam o seu cultivo em diferentes regiões, e é considerado um grande exportador de manga, sendo a Europa responsável por importar até 70% da manga do país. O mercado exportador só cresce e com ele estão acompanhadas novas exigências e a necessidade de diversificar as cultivares, sempre visando melhorias tanto para os produtores quanto para os consumidores (AMARIZ et al., 2010).

No ano de 2016, foram exportadas quase 160 mil toneladas da fruta, gerando um lucro de, aproximadamente, 180 milhões de dólares (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2017). A região do Nordeste, representa 74% de toda a produção de manga do país, uma parte dessa produção é destinada ao mercado externo (IBGE, 2018).

Encontrar a cultivar “ideal” para a mangueira se torna difícil por ser uma cultura perene. É necessário a compreensão de toda a morfologia da espécie, bem como a herdabilidade das características de interesse, para os programas de melhoramento genético desenvolverem novas cultivares. Resistência a doenças e pragas, porte da planta, produtividade e estabilidade de produção, adaptabilidade às adversidades climáticas, são características desejáveis exploradas nos programas de melhoramento (MAIA et al., 2014; PINTO et al., 2011).

Existem 26 cultivares de mangueira, cultivadas no Brasil, registradas no MAPA, dentre elas podemos citar a Tommy Atkins e Espada (MAPA, 2017), variedades utilizadas como genitores nos híbridos analisados neste estudo. Dentre todas as cultivares de mangueira registradas, a Tommy Atkins, a Rosa, a Palmer, a Espada, a Haden, a Kent e a Keitt são as principais produzidas no Vale do São Francisco, sendo a Tommy Atkins a variedade mais importante no Submédio do Vale do São Francisco (MACHADO et al., 2017).

Em espécies perenes, que têm a capacidade de se propagarem vegetativamente, o termo “repetitividade” pode ser melhor empregado, ao invés da herdabilidade. Para obter uma alta precisão nos dados de herdabilidade, é recomendado avaliar mais de um ciclo, assim como escolher o delineamento experimental adequado, o número de cruzamentos ideal e o número de famílias a serem avaliadas, dentro de cada cruzamento. Geralmente, as estimativas de herdabilidade para algumas características dos frutos de manga são altas, aumentando as chances de sucesso nos programas de melhoramento genético.

Porém ainda não se conhece muito sobre as características que têm herança quantitativa na mangueira (BROWN et al., 2009).

A variedade Tommy Atkins tem origem no estado da Flórida, nos Estados Unidos, e é resultante do cruzamento intervarietal entre a cultivar Haden e outra com variedade desconhecida. Os frutos dessa variedade ganharam o mercado consumidor devido a características atrativas, como coloração, sabor agradável, pouco fibrosa, polpa firme e suculenta e tolerância à antracnose (SILVA & CALISTO, 2013).

Alguns estudos, mostram que frutos da cultivar Tommy Atkins, cultivados no Nordeste brasileiro, apresentam baixo teor de sólidos solúveis e elevada acidez, características que indicam estágio inicial de amadurecimento dos frutos (GOMES et al., 2010).

Um estudo revela que a variedade Espada Vermelha possui baixa produtividade devido ao tamanho reduzido de seus frutos, mas apresentou baixos teores de ácidos titulável e elevados teores de sólidos solúveis, aproximadamente 17º Brix, e altas taxas para a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, responsável pela palatabilidade dos frutos. Com relação às pragas e doenças, essa variedade foi considerada suscetível à antracnose, porém, foi considerada resistente à mosca-das-frutas (CARAVALHO et al., 2004).

A variedade Espada, considerada uma variedade nacional, muito utilizada como porta-enxerto nas produções de mangueira, possui características como alto vigor e produtividade, sabor atrativo, precoce, resistente à antracnose e ao colapso interno, cor da casca esverdeada e polpa amarelada, massa dos frutos em torno de 300 g, e altos teores de sólidos solúveis, acima de 17º Brix (OLIVEIRA et al., 2010).

A metodologia multivariada REML/BLUP é capaz de ser implementada em casos de experimentações agrícolas mais complexas, a exemplo de com dados de diferentes anos, locais e delineamentos, ou também com dados desbalanceados. Ou seja, essa metodologia permite utilizar, simultaneamente, um grande número de informações com origens diferentes e é considerada vantajosa em relação ao uso da ANOVA (VIANA & RESENDE, 2014).

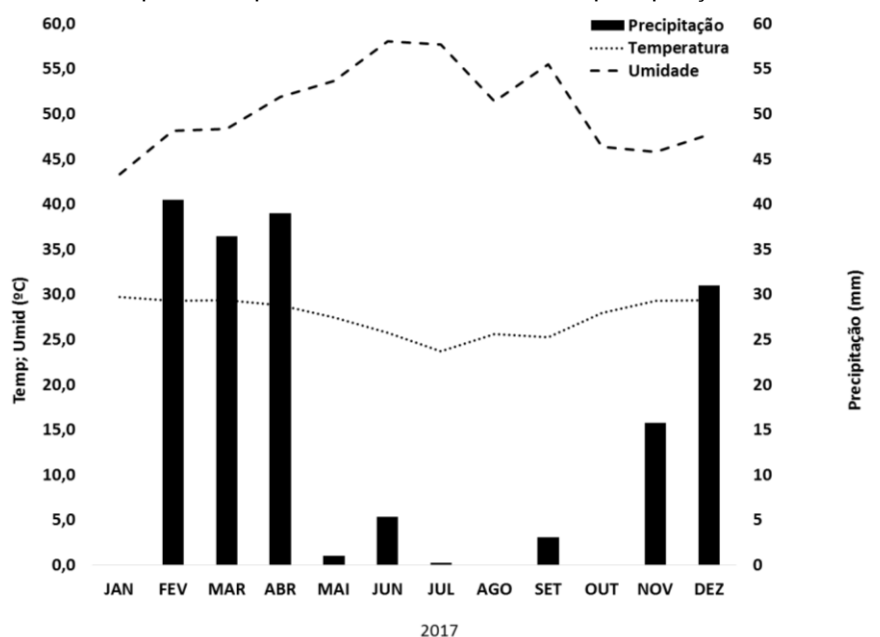
O objetivo do trabalho foi analisar características físico-químicas em frutos de híbridos de mangueira da Embrapa para verificar o potencial dos referidos híbridos no desenvolvimento de novas cultivares para o Vale do São Francisco, e com isso contribuir para o avanço do programa de melhoramento de mangueira da Embrapa Semiárido.

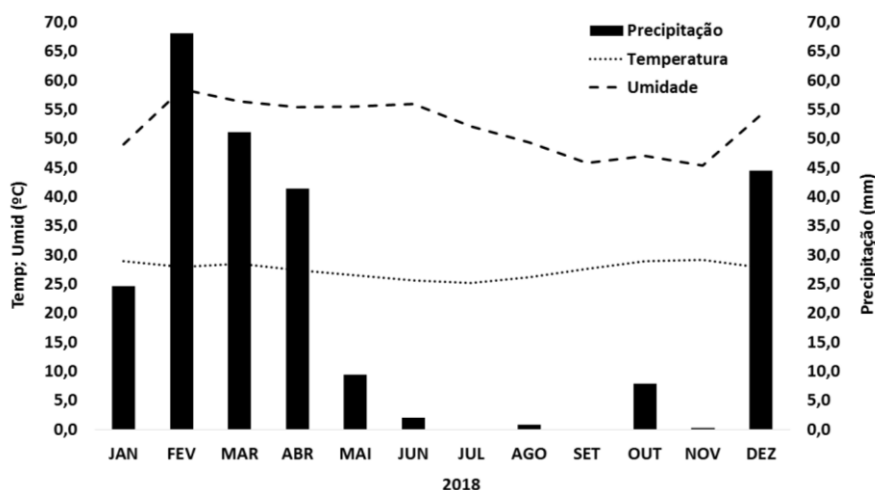
2. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental foi instalada na Estação Experimental de Mandacaru (9° 24' S, 40° 26' O, e 375 m de altitude), da Embrapa Semiárido, localizado no município de Juazeiro, BA. O clima predominante no local é tropical quente e seco, com solo predominante classificado como Vertissolo salino (SILVA et al., 2005).

As mangueiras avaliadas tinham, aproximadamente, 10 anos de idade e encontram-se plantadas em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 4 repetições, em um espaçamento 8 x 5 m. A irrigação utilizada foi do tipo microaspersão e os tratos culturais seguiram a recomendação da região semiárida (Embrapa, Sistemas de Produção 2ª Edição, 2010) porém não visa o aumento de produtividade, pois ainda estão em processo avaliativo. Os dados meteorológicos durante os anos de 2017 e de 2018 estão presentes na Figura 1.

Figura 1. Dados meteorológicos cedidos pelo Laboratório de Meteorologia (LABMET) da Univasf – Campus Juazeiro, BA (latitude 09°26'56"S, longitude 40°31'27"W, altitude de 356m), para a cidade de Juazeiro (BA), contendo as médias diárias para temperatura, umidade relativa e precipitação, nos anos de 2017 e 2018.





A primeira safra foi colhida entre os meses de outubro e dezembro de 2017, sendo avaliados todos os cinco híbridos (Tabela 1), com quatro repetições cada. Na segunda safra, em 2018 (novembro e dezembro), apenas 3 híbridos (R6P16, R12P14 e R12P10) foram avaliados, com 3 repetições cada. Nos cruzamentos entre Tommy Atkins e Espada, foram utilizados apenas um indivíduo de cada variedade, resultando nos três híbridos avaliados. O cruzamento que resultou nos híbridos CPAC 165/93 e CPAC 329/94 têm genealogia desconhecida. Foi realizada análise para ambos os ciclos, por meio da metodologia mista REML/BLUP, capaz de prever e estimar parâmetros genéticos.

Foram colhidos 10 frutos por planta, aleatoriamente, e estes foram armazenados em câmara fria, a 12°C, sendo organizados em contentores higienizados e devidamente identificados, até o momento em que foram analisados.

Tabela 1. Identificação dos híbridos avaliados, e seus cruzamentos.

Cruzamento	HÍBRIDOS	Origem
Tommy Atkins x Espada	R6P16	Embrapa Semiárido
Tommy Atkins x Espada	R12P10	Embrapa Semiárido
Tommy Atkins x Espada	R12P14	Embrapa Semiárido
Genealogia desconhecida - intervartietal	CPAC 329/94	Embrapa Cerrados
Genealogia desconhecida - intervartietal	CPAC 165/93	Embrapa Cerrados

Cada fruto foi analisado individualmente, e as características mensuradas foram peso (g), comprimento (mm), diâmetro (mm), cor da casca (L, C e H), cor da polpa (L, C e H), a presença de fibras (visual), firmeza, teor de sólidos solúveis (ST - °Brix) e acidez total titulável (AT), seguindo a metodologia indicada por Zenebon et al. (2008).

A massa foi medida em balança semi-analítica Marte, para obtenção da massa fresca (MF). Já o comprimento e diâmetro do fruto foram medidos com o uso do paquímetro digital Mitutoyo.

As colorações da casca e da polpa foram determinadas através do uso do colorímetro Konita Minolta, com o parâmetro L^* (luminosidade), C^* (cromaticidade) e $^{\circ}H$ (ângulo Hue), o qual é capaz de detectar diferenças muito pequenas entre as cores (AZEREDO et al., 2016). A coloração da cascas foi feita na área verde/amarela dos frutos, para ter uma estimativa mais aproximada da cor como um todo.

Antes de processar os frutos, eles foram submetidos à retirada de uma pequena porção da casca, em cada lado, para que fosse feita a medição da firmeza da polpa, através do uso de texturômetro digital (Texture Analyser TA.XT.plus), o qual fica acoplado em um computador.

Durante o processamento dos frutos, foi realizado o corte da polpa, individualmente, para observar a presença de fibras, atribuindo as notas 1 (pouca fibra), 2 (mediano) e 3 (muita fibra) para cada fruto, visualmente. Após essa etapa, o suco de cada fruto foi extraído separadamente, com o auxílio de uma peneira comum e uma colher de sopa para auxiliar na extração. Amostras de polpa dos frutos foram usadas para a análise do teor de sólidos solúveis, realizada através do uso do refratômetro digital Milwaukee (MA841 Refractometer). Ao finalizar, todas as amostras processadas foram guardadas no ultra freezer a $-10^{\circ}C$.

Para a análise da acidez total titulável, as amostras da polpa previamente congeladas em ultra freezer, foram analisadas após atingir a temperatura ambiente ($25^{\circ}C$) quando foram pesadas, 1 grama por amostra. A amostra pesada foi diluída em 50 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em titulador automático (Metrohm, 848 Tritino Plus).

Os dados do experimento foram submetidos à análise multivariada REML/BLUP (modelo 20), através do Software Selegen (RESENDE, 2016). Para estimar a repetibilidade foi utilizado o modelo 28.

3. RESULTADOS

Apenas três híbridos (R12P10, R6P16 e R12P14) foram avaliados nas duas safras (2017 e 2018). Na primeira safra, os híbridos foram avaliados com quatro repetições cada, e na segunda safra foram avaliados com 3 repetições. Outros dois híbridos (CPAC 329/94 e CPAC 165/93) foram avaliados apenas na primeira safra, com quatro repetições cada. A

análise de todos os híbridos foi possível através do uso da metodologia REML/BLUP, de forma desbalanceada.

Os componentes de variância pela máxima verossimilhança restrita (REML individual) estimados para todas as variáveis podem ser observados nas Tabela 2 e Tabela 3.

Analisando o desmembramento dos valores dos componentes de variância, observa-se que a variável massa do fruto apresentou os maiores valores para as variâncias fenotípica ($V_f=9339,70$), ambiental ($V_e=7848,04$) e genotípica ($V_g=1491,65$), em relação às demais (Tabela 2 e Tabela 3). A acidez e a presença de fibras foram as variáveis que apresentaram os menores valores para as três variâncias.

Tabela 2. Componentes de variância (REML Individual) para os caracteres de importância agrônômica em frutos de mangueira.

Variáveis	PF	CF	DF	TF	FIRM	SS	AT	RATIO
Média Geral	350.83	113.82	76.61	1.74	7.93	15.49	0.45	39.79
V_g	1491.65	149.06	31.34	0.00	0.02	1.29	0.007	114.40
V_e	7848.04	52.86	24.02	0.41	13.88	2.45	0.02	146.61
V_f	9339.70	201.92	55.37	0.41	13.91	3.75	0.03	261.01
h^2g	0.159±0.20	0.73±0.45	0.56±0.39	0.002±0.024	0.002±0.23	0.34±0.30	0.24±0.26	0.43±0.34
h^2mc	0.57	0.95	0.90	0.01	0.01	0.78	0.67	0.84
Acclon	0.75	0.97	0.94	0.12	0.11	0.88	0.83	0.91
CV_{gi}	11.00	10.72	7.30	1.74	2.11	7.34	19.17	26.87
CV_e	25.25	6.38	6.39	37.09	46.94	10.11	33.42	30.42
CV_r	0.43	1.67	1.14	0.04	0.04	0.72	0.57	0.08
PEV	640.06	7.18	3.09	0.00	0.02	0.27	0.002	17.70
SEP	25.29	2.68	1.75	0.03	0.16	0.52	0.48	4.20

*Peso (PF, em gramas); Comprimento (CF, milímetros); Diâmetro (DF, em milímetros); Teor de Fibras (TF, análise visual, em notas 1, 2 e 3); Firmeza (FIRM, em Newtons); Sólidos solúveis (SS, em Brix); Acidez total (AT, em %); Ratio (SS/AT, adimensional); V_g : variância genotípica, V_e : variância do ambiente, V_f : variância fenotípica, h^2g : herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, h^2mc : herdabilidade média de genótipo; Acclon: acurácia da seleção de genótipos, assumindo ausência de perda de parcelas, $CV_{gi}\%$: coeficiente de variação genotípica, $CV_e\%$: coeficiente de variação residual, CV_r : coeficiente de variação relativa, PEV: variância do erro de predição dos valores genotípicos, assumindo ausência de perda de parcelas e SEP: desvio padrão do valor genotípico predito, assumindo ausência de perda de parcelas.

As variâncias genotípica, ambiental e fenotípica são fundamentais para os melhoristas conseguirem identificar os cruzamentos mais promissores e quais os genótipos que apresentam maiores ganhos de seleção. Quanto maior for o valor da variância genotípica de uma variável, maior facilidade de seleção terá para tal.

A herdabilidade de parcelas no sentido amplo (h^2g) foi extremamente baixa para os atributos presença de fibras (0,002), firmeza (0,002), luminosidade da polpa (0,002) e

para o ângulo de tonalidade da casca (0,09). Foi considerada baixa para massa (0,15), acidez titulável (0,24), para teor de sólidos solúveis (0,34) e para cromaticidade da polpa (0,26). Valores medianos ou altos foram encontrados para o ratio (0,43), para o ângulo de tonalidade da polpa (0,43), para o diâmetro (0,56), comprimento (0,73), luminosidade da casca (0,73) e para cromaticidade da casca (0,81).

Tabela 3. Componentes de variância (REML Individual) para o caracter da cor da casca e cor da polpa, seguindo o parâmetro L*C*H, em frutos de mangaueira.

	COR DA CASCA			COR DA POLPA		
	L*	C*	H	L*	C*	H
Média Geral	54.05	36.44	96.17	72.73	61.37	88.82
Vg	33.90	57.82	9.65	0.04	4.95	12.48
Ve	12.25	13.48	97.53	13.67	13.59	16.03
Vf	46.15	71.30	107.18	13.71	18.55	28.51
h2g	0.73±0.45	0.81±0.47	0.09±0.15	0.002±0.28	0.26±0.27	0.43±0.34
h2mc	0.95	0.96	0.40	0.02	0.71	0.84
Acclon	0.97	0.98	0.63	0.42	0.84	0.91
Cvgi	10.71	20.86	3.23	0.27	3.62	3.97
Cve	6.47	10.07	10.26	5.08	6.00	4.50
CVr	1.66	2.07	0.31	0.54	0.60	0.88
PEV	1.66	1.86	5.70	0.039	1.39	1.95
SEP	1.29	1.36	2.38	0.19	1.18	1.39

L (luminosidade); C(cromaticidade); H (ângulo de Hue ou de tonalidade)etros); Vg: variância genotípica, Ve: variância do ambiente, Vf: variância fenotípica, h2g: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, h2mc: herdabilidade média de genótipo; Acclon: acurácia da seleção de genótipos, assumindo ausência de perda de parcelas, CVgi%: coeficiente de variação genotípica, CVe%: coeficiente de variação residual, CVr: coeficiente de variação relativa, PEV: variância do erro de predição dos valores genotípicos, assumindo sobrevivência completa e SEP: desvio padrão do valor genotípico predito, assumindo sobrevivência completa.

A acurácia (Acclon) é um importante componente da variância capaz de indicar a precisão experimental dos resultados e, conseqüentemente, o quão é confiável tal resultado. Nas Tabelas 2 e 3 podemos observar valores muito baixos para teor de fibras (0,12) e firmeza (0,11), os quais indicam baixíssima confiança e precisão nos resultados. Porém, a maioria dos parâmetros analisados se apresentaram com média ou alta confiança, indicando boa precisão experimental dos resultados, os quais variaram de 0,98 (cromaticidade da casca) a 0,43 (luminosidade da polpa). Massa, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, ratio, diâmetro e comprimento foram alguns parâmetros com os mais altos valores para acurácia.

O coeficiente de variação genotípica (CV_{gi}) indica qual a proporção da fração genotípica que representa na variação total, e o coeficiente de variação residual (CV_e) mostra quanto da porção ambiental contribui para a variação total. Esses valores influenciam os valores da acurácia.

A partir da Tabela 2, podemos observar a magnitude do coeficiente de variação genética individual ($CV_{gi}\%$) para os caracteres massa, comprimento, diâmetro, presença de fibras, firmeza e teor de sólidos solúveis, onde todos aparecem abaixo de 11%, indicando presença de variabilidade genética. Porém, o CV_{gi} deve estar associado ao valor do coeficiente de variação residual ($CV_e\%$). Quando os valores para o $CV_e\%$ se apresentam mais altos do que os valores para CV_{gi} , como no caso da massa, presença de fibras, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e ratio, os valores de CV_{gi} não são considerados altos. A variabilidade genética observada, associada ao baixo valor do coeficiente de variação residual ($CV_e\%$) para os caracteres comprimento e diâmetro propiciam altos valores para a herdabilidade desses caracteres. Essa situação se torna muito vantajosa para a seleção e traz ótimas perspectivas para o programa de melhoramento da mangueira, considerando a avaliação de duas safras apenas.

Na Tabela 3, podemos observar a mesma situação descrita acima, para a luminosidade e cromaticidade da casca, indicando variabilidade genética com facilidade de seleção.

Os valores do coeficiente de variação relativa (CV_r) para as variáveis massa (0,43), presença de fibras (0,04), firmeza (0,04), teor de sólidos solúveis (0,72), acidez (0,57) e ratio (0,08), associados ao bom número de repetições, indica alta confiabilidade nos resultados. Consequentemente, a precisão de seleção também aumenta, o que pode ser confirmado pelos baixos valores de desvio padrão do erro de predição (SEP) nas variáveis presença de fibras (0,03), firmeza (0,16), teor de sólidos solúveis (0,52) e acidez titulável (0,48).

A repetibilidade individual (r) é um componente da variância que só é possível ser estimado para genótipos com pelo menos duas safras avaliadas, e é capaz de indicar o controle genético e estabilidade das variáveis em estudo. Por esse motivo não foi possível estimar a repetibilidade de todos os genótipos. Foi possível para os genótipos R12P10, R12P14 e R6P16, os quais foram avaliados durante duas safras consecutivas (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativa da repetibilidade para os genótipos R12P10, R12P14 e R6P16, os quais foram avaliados em duas safras consecutivas.

Variáveis	R
PF	0.130±0.240
CF	0.731±0.570
DF	0.794±0.594
TF	0.138±0.247
FIRM	0.112±0.223
SS	0.338±0.388
RATIO	0.593±0.513
L* casca	0.683±0.551
C* casca	0.879±0.625
°H casca	0.221±0.313
L* polpa	0.112±0.223
C* polpa	0.177±0.281
°H polpa	0.359±0.399

r: repetibilidade individual.

A estimativa da repetibilidade individual variou de 0,11 (FIRM e L* polpa) a 0,87 (C* casca). Os valores podem ser considerados altos para os atributos de ratio (0,59), luminosidade da casca (0,68), comprimento (0,73), diâmetro (0,79) e cromaticidade da casca (0,87), ou seja, pode se dizer que esses caracteres têm um alto controle genético e alta estabilidade média nas diferentes safras. Valores medianos foram encontrados para o ângulo de tonalidade da casca (0,22) e da polpa (0,35) e para sólidos solúveis (0,33). Para a grande maioria das variáveis, com exceção do comprimento, diâmetro e cromaticidade da casca, serão necessárias mais safras para se obter uma determinação de 90%.

Os valores encontrados para a média geral podem ser considerados dentro das expectativas para cada caracter analisado, individualmente.

A predição dos valores genéticos, como ganho de seleção e nova média (BLUP individual) para os cinco genótipos avaliados, podem ser encontrados nas Tabela 5, 6, 7 e 8, em relação a todas as variáveis estudadas.

Tabela 5. Ranqueamento e estimativas dos cinco genótipos superiores e seus componentes de médias (BLUP individual) para os caracteres de importância agrônômica em frutos de genótipos de mangueiras.

¹ RK	² MF			³ CF			⁴ DF		
	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média
1	CPAC 165/93	30.98	381.81	R6P16	19.35	133.18	CPAC 165/93	7.21	83.83
2	R12P10	27.60	378.43	R12P10	11.08	124.90	R12P10	5.55	82.17
3	R6P16	16.81	367.63	CPAC 165/93	5.71	119.53	CPAC 329/94	2.68	79.29
4	R12P14	8.47	359.30	R12P14	2.43	116.25	R6P16	1.08	77.69
5	CPAC 329/94	0.00	350.83	CPAC 329/94	0.00	113.82	R12P14	0.00	76.61

¹RK: Ranking; ²MF: massa do fruto, em gramas; ³CF: Comprimento; ⁴DF: Diâmetro.

O ranqueamento dos melhores genótipos, para cada variável, pode ser observado de forma crescente nas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9, com exceção da presença de fibra, que foi ranqueado de forma decrescente pois quanto menor a quantidade de fibras mais atrativo é o fruto para o mercado consumidor.

Segundo descritores morfológicos para a manga, o comprimento pode ser classificado como curto (6 a 8,9 cm), médio (9 a 10,9 cm), longo (11 a 13,9 cm) e muito longo (maior que 14 cm); a largura ou diâmetro são classificados como estreito (5 a 6,4 cm), médio (6,5 a 8,4 cm), largo (8,5 a 9,9 cm) e muito largo (maior que 10 cm); a firmeza é classificada como fraca (menor que 1,9 N), média (2 a 3,9 N) e firme (maior que 4 N); o teor de sólidos solúveis é considerado baixo (10 a 13,9°), médio (14 a 15,9°), alto (16 a 18,9°) e muito alto (maior que 19°); a acidez titulável pode ser baixa (0,1 a 0,29%), média (0,3 a 0,39%), alta (0,4 a 0,49%) e muito alta (maior que 0,5%); já o ratio entre sólidos solúveis e acidez titulável pode ser muito baixa (menor que 40), baixa (40 a 64), média (65 a 89), alta (90 a 114) e muito alta (maior que 115) (MAPA, 2011).

O ganho de seleção para a variável massa variou de 0 a 30,98 g e as novas médias variam de 350,83 g (CPAC 329/94) a 381,81 g (CPAC 165/93). Todas as novas médias podem ser consideradas próximas ao valor exigido pelo mercado exportador, que exige frutos maiores que 400 g, e o ranqueamento dos genótipos ficou da seguinte forma: 381,81 g para CPAC 165/93 (1°), 378,43 g para R12P10 (2°), 367,63 g para R6P16 (3°), 359,30 g para R12P14 (4°) e 350,83 para CPAC 329/94 (5°).

Para o comprimento, pode-se observar um ganho de seleção que variou de 0 a 19,35 mm, aumentando assim o valor das médias que estão variando de 113,82 (CPAC 329/94) a 133,18 mm (R6P16) (Tabela 5), considerados comprimentos longos.

A variável diâmetro teve um ganho de seleção de 0 a 7,21 mm, menor quando se compara ao ganho de comprimento, e consequentemente as novas médias não tiveram uma variação grande, ficando entre 76,61 (R12P14) e 83,83 mm (CPAC 165/93), considerados diâmetros medianos.

A presença de fibras, ranqueado de forma decrescente, teve um ganho muito baixo, o menor quando comparado às demais variáveis desse estudo, variando de 0 a 0,0038, e todos os genótipos se apresentaram com valores semelhantes, indicando que todos possuem baixa presença de fibras presentes nos frutos (Tabela 6).

Tabela 6. Ranqueamento e estimativas dos cinco genótipos superiores e seus componentes de médias (BLUP individual) para os caracteres teor de fibras e firmeza, em frutos de genótipos de mangueiras.

¹ RK	² PF			³ FIRM		
	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média
1	R12P14	0.0000	1.743	R6P16	0.017	7.956
2	R12P10	0.0006	1.744	R12P14	0.010	7.949
3	CPAC 165/93	0.0013	1.744	CPAC 165/93	0.007	7.945
4	R6P16	0.0024	1.746	R12P10	0.002	7.941
5	CPAC 329/94	0.0038	1.747	CPAC 329/94	0.00	7.938

¹RK: Ranking; ²PF: Presença de Fibras; ³FIRM: Firmeza.

A firmeza também teve um ganho de seleção muito baixo, porém ainda um pouco mais elevado ao apresentado pela presença de fibras, variando de 0 a 0,017, e as novas médias também se apresentaram com valores parecidos e variações mínimas, de 7,93 a 7,95 N (Tabela 6), considerados fruto firmes com médias altas, segundo descritores morfológicos. Esses valores mostram que os frutos estavam firmes.

Tabela 7. Ranqueamento e estimativas dos cinco genótipos e seus componentes de médias (BLUP individual) para os caracteres acidez total, sólidos solúveis, e ratio: relação SS/AT, em frutos de mangueira.

¹ RK	² AT			⁴ SS			³ Ratio		
	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média
1	R12P14	0.00	0.45	CPAC 165/93	1.07	16.56	R12P14	13.00	52.80
2	CPAC 165/93	0.02	0.48	R12P14	0.77	16.26	CPAC 165/93	9.11	48.91
3	R12P10	0.04	0.49	CPAC 329/94	0.62	16.11	R12P10	5.22	45.02
4	CPAC 329/94	0.05	0.50	R12P10	0.36	15.86	CPAC 329/94	3.08	42.88
5	R6P16	0.07	0.53	R6P16	0.00	15.49	R6P16	0.00	39.80

¹RK: Ranking; ²AT: Acidez Total; ²SS: Sólidos solúveis; ³Ratio: Relação entre SS/AT.

A acidez titulável, também ranqueada de forma crescente, teve uma variação no ganho de seleção extremamente baixo, de 0 a 0,07, e as novas médias variaram de 0,45 (R12P14) a 0,53% (R6P16), sendo representativas de mangas maduras e com acidez elevada. O teor de sólidos solúveis apresentou variação de 0 a 1,07, considerada baixa, e assim suas novas médias tiveram pouca variação, de 15,49 (R6P16) a 16,56 °Brix (CPAC 165/93), considerados valores mediano a alto. O ganho de seleção de ratio (relação SS/AT) foi de 0 a 13,00, e as novas médias ficaram altas, com valores de 39,80 (R6P16) a 52,80 (R12P14), considerados muito baixos a baixos (Tabela 7).

Excluindo as variáveis de coloração, o genótipo R6P16 foi ranqueado em 1º lugar para três variáveis avaliadas, que foram o comprimento, firmeza e acidez titulável. Já o genótipo CPAC 165/93 também foi ranqueado como o melhor para três características, massa, diâmetro e teor de sólidos solúveis. Por fim, o genótipo R12P14 foi selecionado como o melhor para a presença de fibras e para ratio (SS/AT).

A coloração, tanto da casca quanto da polpa, pode ser considerado uma variável que atrai muito os consumidores. O ranqueamento para o parâmetro L*C*H da casca e da polpa podem ser visualizados nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Tabela 8. Ranqueamento e estimativas dos cinco genótipos superiores e seus componentes de médias (BLUP individual) para a variável cor da casca, no parâmetro L*C*H.

COR DA CASCA									
¹ RK	² L*			² C*			³ H		
	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média
1	R12P10	6.87	60.93	R12P10	9.66	46.10	R12P14	2.84	99.02
2	R6P16	5.65	59.70	R6P16	6.83	43.27	R6P16	1.62	97.79
3	R12P14	3.21	57.26	CPAC 329/94	4.60	41.04	R12P10	1.00	97.17
4	CPAC 329/95	1.77	55.82	R12P14	2.44	38.88	CPAC 329/94	0.50	96.67
5	CPAC 165/93	0.00	54.05	CPAC 165/93	0.00	36.44	CPAC 165/93	0.00	96.17

¹RK: Ranking; ²L*: luminosidade; ²C*: cromaticidade; ³H: ângulo de Hue ou de tonalidade.

O ângulo de tonalidade da casca também teve ganho de seleção com pouca variação, de 0 a 2,84 (Tabela 8). Já a luminosidade (0 a 6,87) e a cromaticidade da casca (0 a 9,66) apresentaram ganhos de seleção maiores que os demais parâmetros de cor.

Tabela 2. Ranqueamento e estimativas dos 5 genótipos superiores e seus componentes de médias (BLUP individual) para o caracter cor da polpa, no parâmetro L, C e H, em frutos de mangueira.

¹ RK	COR			DA POLPA					
	² L*			² C*			³ H		
	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média
1	CPAC 329/94	0.024	72.76	CPAC 329/94	2.84	64.21	R12P14	3.28	92.11
2	R6P16	0.019	72.75	R12P14	1.59	62.97	R12P10	3.04	91.87
3	CPAC 165/93	0.014	72.75	R12P10	0.90	62.27	CPAC 329/94	1.96	90.79
4	R12P10	0.007	72.74	CPAC 165/93	0.50	61.87	R6P16	1.08	89.91
5	R12P14	0.000	72.73	R6P16	0.00	61.37	CPAC 165/93	0.00	88.82

¹RK: Ranking; ²L*: luminosidade; ²C*: cromaticidade; ³H: ângulo de Hue ou de tonalidade.

O ganho de seleção para a luminosidade (0 a 0,024), cromaticidade (0 a 2,84) e ângulo de tonalidade (0 a 3,28), para a polpa, foram considerados baixos (Tabela 9).

4.DISSCUSSÃO

A experimentação do presente trabalho pode ser considerada complexa, com dados desbalanceados, uma vez que o número de safras não foi o mesmo para todos os híbridos. Outro ponto é que os números de repetições também não foi o mesmo entre alguns híbridos, e todos os dados foram analisados de forma simultânea, o que não seria possível através do uso da ANOVA.

O uso da estimativa de componentes de variância (REML), que permite uma maior flexibilidade na modelagem, e o uso da predição de valores genéticos (BLUP), são parâmetros que a ANOVA não consegue estimar com precisão ou não faz. O emprego da metodologia mista REML/BLUP é fundamental dentro dos programas de melhoramento pela capacidade de estimar esses parâmetros (RESENDE, 2016).

No estudo do melhoramento genético de espécies perenes, como no caso da mangueira, o conhecimento da diversidade genética dos genótipos e sua hereditariedade se faz muito importante, podendo inclusive, contribuir nos estudos de bancos de germoplasma de mangueira, a fim de evitar redundâncias (ALVES et al., 2012; KHAN et al., 2015). Ainda segundo Alves et al. (2012), a análise de variáveis físico-químicos em frutos pode contribuir no conhecimento da diversidade genética, e é importante estudar qual o melhor método estatístico a ser empregado, para evitar influências ou interpretações inadequadas que prejudiquem a compreensão dos resultados.

Sabe-se que o estudo do melhoramento genético em plantas perenes é dificultado devido a características como o longo período juvenil. Por isso, algumas informações

importantes no estudo do melhoramento de plantas perenes, como a herdabilidade e repetibilidade dos caracteres de importância agrônoma, são escassas (SANCHEZ et al., 2017). A repetibilidade é considerada um importante parâmetro pois, seus valores são capazes de indicar a confiabilidade e o controle genético dos dados estudados (OLIVEIRA & MOURA, 2010).

Para estimar os valores da repetibilidade, é necessário ter no mínimo duas safras (VIANA & RESENDE, 2014). Sendo assim, só foi possível estimar a repetibilidade individual (r) para os genótipos R12P10, R12P14 e R6P16, os quais foram avaliados durante as safras de 2017 e 2018, e os valores variaram de 0,11 (firmeza e luminosidade da polpa) a 0,87 (cromaticidade da casca) entre todos os parâmetros avaliados. Entretanto, duas safras ainda é insuficiente para se obter acurácia elevada na maioria das variáveis.

Viana e Resende (2014) descrevem que, para valores de repetibilidade igual a 60%, são necessárias 3 safras para ter uma determinação de 80% e 13 safras de avaliação para a determinação de 95%. Já para $r=70\%$, seria necessário 2 safras para ter 80% de determinação e 8 safras para ter 95%. Quando o $r=80\%$ e $r=90\%$, é exigida a avaliação de apenas 1 safra para 80% de determinação. Para 95% de determinação, a repetibilidade sendo 80% exige a avaliação de 5 safras e acima de 90% de repetibilidade, são exigidas duas safras de avaliação.

Sendo assim, para a cromaticidade da casca ($r=0,87$), o comprimento (0,73) e diâmetro (0,79), a determinação de 80% já está atingida. Para o ratio (0,59) seria necessário mais uma safra de avaliação para ter 80% de determinação. Porém, o ideal é que a determinação seja acima de 90%, indicando a necessidade de um maior número de safras de avaliação para todos os caracteres.

Em um estudo sobre repetibilidade em genótipos elites de manga rosa, durante três safras e utilizando a metodologia REML/BLUP, pode observar que os valores para a repetibilidade individual apresentaram uma variação menor do que a encontrada no presente estudo, que foi de 0,004 (% polpa) a 0,49 (pH), e as variáveis massa, sólidos solúveis foram as únicas que apresentaram valores maiores para r do que os valores apresentados no presente estudo. Já as demais variáveis, apresentaram valores mais baixos do que os observados aqui, como comprimento, diâmetro, firmeza, e ratio (MAIA et al., 2017). Já em um estudo com cajueiro, durante duas safras e utilizando a metodologia REML/BLUP, pôde-se observar que os valores para a repetibilidade

individual foram altos, variando de 0,50 a 0,96, indicando alto controle genético para todos os parâmetros analisados (MAIA et al., 2016).

Em um estudo feito com graviola, o qual foi avaliado por 16 anos, Sánchez et al (2017), encontraram o valor da repetibilidade média (r_m) igual a 0,90 para produtividade, indicando um alto controle genético para essa característica, e a porcentagem de ganho de seleção para a mesma característica variou de 84,06 a 129,87%. O estudo foi feito através da metodologia REML/BLUP. Hardner et al. (2012) avaliaram híbridos de mangueira para a variável massa dos frutos, usando o modelo linear misto, em seis safras (1999 a 2004), e mencionaram valores da herdabilidade (h^2) variando de 0,79 a 0,93, valor que cresceu em decorrer dos anos de avaliação. O valor encontrado para peso de fruto, nos 3 genótipos que tiveram a repetibilidade estimada nesse estudo, foi de 0,13, bem abaixo dos valores encontrados pelo autor, indicando baixo controle genético para esse atributo. Esse baixo controle genético pode ser atribuído ao baixo número de safras avaliadas.

Foram encontrados valores altos para a variância genotípica (V_g) para os caracteres de massa (1491,65), comprimento (149,06) e ratio (114,40), revelando assim a existência de ampla variabilidade genética entre os genótipos, neste estudo (Tabela 2). Maia et al. (2016) também observou valor alto da V_g para o conteúdo de vitamina C no cajueiro.

Os valores da acurácia foram considerados bem altos para quase todos os caracteres (exceto para a presença de fibras e firmeza), como para o comprimento (0,97), diâmetro (0,94), ratio (0,91), sólidos solúveis (0,88), acidez titulável (0,83) e massa (0,75), indicando alta precisão e confiança nos dados. Maia et al. (2017) e Maia et al. (2014), em estudos com genótipos de mangueira, também mencionaram valores altos e similares para a acurácia da massa, comprimento, diâmetro, sólidos solúveis e ratio, demonstrando também alta confiabilidade dos dados. Sales et al. (2019), em estudo com videira durante 3 safras, destacaram altos valores da acurácia, para a produção, sólidos solúveis e ratio, em um estudo com híbridos de uva. Também utilizaram a metodologia mista REML/BLUP.

A média geral encontrada para a variável massa do fruto, no presente trabalho, de 350,53 g, foi considerada maior do que a média 299,94 g (MAIA et al., 2017), porém se aproximou de 350,86 g (MAIA et al., 2014), em um estudo com genótipos de manga rosa. O ganho de seleção para a massa, neste trabalho, variou de 0 a 30,98 e as novas médias ficaram de 350,83 (CPAC 329/94 – 5º) a 381,81 (CPAC 165/93 – 1º).

Galli et al (2011) analisaram também a massa de frutos de diferentes variedades de mangueira, utilizaram a ANOVA ao invés da metodologia mista REML/BLUP, durante uma

safrá. Os autores observaram uma variação de 139,83 g para a variedade Ubá e valores acima de 400 g, para as variedades Palmer e Parvin. Silva et al (2009) fizeram estudo semelhante, com o uso da ANOVA, e informaram valores médios altos para as massas dos frutos das variedades Kent (704,4 g) e Palmer (678,6 g), e medianos ou baixos para Espada (283,5 g) e Haden (349,9). Vale ressaltar que os híbridos R12P10, R12P14 e R6P16 foram obtidos através do cruzamento das variedades Tommy Atkins e Espada.

Os países importadores da manga produzidas no Brasil, têm exigências quanto ao tamanho e massa dos frutos. Por exemplo, o mercado norte americano aceita frutos com até 600 g, já o mercado europeu tem o limite de 450 g por fruto. Os frutos com massa muito baixa, como a Ubá (Galli et al., 2011), podem ser aproveitados para o mercado interno, já que o mercado interno não têm parâmetros de descarte bem definidos (PIZZOL et al., 1998).

A variável de sólidos solúveis é utilizado para medir a doçura da polpa, sendo um bom indicador do ponto ideal para a colheita dos frutos, aliado à outros parâmetros como cor de casca, por exemplo (GALLI et al., 2011).

As médias gerais encontradas para o teor de sólidos solúveis foram de 15,49 °Brix, se aproximando do valor de 14,0 °Brix (RIBEIRO et al., 2013), de 16,08 °Brix (MAIA et al., 2014), porém todas essas médias ainda estão abaixo do ideal, para mangueira (≥ 18 °Brix) (SINGH, 1996); são valores considerados medianos segundo os descritores morfológicos (MAPA, 2011). Ribeiro et al. (2015), avaliando 66 genótipos de mangueira, também relataram valores bem abaixo do ideal para manga, variando de 8,2 a 12,2 °Brix. Maia et al. (2017) apresentaram dados próximos ao valor ideal, com 18,6 °Brix. Vale ressaltar que os híbridos envolvem genitores diferentes daqueles utilizados neste estudo.

O ganho de seleção para as variáveis sólidos solúveis, acidez titulável, presença de fibras e firmeza variaram pouco, de 0 a 1,07 °Brix, 0 a 0,07%, 0 a 0,0038 e 0 a 0,017 N, respectivamente, quando comparadas ao ganho de seleção das demais variáveis (massa, comprimento e diâmetro, por exemplo). Sales et al. (2019) também observou uma baixa variação no ganho de seleção na variável sólidos solúveis (0,39 a 0,99 °Brix), em uva, em relação aos demais caracteres que analisou. As novas médias para sólidos solúveis, observadas no presente estudo, ficaram entre 15,49 °Brix (R6P16 – 5º) e 16,56 °Brix (CPAC 165/93 – 1º lugar no ranking), valores considerados mediano e alto, respectivamente, segundo os descritores morfológicos (MAPA, 2011).

As média geral para acidez ficou em 0,45%, e as novas médias variaram de 0,45% (R12P14) a 0,53% (R6P16), valores que podem ser considerados bons para os frutos de manga.

É importante ressaltar que o teor de sólidos solúveis, avaliado isoladamente, pode gerar uma expectativa de sabor que não se confirma na prática. O teor de sólidos solúveis deve ser avaliando em conjunto com a acidez titulável, juntos eles serão responsáveis por gerar o sabor característico do fruto.

Com relação a presença de fibras, todos os genótipos avaliados apresentaram valores muito similares e são considerados excelentes, pensando na atratividade pelo mercado consumidor. Ribeiro et al. (2013), avaliaram acessos de mangueira do banco de germoplasma da Embrapa Semiárido e baixos valores de fibras em muitos acessos de mangueira analisados.

É esperado que o comprimento dos frutos de manga sejam maiores do que seu próprio diâmetro, e isso podemos observar para todos os genótipos avaliados, onde os ganhos de seleção foram de 0 a 19,35 mm e 0 a 7,21 mm, respectivamente. As novas médias encontradas foram de 113,82 (CPAC 329/94) a 133,18 mm (R6P16 - 1º no ranking) para o comprimento e, de 76,61 (R12P14) a 83,83 mm (CPAC 165/93 - 1º), consideradas longos para os comprimentos e medianas para a largura, segundo descritores morfológicos (MAPA, 2011). Ribeiro et al (2013), caracterizando acessos de mangueira, observou valores similares para as duas variáveis, de 60 a 139 mm para o comprimento e de 65 a 85 mm para o diâmetro. Pode-se observar que a variação na média do diâmetro é menor do que a encontrada para o comprimento. Maia et al. (2017) mencionaram menor valor para o diâmetro, com média de 69,06 mm.

As novas médias para firmeza se apresentaram muito similares e com variação mínima, assim como o ocorrido para o teor de fibras, com valores de 7,93 (CPCA 329/94) a 7,95 N (R6P16). Todos esses valores podem ser considerados bons e altos e se aproximam dos valores de 6,39 N (MAIA et al, 2014) e 8,15 N (MAIA et al, 2017).

Uma característica que pode, e deve ser enfatizada a fim de identificar a qualidade de frutos de mangueira, é a firmeza. Sabe-se que a firmeza permanece praticamente constante durante o crescimento, e durante o amadurecimento dos frutos, a firmeza é reduzida, além de apresentar mudanças no tamanho e na cor dos frutos. Também entende-se que a firmeza dos frutos está relacionada com a espessura da casca e com o teor de sólidos solúveis (JHA et al., 2010).

Os carotenóides presentes na manga são componentes nutricionais que agregam valor comercial aos frutos, e junto da presença da clorofila, são os responsáveis por dar cor característica à manga. A coloração se inicia com tom verde escuro e, com o amadurecimento do fruto passa para a cor verde clara, depois amarelada, e por fim rósea e bronzeada (VETTUCI et al., 2016). O pigmento antocianina é responsável por dar a cor avermelhada aos frutos de manga (SUDHEERAN et al., 2019).

As colorações da casca e da polpa foram determinadas através dos componentes L^* (luminosidade), C^* (cromaticidade) e $^{\circ}H$ (ângulo Hue ou ângulo de tonalidade). De acordo com Trindade et al. (2015), os valores médios do ângulo Hue ($^{\circ}H$) podem determinar a cor da casca e da polpa da seguinte forma: 0° – vermelho, 90° - amarelo, 180° - verde, e 270° - azul.

Sendo assim, pode-se observar a médias gerais para o ângulo de Hue ou ângulo de tonalidade, tanto para polpa (88,82) quanto para casca (96,17), ficaram próximas à coloração amarela (Tabela 3).

Em uma avaliação realizado por Pinto et al. (2005) com híbridos da Embrapa Cerrados, incluindo CPAC 329/95 e CPAC 165/93, os mesmo avaliados nesse trabalho, descreveram ambos como tendo a coloração da casca vermelho-amarelada e a coloração da polpa amarelo-claro e amarelo-ouro, respectivamente. Já a variedade Tommy Atkins, foi descrito com casca vermelha e polpa amarelo claro. As avaliações de cores forem feitas atribuindo-se notas, tanto para a casca quanto para a polpa. Azeredo et al. (2016) observou que a coloração da casca e da polpa de frutos de Tommy Atkins sofreram alteração no decorrer de sua maturação pós-colheita, alteração que também pode ser observada para outras variedades.

Para a manga, existe a definição de estádios de maturação, onde o estágio 2 se caracteriza pela coloração da casca como verde clara e com a cor da polpa levemente amarela, e baixos teores de sólidos solúveis em torno de 6° Brix, já no estágio 3 de maturação os frutos apresentam a cor da casca verde amarelada e polpa amarelada, com teores de sólido solúveis um pouco mais alto, em torno de $6,5^{\circ}$ Brix (TRINDADE et al., 2015). A partir desses dados, pode-se observar que todos os híbridos encontravam-se em um estágio mais avançado de maturação, devido a coloração da casca vermelho-amarelada e da cor da polpa amarelo-ouro, no momento da avaliação.

5.CONCLUSÃO

Foram obtidos baixos valores para as variâncias fenotípica, genotípica e ambiental, para a maioria dos caracteres de importância agrônoma para a mangueira, com exceção da massa que apresentou altos valores. Os valores da acurácia se apresentaram altos, demonstrando alta confiança nos resultados para os parâmetros avaliados, com exceção para o teor de fibras e para a firmeza. A estimativa da repetibilidade individual mostra que para a maioria dos parâmetros avaliados ainda são necessárias a avaliação em mais safras, a fim de se obter valores de 80 a 95% de determinação. Observando o ganho de seleção e as novas médias, podemos indicar R6P16, CPAC 165/93 e R12P14 como híbridos promissores, sugerindo-se que estes possam avançar no programa de melhoramento genético da mangueira da Emrapa Semiárido, o qual irá prosseguir com as próximas etapas de seleção.

6.REFERÊNCIAS

- ALVES, E. O. S. et al. 2012. Comparison of efficiency of distance measurement methodologies in mango (*Mangifera indica*) progenies based on physicochemical descriptors. *Genetics and Molecular Research* 11 (1): 591-596.
- AMARIZ, A. et al. 2010. Recobrimentos à base de carboximetilcelulose e dextrina em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenada sob refrigeração. *Ciência Rural*, Santa Maria, Online ISSN 0103-8478.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. 2017. CARVALHO, C., et al. 2017. Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta Santa Cruz, 88 p. : il.
- AZEREDO, L. P. M. et al. 2016. Qualidade de manga ‘Tommy Atkins’ da produção integrada recoberta com fécula de mandioca associada a óleos essenciais e quitosana. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v.38, n. 1. 141-150, Fevereiro.
- BROWN, J. S. et al. 2009. Broad-sense Heritability Estimates for Fruit Color and Morphological Traits from Open-pollinated Half-sib Mango Families. *HORTSCIENCE* 44(6):1552–1556.
- CARVALHO, C. R. L. et al. 2004. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo instituto agrônomo de campinas comparadas a outras de importância comercial. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 264-271, Agosto.

- EMBRAPA. 2010. Cultivo da Manga. Embrapa Semiárido Sistemas de Produção, 2 - 2ª edição ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica Agosto.
- GALLI, J. A. et al. 2011. Características físico-químicas de variedades de manga cultivadas em sistema orgânico. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol 6, No. 2, Dezembro.
- GOMES, E. C. S. 2010. Podridão peduncular e qualidade de mangas ‘tommy atkins’ procedentes do mercado atacadista de campina grande-pb. Rev. Bras. Frutic, Jatobticabal – SP.
- HARDNER, C. M. et al. 2012. Prediction of breeding values for average fruit weight in mango using a multivariate individual mixed model. Euphytica (2012) 186:463–477.
- IBGE. 2018. Produção Agrícola Municipal.
- JHA, S. K. et al. 2010. Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. Journal of Food Engineering 97 208–212.
- KHAN, A. S. et al. 2015. Morphological and molecular characterization and evaluation of mango germplasm: An overview Scientia Horticulturae 194 (2015) 353–366.
- MAIA, M. C. C. et al. 2014. Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. Revista Agrotecnologia, Anápolis, v. 5, n. 1, p. 01 - 16.
- MAIA, M. C. C. et al. 2016. Heritability, Repeatability, And Genetic Gains In A Improvement Population of Cajuízeiro. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.40, n.4, p.715-722.
- MAIA, M. C. C. et al. 2017. Repetibilidade de características quantitativas de frutos em seleções elite de manga rosa. Revista Agro@mbiente On-line, v. 11, n. 1, p. 56-62, janeiro-março.
- MACHADO, W. R. B. et al. 2017. Avaliação das Perdas de Manga no Mercado Varejista do Vale do São Francisco. Rev. Agro. Amb., v. 10, Edição Especial, p. 75-90, maio 2017 - e-ISSN 2176-9168.

- MAPA, Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Do Brasil. 2017. http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php Consultado em 25 de julho de 2017 no site do Mapa.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2011. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de manga (*Mangifera indica* L.).
- OLIVEIRA, M. S. P. e MOURA, E. F. 2010. Repetibilidade de número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). Revista Brasileira de Fruticultura, v. 32, n. 4, p. 1173-1179.
- OLIVEIRA, A. R. et al. 2010. Cultivo da Mangueira. Embrapa Semiárido Sistemas de Produção, 2 - 2ª edição ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica Agosto.
- PINTO, A. C. Q., et al. 2011. Estratégias do melhoramento genético da manga visando atender a dinâmica do mercado. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, Volume Especial, E. 064-072, Outubro.
- PINTO, A. C. Q. et al. 2005. Programa de Melhoramento Genético da Manga e a nova Cultivar BRS ômega para o Cerrado Brasileiro. ISSN 157-149. Planaltina – DF, dezembro.
- PIZZOL, S. J. et al. 1998. Mercado de manga no Brasil: aspectos gerais. Preços Agrícolas, Piracicaba, v.12, p.34-35.
- RESENDE, M. D. V. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology - 16: 330-339.
- RIBEIRO, I. C. N. S. et al. 2013. Morphological Characterization of Mango (*Mangifera indica*) Accessions Based on Brazilian Adapted Descriptors. Journal of Agricultural Science and Technology B 3 (2013) 798-806.
- RIBEIRO, T. P. et al. 2015. Quality and bioactive compounds in fruit of foreign accessions of mango conserved in an Active Germplasm Bank. Rev. Ciênc. Agron., v. 46, n. 1, p. 000-000, jan-mar.
- SALES, W. S. et al. 2019. Estimates of repeatability for selection of genotypes of seedless table grapes for Brazilian semiarid regions. Scientia Horticulturae 245 131–136.

- SANCHÉZ, C. F. B. et al. 2017. Estimates of repeatability coefficients and the number of the optimum measure to select superior genotypes in *Annona muricata* L. *Genetics and Molecular Research* 16 (3): gmr16039753.
- SILVA, F. H. B. B. et al. 2005. Principais solos do semi-árido do nordeste do brasil. Embrapa – dia de campo. Disponível em file:///C:/Users/Jessica/Downloads/solo%20mandaaaru.pdf
- SILVA, D. F. P. et al. 2009. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 56, n.6, p. 783-789, nov/dez.
- SILVA, D. A. da & CALISTO, S. M. M. 2013. Avaliação Físicoquímica e Sensorial da Manga Tommy atkins Submetidas à Desidratação. 2013, 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia de Alimentos - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Londrina: PR.
- SINGH, R. N. 1996. Mango. New Delhi: ICAR.
- SUDHEERAN, P. K. et al. 2019. Induction os red skin and improvement of fruit quality in “Kent”, “Shelly” and “Maya” mangoes by preharvest spraying of prohydrojasmon at the orchard. *Postharvest Biology and Technology* 149 (2019) 18-26.
- TRINDADE, D. C. G. et al. 2015. Ação do 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de manga 'Palmer' em diferentes estádios de maturação. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.50, n.9, p.753-762, set.
- VETTUCI, J. P. et al. 2016. A Manga. *Boletim markesalq em rede – manga* ano 4 N°16 Abr. 2016; ISSN 2318-9819.
- VIANA, A. P. & RESENDE, M. D. V. 2014. Genética Quantitativa no melhoramento de fruteiras. FAPERJ, 1 ed. – Rio de Janeiro: Interciência. 296 p. il.
- ZHANG, Z. et al. 2017. Low-temperature conditioning induces chilling tolerance in stored mango fruit. *Food Chemistry* 219 76–84.
- ZENEBON, O. et al. 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020.

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE FRUTOS E PREDIÇÃO DE VALORES GENÉTICOS EM HÍBRIDOS DE MANGUEIRA VIA REML/BLUP

RESUMO

A Tommy Atkins é a variedade que tem maior produção nessa região. O objetivo desse trabalho foi estimar os parâmetros genéticos associados à qualidade dos frutos de híbridos de mangueira, através do modelo misto via REML/BLUP, a fim de definir estratégias de seleção de materiais superiores do programa de melhoramento genético da EMBRAPA Semiárido para as condições do submédio do Vale do São Francisco, e possibilitar o desenvolvimento de novas variedades. A metodologia consistiu na análise dos parâmetros físicos e químicos de frutos de mangueira, onde foram medidos a massa (g), comprimento longitudinal (mm), diâmetro transversal (mm), teor de fibras, firmeza (N), teor de sólidos solúveis (°Brix), acidez total (%), relação entre sólidos solúveis e acidez, cor da casca (L^*C^*H) e cor da polpa (L^*C^*H). No presente estudo, foram avaliados vinte e sete híbridos durante as safras de 2017 e de 2018, presentes na Estação Experimental de Mandacaru – Juazeiro (BA). A variedade Tommy Atkins (T) foi a doadora de pólen para todos os cruzamentos, com as variedades Haden (H), Palmer (P), Van Dyke (V), Kent (K) e Coquinho (C), denominados de HT, PT, VT, KT e CT, respectivamente. Todos os híbridos eram plantas individuais, sem a presença de repetições. Todos os resultados foram submetidos a análise estatística pelo método REML/BLUP para estimativa dos componentes de variância e predição dos valores genéticos, utilizando o modelo 63 do Software Selegen. Foram observados altos valores para a repetibilidade média, para todas as variáveis analisadas, apresentando um alto controle genético e alta estabilidade para todas as variáveis. A estimativa da repetibilidade média (r_m) apresentou valores altos, de 0,53 (sólidos solúveis) a 0,89 (diâmetro), indicando que todos os parâmetros apresentaram alto controle genético. Os valores para a acurácia média (A_{cm}) também se mostraram altos, variando de 0,73 (sólidos solúveis) a 0,94 (massa, comprimento e diâmetro), os quais indicam boa precisão e ganho de seleção, assim como alta confiabilidade dos dados. Observando o ganho de seleção e as novas médias, os que se apresentaram mais promissores foram HT, VT, PT e KT. Foram observados altos valores para a repetibilidade média, com um alto controle genético e estabilidade para todas as variáveis. As avaliações posteriores podem se concentrar nos cruzamentos que se mostraram mais promissores, como VT, PT e KT.

Palavras-chave: manga, híbrido, REML/BLUP, repetibilidade.

CHAPTER 3

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF FRUITS AND PREDICTION OF GENETIC VALUES IN VIA REML / BLUP HYBRIDS

ABSTRACT

Tommy Atkins is the variety that has the highest production in Valley of San Francisco region. The objective of this work was to estimate the genetic parameters associated to the quality of the fruits of mango hybrids through the mixed model REM/BLUP, in order to define strategies for selection of superior materials from the genetic improvement program of SEMBRAPA for the conditions of the of the São Francisco Valley, and to enable the development of new varieties. The methodology consisted in the analysis of the physical and chemical parameters of mango fruits, like mass (g), longitudinal length (mm), transverse diameter (mm), presence of fiber, firmness (N), soluble solids content (°Brix) peel and pulp color (L * C * H), total acidity (%), ratio of soluble solids and acidity. In the present study, twenty seven hybrids were evaluated during the harvests of 2017 and 2018, present at the Experimental Station of Mandacaru in Juazeiro (BA). The Tommy Atkins (T) variety was the pollen donor for all crosses, with the varieties Haden (H), Palmer (P), Van Dyke (V), Kent (K) and Coquinho (C), called HT, PT, VT, KT and CT, respectively. All hybrids were individual plants, without the presence of repetitions. All the results were submitted to statistical analysis by the REML/BLUP method to estimate the components of variance and prediction of the genetic values, using model 63 of the Selegen software. High values for repeatability (r_m) were observed for all analyzed variables, presenting high genetic control and high stability for all variables. The repeatability (r_m) estimate presented high values, from 0,53 (soluble solids) to 0,89 (diameter), indicating that all parameters presented high genetic control. The values for the mean accuracy (mAb) were also high, varying from 0,73 (soluble solids) to 0,94 (mass, length and diameter), which indicate good precision and selection gain, as well as high reliability of data. Observing the selection gain and the new means, the ones that presented more promising were HT, VT, PT and KT. High values were observed for the medium repeatability, with a high genetic control and stability for all the variables. Further evaluations may focus on the most promising crosses, such as VT, PT, and KT.

Key words: mango, hybrid, REML/BLUP, repeatability

1.INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores de frutas do mundo, e manga está entre as mais importantes cultivadas no país (POMMER & BARBOSA, 2009). Os frutos de mangueira são considerados uns dos mais desejáveis pelos consumidores de todo o mundo, por possuírem características atrativas e nutricionais, como cor, sabor e aroma atraentes, presença de vitamina C, e por isso têm alto potencial no mercado exterior, fazendo com que o estudo de suas variedades e cultivares ao redor do mundo seja de extrema importância (VÁZQUEZ-CELESTINO et al., 2016).

No Vale do São Francisco, a irrigação e as condições climáticas como baixo índice de precipitação e altas temperaturas, possibilitaram o crescimento da fruticultura nos últimos anos, bem o como o aumento da produção da manga (CARDOSO et al., 2015). Em 2017, essa região teve uma área de produção de mangueiras de, aproximadamente, 27 mil hectares, e no ano de 2018 essa área de produção aumentou para pouco mais de 30 mil hectares, sendo considerada a maior região produtora de manga do país (HORTIFRUTI/CEPEA, 2018).

Dentre todas as cultivares de mangueira registradas pelo MAPA, a Tommy Atkins, a Rosa, a Palmer, a Espada, a Haden, a Kent e a Keitt são as principais produzidas no Vale do São Francisco, sendo a Tommy Atkins a cultivar que domina o mercado do país (MACHADO et al., 2017). Porém, No Vale do São Francisco, a Tommy Atkins vem perdendo seu espaço para a variedades Palmer, Kent e Keitt. Atualmente, a Palmer possui 50% da área de produção da região, logo atrás aparece a Tommy Atkins com 30% e Kent e Keitt com 20% (LIMA et al., 2018).

A variedade Tommy Atkins, doadora de pólen para todos os híbridos desse estudo, pode ter seus frutos descritos com cor amarela alaranjada ou com tons vermelho claro e escuro na fase pré-amadurecimento, coloração da casca vermelho arroxeadado e polpa amarela escura e com textura firme quando estão maduros. São resistentes ao transporte, suportando longos trajetos, possuem frutos grandes com massa entre 400 e 700 g, com larguras e diâmetros de 12 e 10 cm, respectivamente (ALBERTON, 2014). Apresenta boa qualidade pós-colheita e boa produtividade, massa média de 400 g, teor de sólidos solúveis em ao redor de 16,6° Brix, acidez titulável baixa com 0,2%, ratio entre sólidos solúveis e acidez de 81,8 (CARVALHO et al, 2004, LUCENA et al, 2007).

A Palmer é representada por frutos grandes, maiores que os frutos da variedade Tommy Atkins, com comprimento em torno de 12 cm e diâmetro em torno de 8 cm, e a massa do fruto em torno de 430 g, com alto teor de sólidos solúveis, com 18° Brix, acidez

titulável média de 0,3%, ratio entre sólidos solúveis e acidez de aproximadamente 50 (CARVALHO et al, 2004).

A Haden é uma variedade precoce de origem americana, do estado da Flórida (Estados Unidos), possui frutos grandes variando em torno de 350 a 680 g, pouca presença de fibras na polpa, tendência a apresentar colpaso interno nos frutos, e frutos com cor amarelo e avermelhado (COSTA & SANTOS, 2004). A variedade Van Dyke possui frutos em torno de 9,8 cm com diâmetro de 8 cm, com massa média de 330 g por fruto. O teor de sólidos solúveis aparece com altas médias, em torno de 20º Brix, com acidez média de 0,4%, e ratio com média de 45 (CARVALHO et al, 2004), a polpa é firme com poucas fibras, possuindo sabor e aroma agradáveis (COSTA & SANTOS, 2004).

A Kent, assim como a Haden, Tommy Atkins e Palmer, é uma variedade americana, originada na Flórida. Possuem frutos com coloração pouco atraente, frutos verdes com pouco vermelho, mas são frutos grandes, em torno de 500 g a 1 kg, saborosos, alto teor de sólidos solúveis com média de 20º Brix e sem fibras. Assim como todas as variedades floridianas, esta também é suscetível ao colapso interno (COSTA & SANTOS, 2004).

A variedade Coquinho, é descrita por pesquisadores do IAC – Campinas, como muito produtiva, com frutos pequenos, coloração amarela e pouco avermelhada, polpa amarela, fibrosa e com muito sabor. É muito utilizada como porta enxertos (ROSETTO et al., 1994).

A estimativa da herdabilidade se torna essencial para a obtenção de novas cultivares, contribuindo na definição da melhor estratégia para os programas de melhoramento de mangueira. O termo “repetitividade” pode ser melhor empregado, ao invés da herdabilidade, para culturas perenes, como a mangueira. Para obter uma alta precisão nos dados de herdabilidade, recomenda-se avaliar mais de um ciclo. Ainda não se conhece muito sobre as características que têm herança quantitativa da cultura (BROWN et al., 2009).

A aplicação de técnicas de melhoramento e delineamentos experimentais são difíceis em espécies perenes, dificultando a estimativa de parâmetros genéticos como a herdabilidade, mas não impede a obtenção da estimativa da repetibilidade (SILVA et al., 2015).

Os componentes de variância podem ser estimados pelo modelo misto REML/BLUP, onde REML é o método da máxima verossimilhança restrita e o método BLUP tem a capacidade de prever os valores genotípicos pela melhor predição linear não viciada. Essa metodologia é considerada essencial para espécies perenes, como é o caso da

mangueira (MAIA et al., 2017). Essa metodologia mista permite a seleção mais precoce em plantas perenes ou semi-perenes (ASSUNÇÃO et al., 2015).

No caso de experimentações agrícolas mais complexas que o usual, a metodologia REML/BLUP pode ser considerada vantajosa e mais precisa em relação à análise comum da ANOVA, onde o REML permite uma maior flexibilidade na modelagem e é capaz de estimar componentes da variância, e o BLUP é capaz de prever os valores genéticos que a ANOVA não consegue estimar com a mesma precisão (RESENDE, 2005).

Assim, o objetivo desse trabalho foi analisar os caracteres de importância agrônoma e comercial em frutos de híbridos de mangueira e estimar os parâmetros genéticos empregando modelo misto via REML/BLUP, a fim de definir estratégias de seleção de materiais superiores do programa de melhoramento genético da EMBRAPA Semiárido para as condições do Submédio do Vale do São Francisco.

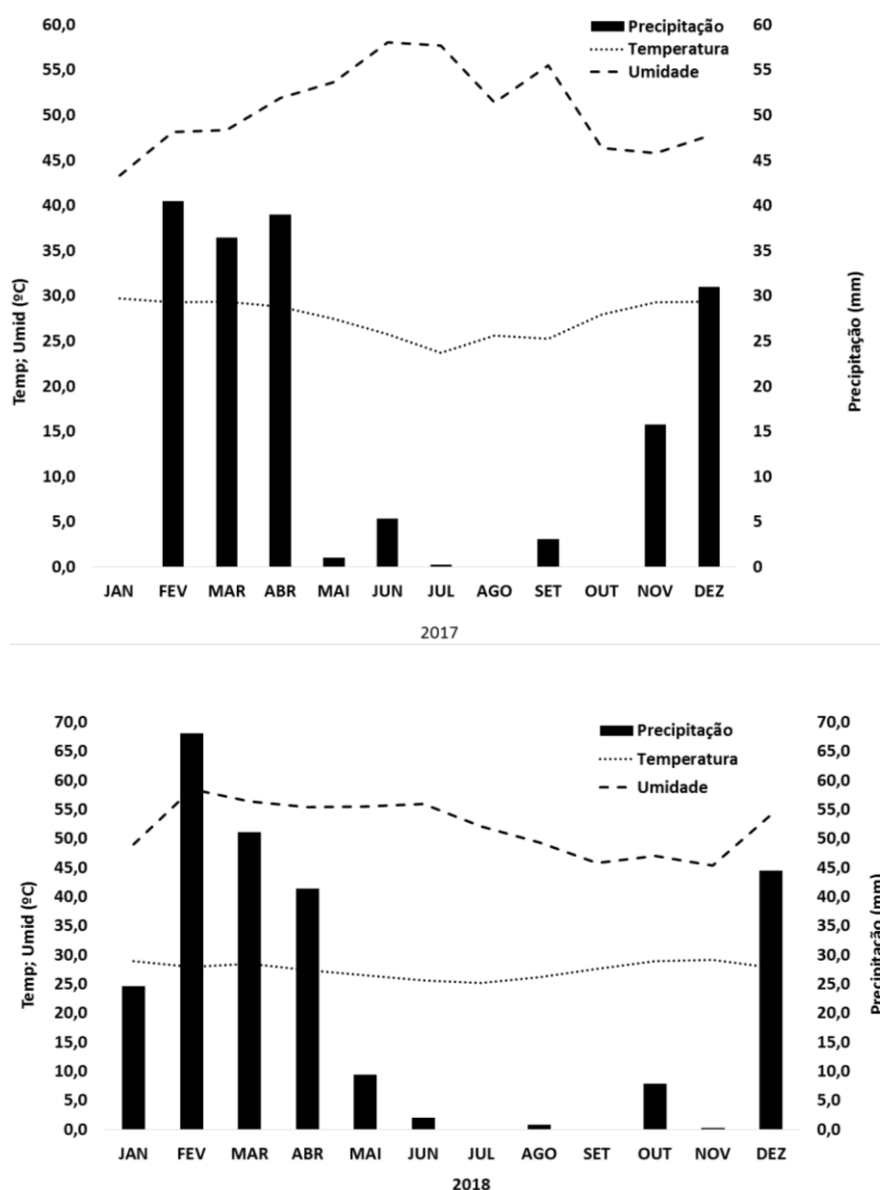
2.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Estação Experimental de Mandacaru (9° 24' S, 40° 26' O, e 375 m de altitude), da Embrapa Semiárido, localizado no município de Juazeiro, BA. O clima predominante no local é tropical quente e seco, com solo predominante Vertissolo salino (SILVA et al., 2005).

A área em que foi realizado esse experimento tem mais de 500 híbridos, com plantas individuais. Ou seja, cada híbrido é representado por uma única planta, sem a presença de repetições. Todos os híbridos foram obtidos através de polinizações abertas, sendo a variedade Tommy Atkins (T) a doadora de pólen em todos os cruzamentos. As variedades Haden (H), Palmer (P), Coquinho (C), Kent (K) e Van Dyke (V) foram as receptoras do pólen, gerando os híbridos denominados de HT, PT, CT, KT e VT, respectivamente.

Os dados meteorológicos durante os anos de 2017 e 2018, período avaliativo, estão presentes na Figura 1.

Figura 1. Dados meteorológicos cedidos pelo Laboratório de Meteorologia (LABMET) da Univasf – Campus Juazeiro, BA (latitude 09°26'56"S, longitude 40°31'27"W, altitude de 356m), para a cidade de Juazeiro (BA), contendo a média da temperaturas, umidade relativa e da precipitação, nos anos de 2017 e 2018.



Os híbridos foram avaliados nas safras de 2017 e 2018. Na primeira safra, de outubro a dezembro de 2017, foi possível avaliar 50 híbridos, sendo 25 híbridos CT, 7 híbridos HT, 7 híbridos PT, 5 híbridos KT e 6 híbridos VT. Já na segunda safra, de novembro a dezembro de 2018, foi possível repetir as avaliações em 27 híbridos, resultantes dos mesmos cruzamentos citados (Tabela 1).

Apesar de quase todos os híbridos avaliados na safra de 2017 terem florescido na safra de 2018, não foi possível reavaliar o mesmo número de híbridos na segunda safra devido a fatores como: i) estágio de maturação avançada de alguns híbridos no momento

da avaliação, ultrapassando a maturidade adequada para fazê-los, ii) presença de híbridos com sintomas avançados de doença fúngica (não identificada) após a colheita, mesmo armazenados em câmara fria nesse período, e iii) redução de mão de obra nas atividades realizadas, acarretando na redução de frutos avaliados por dia.

Tabela 1. Número de genótipos (híbridos) avaliados nas duas safras (2017 e 2018), para cada cruzamento.

Cruzamento	Número de genótipos
Tommy Atkins x Coquinho	13
Tommy Atkins x Van Dyke	5
Tommy Atkins x Palmer	4
Tommy Atkins x Keitt	3
Tommy Atkins x Haden	2

As mangueiras avaliadas encontram-se cultivadas em um espaçamento 4 x 4 m, a irrigação utilizada é do tipo microaspersão, e os tratos culturais seguem a recomendação para a região semiárida (Embrapa, Sistemas de produção 2ª Edição, 2010) porém não visa o aumento de produtividade, pois ainda estão em processo avaliativo, em estágio inicial, já que essas foram as primeiras avaliações realizadas nesses híbridos. As plantas têm, aproximadamente, 6 anos de idade.

Foram analisados 10 frutos de cada híbrido, colhidos aleatoriamente, os quais foram submetidos às análises físico-químicas no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semínario, em Petrolina - PE.

Os frutos colhidos foram armazenados em câmara fria, a 12°C, sendo organizados em contentores higienizados e devidamente identificados.

Cada fruto foi analisado individualmente, e as características avaliadas foram massa (g), comprimento do fruto (mm), diâmetro do fruto (mm), cor da casca (L, C e H), cor da polpa (L, C e H), presença de fibras (visual), firmeza, teor de sólidos solúveis (ST - °Brix) e acidez total titulável (AT), seguindo a metodologia de Zenebon *et al.* (2008).

A massa foi medida em balança semi-analítica Marte, para obtenção da massa fresca (MF). Já o comprimento e diâmetro foram determinados com o uso do paquímetro digital Mitutoyo.

As colorações da casca e da polpa foram determinadas através do uso do colorímetro Konica Minolta, com os valores expressos em L* (luminosidade), C* (cromaticidade) e °H (ângulo Hue ou ângulo de tonalidade) (AZEREDO *et al.*, 2016).

Antes de processar os frutos, eles foram submetidos à retirada de uma pequena porção da casca junto à polpa, em lados opostos, para que fosse realizado a medição da

textura, através do uso do texturômetro digital (Texture Analyser TA.XT.plus), o qual fica acoplado em um computador.

Durante o processamento dos frutos, foi realizado o corte da polpa de cada fruto, individualmente. Nessa fase, foi possível analisar, visualmente, o teor de fibras, onde foram atribuídas as notas 1 (pouca fibra), 2 (mediano) e 3 (muita fibra) para cada fruto.

Após essa etapa, o suco de cada fruto foi extraído manualmente, com o auxílio de uma peneira comum e uma colher de sopa para extração do suco. Após a finalização de todas as amostras, foi realizado a análise do teor de sólidos solúveis com o refratômetro Milwaukee (841 Refractometer), e em seguida, as amostras foram guardadas no freezer a -10°C , para posterior avaliação da acidez total titulável no titulador Metrohm (848 Tritino Plus).

Para a análise da acidez total titulável, as amostras foram retiradas do freezer -10°C , permaneceram em bandejas com água durante aproximadamente 1 hora, até o total descongelamento da polpa armazenada. Assim que a temperatura ambiente (25°C) era atingida, as amostras foram pesadas, sendo 1 grama por amostra. Em seguida, foram adicionados 50 mL de água destilada em cada amostra, ficando ideal para a realização da leitura no titulador digital (Metrohm, 848 Tritino Plus).

A acidez titulável foi estimada apenas para conseguir mensurar o Ratio entre sólidos solúveis e acidez titulável.

Os dados foram submetidos à análise REML/BLUP utilizando o Software Selegen (RESENDE, 2016).

3.RESULTADOS

Os componentes de variância (REML individual) estimados para cada variável analisada, podem ser observados na Tabela 2. Para ter uma maior chance de sucesso na seleção de indivíduos superiores, é necessário que os valores da variância fenotípica permanente (V_{fp}) representem uma maior porção da variância fenotípica (V_f), e isso foi observado para as variáveis massa do fruto (PF), comprimento do fruto (CF) e diâmetro do fruto (DF).

Quando se analisa os valores da variância fenotípica permanente (V_{fp}), deve-se levar em consideração a comparação com os valores da variância de ambiente temporário (V_{et}). Se os valores de V_{fp} forem mais altos que os valores de V_{et} , para a mesma variável em análise, então V_{fp} pode ser considerada com valores altos.

Sendo assim, a variância fenotípica permanente (V_{fp}) foi considerada alta para as variáveis massa do fruto (9478,15), comprimento do fruto (252,96) e diâmetro do fruto (94,95). Foi considerada intermediária para firmeza (14,40) e para ratio SS/AT (71,57). E considerada baixa para o teor de sólidos solúveis (1,7) e presença de fibras (0,37). A seleção se torna mais difícil para variáveis que apresentam baixos valores de V_{fp} , ou seja, para apenas duas safras avaliadas nesse trabalho, a seleção se torna mais difícil para as variáveis sólidos solúveis, presença de fibras, firmeza e ratio.

Tabela 2. Componentes de variância (REML Individual) para os caracteres de qualidade dos frutos de mangueira.

Variáveis	Média Geral	V_{fp}	V_{et}	V_f	$r = h^2$	r_m	A_{cm}
MF	236,07	9478,15	2372,85	11851,01	0,799±0,344	0,88	0,94
CF	93,14	252,96	63,09	316,05	0,800±0,344	0,88	0,94
DF	66,85	94,95	22,58	117,53	0,807±0,345	0,89	0,94
PF	2,18	0,37	0,37	0,74	0,496±0,271	0,66	0,81
FIRM	10,24	14,40	22,93	37,33	0,385±0,239	0,55	0,74
SS	14,46	1,70	2,97	4,67	0,364±0,232	0,53	0,73
Ratio	23,20	71,57	91,35	162,92	0,439±0,255	0,61	0,78

*Massa do fruto (MF, em gramas); Comprimento do fruto (CF, milímetros); Diâmetro do fruto (DF, em milímetros); Presença de Fibras (PF, análise visual, em notas 1, 2 e 3); Firmeza (FIRM, em Newtons); Sólidos solúveis (SS, em Brix); Ratio (SS/AT, adimensional); V_{fp} : variância fenotípica permanente; V_{et} : variância de ambiente temporário; V_f : variância fenotípica individual; $r = h^2$: repetibilidade individual; r_m : repetibilidade da média de m colheitas; A_{cm} : acurácia da seleção baseada na média de m colheitas.

As estimativas do coeficiente de repetibilidade (r_m), para todos os atributos analisados, foram considerados altos ou medianos, para o DF foi 0,89, para o PF e para CF foi 0,88, para TF foi 0,66, para Ratio foi de 0,61, FIRM foi 0,55 e para SS foi 0,53 (Tabela 2). Quando os resultados mostram valores altos ou medianos para r_m podemos considerar que teve um alto controle genético e grande estabilidade média em termos de similaridade de valores das variáveis nos ciclos sucessivos de avaliações. Valores baixos para r_m podem demonstrar que houve maior influência do ambiente sobre as variáveis analisadas.

Os valores encontrados para a acurácia da seleção (A_{cm}) variaram entre 0,73 (SS) e 0,94 (PF, CF e DF), e todos são considerados valores altos, indicando que a precisão e o ganho de seleção se apresentam com alta confiança para todas as variáveis (Tabela 2). Ou seja, quanto maior for o valor da acurácia da seleção, maior será a confiança na avaliação e no valor genético do indivíduo.

A predição dos valores genéticos, como ganho genético e nova média (BLUP individual) para os 27 genótipos, em relação a todas as variáveis analisadas, exceto para a presença de fibras, estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. Os genótipos foram ranqueados, para cada atributo, de forma decrescente. O carácter presença de fibras foi ranqueado de forma crescente, visto que quanto menor a presença de fibras, mais atrativo será para os consumidores (Tabela 5).

Tabela 3. Ranqueamento e estimativas dos 27 genótipos e seus componentes de médias (BLUP individual) para os caracteres massa do fruto, comprimento do fruto e diâmetro de frutos de híbridos de mangueira.

¹ RK	² MF			³ CF			⁴ DF		
	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média
1	HT1	182.57	418.64	PT4	31.87	125.02	PT1	15.77	82.62
2	PT4	167.46	403.53	HT1	31.65	124.80	PT4	15.10	81.95
3	VT1	157.53	393.61	VT2	29.65	122.80	HT1	14.43	81.28
4	PT1	152.46	388.53	PT1	28.31	121.46	VT1	14.09	80.94
5	VT4	149.33	385.40	VT4	26.18	119.33	PT3	13.80	80.65
6	VT2	146.57	382.65	VT1	24.39	117.54	VT4	13.61	80.46
7	PT3	140.16	376.23	PT3	22.22	115.37	VT5	13.41	80.26
8	VT5	130.74	366.82	PT2	19.98	113.13	VT2	12.97	79.83
9	VT3	116.06	352.13	VT5	17.89	111.04	VT3	11.75	78.60
10	PT2	103.69	339.76	KT3	15.91	109.06	CT9	10.67	77.52
11	CT9	92.60	328.68	CT2	14.13	107.28	CT8	9.67	76.53
12	CT8	83.21	319.29	CT9	12.64	105.79	PT2	8.84	75.69
13	HT2	74.96	311.03	CT5	11.32	104.47	HT2	8.07	74.92
14	KT3	67.19	303.26	CT13	10.12	103.27	KT1	7.15	74.00
15	KT1	59.39	295.46	HT2	9.02	102.17	CT1	6.29	73.15
16	CT5	52.14	288.22	VT3	8.06	101.21	KT2	5.55	72.40
17	CT13	45.52	281.59	CT4	7.19	100.33	CT12	4.86	71.71
18	KT2	39.50	275.58	CT8	6.41	99.56	KT3	4.25	71.10
19	CT3	34.03	270.10	CT1	5.64	98.79	CT11	3.68	70.53
20	CT11	29.08	265.15	KT1	4.93	98.08	CT5	3.14	70.00
21	CT4	24.56	260.63	CT3	4.25	97.39	CT2	2.64	69.49
22	CT1	20.39	256.46	CT11	3.60	96.75	CT3	2.18	69.03
23	CT2	16.41	252.48	CT7	2.92	96.07	CT13	1.72	68.57
24	CT6	12.08	248.1	KT2	2.27	95.42	CT4	1.28	68.13
25	CT12	7.84	243.91	CT6	1.66	94.81	CT7	0.84	67.69
26	CT7	3.77	239.85	CT10	0.91	94.05	CT10	0.42	67.27
27	CT10	0.00	236.07	CT12	0.00	93.14	CT6	0.00	66.85

¹RK: Ranking; ²MF: massa em gramas; ³CF: Comprimento em mm; ⁴DF: Diâmetro em mm.

Segundo descritores morfológicos para a manga, o comprimento pode ser classificado como curto (6 a 8,9 cm), médio (9 a 10,9 cm), longo (11 a 13,9 cm) e muito longo (maior que 14 cm); a largura ou diâmetro são classificados como estreito (5 a 6,4 cm), médio (6,5 a 8,4 cm), largo (8,5 a 9,9 cm) e muito largo (maior que 10 cm); a firmeza é classificada como fraca (menor que 1,9 N), média (2 a 3,9 N) e firme (maior que 4 N); o teor de sólidos solúveis é considerado baixo (10 a 13,9°), médio (14 a 15,9°), alto (16 a 18,9°) e muito alto (maior que 19°); a acidez titulável pode ser baixa (0,1 a 0,29%), média (0,3 a 0,39%), alta (0,4 a 0,49%) e muito alta (maior que 0,5%); já o ratio entre sólidos solúveis e acidez titulável pode ser muito baixa (menor que 40), baixa (40 a 64), média (65 a 89), alta (90 a 114) e muito alta (maior que 115) (MAPA, 2011).

Para a variável massa do fruto (MF), a estimativa do ganho de seleção variou de 0 a 182,57 g, sendo que os cinco híbridos que obtiveram maior ganho e, conseqüentemente, apresentaram a maior nova média foram, HT1 (418,64 g), PT4 (403,53 g), VT1 (393,61 g), PT1 (388,53 g) e VT4 (385,40 g). Para a variável comprimento do fruto (CF), houve uma variação na estimativa do ganho de seleção de 0 a 31,87 mm, e os cinco genótipos que apresentaram as maiores novas médias foram os híbridos PT4 (125,02 mm), HT1 (124,8 mm), VT2 (122,80 mm), PT1 (121,46 mm) e VT4 (119,33 mm). Todos os primeiros híbridos apresentaram genótipos com longos comprimentos. Portanto, para essas variáveis, os genótipos mais promissores foram híbridos de Tommy Atkins com Haden, Palmer e Van Dyke.

Vale ressaltar que essas avaliações correspondem às primeiras safras desses genótipos, e que as plantas receberam os tratos culturais básicos recomendados para a região, porém não foram suficientes para aumentar a produtividade e melhorar as características físico-químicas dos frutos dessas plantas.

O teor de sólidos solúveis (SS - °Brix) se apresentou com nova média muito parecida para todos os 27 genótipos avaliados, onde a variação foi de 14,4° Brix (CT10) até 15,8° Brix (CT11), um pouco mais de 1° Brix de variação. Esses valores ainda estão abaixo do valor ideal (>18° Brix) esperado para frutos de mangueira, porém estão dentro de uma faixa mediana, segundo descritores morfológicos, citado acima. O baixo ganho de seleção para essa variável pode ser associada a baixa herdabilidade para a mesma.

Para a variável Ratio, que mede a relação de sólidos solúveis/acidez titulável, pode-se encontrar ganho de seleção que variou de 0 a 16,35, e assim as novas médias variaram de 23,20 a 39,56, consideradas médias muito baixas. Esses valores representam um grande ganho de seleção para esta variável analisada.

Existem várias características físico-químicas que são capazes de mostrar a qualidade do fruto, como a firmeza, que é amplamente utilizada como indicadora de qualidade. As novas médias da firmeza variaram de 10,24 N a 20,40 N, os quais podem ser considerados médias altas, de acordo com os descritores morfológicos. Entretanto, o ganho de seleção para a firmeza foi baixo para a maioria. De acordo com o avanço do amadurecimento, essa característica é reduzida.

Tabela 4. Ranqueamento e estimativas dos 27 genótipos superiores e seus componentes de médias (BLUP individual) para as variáveis firmeza, sólidos solúveis e ratio, de frutos de híbridos de mangueira.

¹ RK	² FIRM			³ SS			⁴ RATIO		
	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média	Genótipo	Ganho	Nova média
1	HT2	10.16	20.40	CT11	1.35	15.81	CT12	16,35	39,56
2	CT5	7.65	17.90	KT3	1.35	15.81	PT4	15,59	38,79
3	CT4	5.98	16.23	VT3	1.35	15.81	HT2	13,50	36,71
4	CT3	5.08	15.32	HT2	1.28	15.75	VT3	12,31	35,51
5	PT1	4.43	14.67	KT1	1.24	15.71	KT1	11,53	34,73
6	VT5	3.90	14.14	PT4	1.17	15.63	VT2	10,45	33,66
7	CT1	3.48	13.72	VT1	1.12	15.58	PT3	9,55	32,75
8	CT7	3.17	13.41	CT8	1.05	15.51	CT1	8,61	31,81
9	CT8	2.89	13.13	CT13	0.99	15.46	KT2	7,74	30,94
10	CT2	2.59	12.83	CT1	0.92	15.39	VT5	7,01	30,22
11	PT3	2.34	12.58	CT9	0.86	15.33	CT11	6,36	29,57
12	KT3	2.13	12.37	CT12	0.82	15.28	KT3	5,75	28,95
13	CT6	1.94	12.18	PT3	0.77	15.24	CT13	5,18	28,38
14	CT10	1.77	12.01	VT5	0.74	15.20	CT7	4,65	27,85
15	CT11	1.61	11.85	CT4	0.69	15.15	PT2	4,14	27,35
16	CT12	1.46	11.70	CT7	0.63	15.10	VT4	3,70	26,91
17	KT1	1.33	11.58	PT2	0.58	15.04	CT6	3,26	26,47
18	CT13	1.19	11.43	VT4	0.53	15.00	CT5	2,86	26,06
19	PT2	1.06	11.30	CT3	0.48	14.94	CT9	2,49	25,69
20	VT3	0.92	11.16	CT5	0.43	14.89	HT1	2,16	25,36
21	VT1	0.78	11.02	CT6	0.38	14.85	CT8	1,83	25,04
22	KT2	0.63	10.87	HT1	0.32	14.78	CT4	1,51	24,71
23	VT2	0.50	10.74	KT2	0.26	14.72	VT1	1,21	24,41
24	CT9	0.37	10.61	VT2	0.20	14.67	CT3	0,91	24,12
25	HT1	0.25	10.49	CT2	0.14	14.61	CT10	0,60	23,81
26	VT4	0.14	10.38	PT1	0.09	14.55	PT1	0,31	23,51
27	PT4	0.00	10.24	CT10	0.00	14.46	CT2	0,00	23,20

¹RK: Ranking; ² FIRM: Firmeza; ³ SS: Sólidos solúveis; ⁴ RATIO: SS/AT - adimensional.

A alta presença de fibras presente em frutos de mangueiras são indicativos de características nutritivas muito positivas. Porém, o mercado consumidor não enxerga da mesma forma, considerando-as “empecilhos” na hora da compra dos frutos. Podemos entender que um meio termo seria ideal, visando atingir boas qualidades nutricionais e também atingir o mercado consumidor.

Tabela 5. Ranqueamento, de forma crescente, e estimativas dos 27 genótipos superiores e seus componentes de médias (BLUP individual) para o caráter presença de fibras em frutos de híbridos de mangueira.

¹ RK	² PF		
	Genótipo	Ganho	Nova média
1	VT2	0.00	2.18
2	VT1	0.03	2.21
3	PT3	0.06	2.24
4	PT2	0.08	2.26
5	PT1	0.10	2.29
6	CT11	0.13	2.31
7	CT10	0.16	2.34
8	CT8	0.19	2.37
9	VT5	0.22	2.41
10	VT4	0.26	2.44
11	KT2	0.28	2.47
12	KT1	0.31	2.49
13	HT2	0.34	2.52
14	HT1	0.37	2.55
15	PT4	0.41	2.59
16	CT12	0.45	2.64
17	VT3	0.51	2.69
18	CT5	0.54	2.72
19	CT4	0.57	2.76
20	CT3	0.62	2.80
21	KT3	0.68	2.86
22	CT13	0.70	2.89
23	CT9	0.73	2.92
24	CT2	0.78	2.97
25	CT7	0.87	3.05
26	CT6	0.87	3.05
27	CT1	0.87	3.05

¹RK: Ranking; ²PF: Presença de Fibras.

A estimativa de ganho de seleção para a presença de fibras (PF) variou de 0 a 0,87, e as novas médias, para os 27 genótipos, foram similares, variando de 2,18 a 3,05 (Tabela 5). A nota 2 indica presença média de fibras, nem excessiva e nem muito reduzida.

Sendo assim, os genótipos CT1, CT6 e CT7 apresentaram novas médias que foram superiores a 3, o que indica a presença de muita fibra nesses híbridos, o que poderia causar rejeição dos frutos pelo mercado consumidor. Os genótipos VT2 (2,18), VT1 (2,21) e PT3 (2,24) podem ser considerados ótimos por possuírem teor médio de fibras, porém vários outros genótipos apresentam valores similares aos três primeiros.

Com relação às análises de cores, foram estimadas as cores da casca e da polpa de todos os frutos coletados, sendo utilizado o parâmetro L*C*H para análise, onde L representa a luminosidade, C representa a cromaticidade e °H determina o ângulo Hue ou ângulo de tonalidade.

Sendo assim podemos observar os valores da repetibilidade média (r_m), sendo considerado baixo para a luminosidade da casca (0,23) e da polpa (0,41), e medianos para a cromaticidade da casca (0,50) e para o ângulo de tonalidade da polpa (0,69), e altos para o ângulo de tonalidade da casca (0,86) e para a cromaticidade da polpa (0,74) (Tabela 6). Ou seja, para luminosidade da casca e da polpa houve um baixo controle genético e baixa estabilidade média, ao contrário do observado para os demais parâmetros analisados para a cor.

Tabela 6. Componentes de variância (REML Individual) para o caracter da cor da casca e cor da polpa, seguindo o parâmetro L*C*H, em frutos de mangaueira.

	COR DA CASCA			COR DA POLPA		
	L	C	°H	L	C	°H
Média Geral	51.61	37.55	86.25	71.75	64.40	87.07
V_{fp}	12.23	16.13	512.31	3.56	12.57	4.78
V_{et}	81.19	31.81	164.98	9.84	8.74	4.26
V_f	93.43	47.94	677.29	13.41	21.31	9.04
$r = h^2$	0.13±0.13	0.33±0.22	0.75±0.33	0.26±0.19	0.58±0.29	0.52±0.27
R_m	0.23	0.50	0.86	0.41	0.74	0.69
A_{cm}	0.48	0.70	0.92	0.64	0.86	0.83

*L (luminosidade); C(cromaticidade); °H (ângulo de Hue ou de tonalidade); V_{fp} : variância fenotípica permanente; V_{et} : variância de ambiente temporário; V_f : variância fenotípica individual; $r = h^2$: repetibilidade individual; r_m : repetibilidade da média de m colheitas; A_{cm} : acurácia da seleção baseada na média de m colheitas.

O alto valor para a variância fenotípica permanente (V_{fp}) indica que existe uma facilidade na seleção de tal caráter, e para a avaliação da cor, o ângulo de tonalidade da casca (512,31) foi o único com alto valor. Os demais se apresentaram medianos, ou baixos, como no caso da luminosidade da polpa (3,56) e do ângulo de tonalidade da polpa (4,78).

Com exceção da luminosidade da casca (0,48), todos os demais valores da acurácia média (A_{cm}) foram considerados altos, de 0,64 a 0,92, indicando que os parâmetros têm alta precisão e alta confiabilidade nos dados apresentados.

4.DISCUSSÃO

O uso da estimativa de componentes de variância (REML) e da predição de valores genéticos (BLUP) são consideradas essenciais dentro dos programas de melhoramento de plantas perenes, e podem ser obtidas através dessa metodologia mista (RESENDE, 2016).

É de grande importância conhecer a diversidade genética entre os genótipos de mangueira para os programas de melhoramento genético, e isso pode ser verificado através de parâmetros físico-químicos dos frutos. Porém, a aplicação inadequada de alguns métodos estatísticos que não se adequam ao estudo, podem ser capazes de influenciar erroneamente nos resultados finais (ALVES et al., 2012). Khan et al. (2015) também citam a importância de identificar a diversidade genética e sua hereditariedade, o que contribuiria, por exemplo, na identificação de possíveis redundâncias em bancos de germoplasma de mangueira.

O estudo do melhoramento em plantas perenes é dificultado devido ao seu longo ciclo, e a estimativa da repetibilidade ($r = h^2$) e herdabilidade são importantes parâmetros genéticos e que contribuem no estudos dessas plantas devido à escassez de informações sobre repetibilidade/herdabilidade, e a mangueira é um exemplo disso (SANCHÉZ et al., 2017). Sales et al (2019) realizaram um estudo semelhante a este trabalho, onde 81 híbridos de videira foram avaliados para importantes caracteres agrônômicos durante 3 safras, e pôde-se observar que as estimativas para o coeficiente de repetibilidade (r_m) variaram de 0,28 a 0,85, sendo baixa para sólidos solúveis (0,28) e Ratio (0,30), indicando baixa estabilidade e baixo controle genético para esses atributos. No presente trabalho, todos os valores para r_m foram considerados médios a altos, inclusive para sólidos solúveis (0,53) e Ratio (0,61) e indicando alta estabilidade e controle genético.

O parâmetro da repetibilidade auxilia os programas de melhoramento para plantas perenes pois é capaz de mensurar o quão confiáveis são os dados, e é expressa por uma porção da variância total (OLIVEIRA & MOURA, 2010).

As estimativas da repetibilidade individual (r_m) do presente trabalho, massa do fruto (0,88), comprimento (0,88) e firmeza (0,56) se aproximaram muito dos valores encontrados para os mesmos caracteres no trabalho de Maia et al. (2017), onde a r_m para a massa do fruto foi 0,83, comprimento foi 0,89 e firmeza foi 0,51, onde foram avaliados genótipos de manga rosa, durante 2 safras, via REML/BLUP. Costa (2003), que avaliou 21 cultivares de mangueira do mango de germoplasma da Embrapa Semiárido, durante 4 safras, também encontrou valor semelhante para massa do fruto, de 0,81. Estimando a repetibilidade através do método de componentes principais (CP). Porém, para o teor de sólidos solúveis (0,53), valor considerado mediano, se mostra mais reduzido do que o encontrado por Maia et al (2017) de 0,91, que avaliou genótipos durante 3 safras. Valores medianos a altos indicam boa estabilidade e controle genético nos ciclos sucessivos de avaliação, e que existe pouca interferência ambiental nas variáveis analisadas.

As variações encontradas nos valores de repetibilidade, quando se trata da mesma espécie, pode ser associada à diferença entre os genótipos de mangueira.

A ocorrência da interação entre genótipo e ambiente é um fator que deve ser avaliado nos estudos de melhoramento genético, e a presença dessa interação é capaz de influenciar na predição dos valores genéticos, e consequentemente no ganho de seleção (HARDNER et al., 2012).

Sánchez et al. (2017), em um estudo com graviola avaliado em mais de 16 anos e através pelo método REML/BLUP, encontraram o valor de $r_m=0,90$ para produtividade, indicando um alto controle genético para essa característica, e a porcentagem de ganho de seleção para a mesma característica variou de 84,06 a 129,87%.

Hardner et al. (2012) avaliaram genótipos de mangueira, para a variável massa dos frutos, usando o modelo linear misto, em seis safras (1999 a 2004), e encontraram valores da herdabilidade (h^2) variando de 0,79 a 0,93, valor que cresceu em decorrer dos anos de avaliação. No presente estudo, o valor encontrado de repetibilidade ($r = h^2$) para massa de fruto, nos 27 genótipos avaliados em apenas duas safras, foi de 0,79, valor semelhante ao citado acima.

No presente trabalho, pode-se observar que os ganhos de seleção para as variáveis sólidos solúveis e presença de fibras tiveram pouca variação, de 0 a 1,35 °Brix e 0 a 0,87, respectivamente, quando comparadas ao ganho de seleção das demais variáveis. Sales

et al. (2019) também observou uma baixa variação no ganho de seleção na variável sólidos solúveis (0,39 a 0,99 °Brix), em uva, em relação aos demais caracteres que analisou.

A média geral encontrada para o teor de sólidos solúveis, 14,46° Brix, coincidiu com o valor encontrado de aproximadamente 14 °Brix (RIBEIRO et al., 2013), mas foi bem menor quando comparada à 18,60 °Brix (MAIA et al., 2017) e 16,09 °Brix (MAIA et al., 2014), e maior quando comparado a variação de 8,2 a 12,2 °Brix (RIBEIRO et al., 2015) que avaliou 22 acessos estrangeiros de mangueira do banco de germoplasma da Embrapa Semiárido, na maturidade fisiológica dos frutos, durante 2 safras. Porém, Ribeiro et al. (2015), observou um valor de 24,7 °Brix em um genótipo, após seu amadurecimento.

Ribeiro et al. (2013), caracterizaram 103 acessos de mangueira do Banco de Germoplasma da Embrapa Semiárido, localizado em Juazeiro-BA, e encontraram valores médios para o comprimento que variaram de 60 a 139 mm, e para o diâmetro do fruto que variaram de 65 a 85 mm. A média geral para essas duas variáveis, observadas neste trabalho, foram de 93,14 e 66,85 mm, respectivamente, considerados valores medianos para ambos.

Alguns híbridos da variedade Rosa foram avaliadas por Maia et al (2017) em Teresina, PI, e a média geral encontrada para a massa do fruto (299,94 g), comprimento (101,27 mm), diâmetro (69,06 mm) e teor de sólidos solúveis (18,60 °Brix) foram mais altas do que as médias gerais encontradas no presente trabalho, para as mesmas variáveis. No entanto, vale ressaltar que são híbridos envolvendo outros genitores. Com relação à massa dos frutos, Ribeiro et al. (2013) encontraram massas menores que 250 g para a maioria dos acessos de mangueira caracterizados, mas também foram encontrados acessos que tiveram frutos com massa média entre 250 e 400g, se aproximando do ideal para os mercados exportadores da manga do nosso país.

A média geral para a variável massa de fruto, no presente estudo, foi de 236,07 g, a qual pode ser considerada abaixo dos padrões para exportação. Porém, deve ser considerado o fato de que a maioria dos híbridos avaliados foram do cruzamento entre Coquinho (C) x Tommy Atkins (T), os quais apresentaram os menores frutos, consequentemente os frutos mais leves, reduzindo assim o valor da média geral. Desconsiderando a média obtida pelos frutos do cruzamento CT, a média das massas dos frutos para os demais cruzamentos fica em 306,11 g, o que representa um aumento de quase 30% na massa dos frutos.

Os seis primeiros genótipos (HT1, PT4, VT1, PT1, VT4 e VT2) ranqueados para o peso estão dentro ou muito perto dos padrões para exportação, variando de 382,64 (VT2) a 418,64 g (HT1).

A firmeza é amplamente empregada como uma característica indicativa da qualidade de frutos de mangueira. Sabe-se que a firmeza permanece praticamente constante durante todo seu processo de crescimento, e durante o amadurecimento dos frutos, a firmeza é reduzida, além de apresentar mudanças no tamanho e na cor dos frutos. Também entende-se que a firmeza dos frutos está relacionada com a espessura da casca e com o teor de sólidos solúveis (JHA et al., 2010).

Maia et al. (2017) também avaliaram a variável firmeza, e obtiveram valor médio de 8,15 N, sendo considerada uma média mais baixa do que a encontrada para os genótipos híbridos de mangueira do presente trabalho, com valor de 14,46 N, considerada média alta, segundo descritores morfológicos para mangueira. Maia et al. (2014) encontraram valores médios para a firmeza de frutos de manga de 6,39 N, também menor do que o apresentado no presente trabalho.

A acurácia de seleção (A_{cm}) no presente trabalho, apresentou uma variação entre as variáveis de 0,73 (Sólidos solúveis) à 0,94 (massa), variação bem menor do que a encontrada por Maia et al. (2017), que foi de 0,23 (% polpa) à 0,97 (pH). Com isso, observamos que os 27 híbridos avaliados no presente trabalho apresentam maior precisão e ganho de seleção em relação aos genótipos de mangueiras avaliados por Maia et al. (2017).

Para a presença de fibras, sabe-se que os consumidores buscam por frutos com menor quantidade de fibras. No estudo de Ribeiro et al (2013), a maioria dos acessos apresentam baixa presença de fibras, porém também encontraram ausência de fibras em alguns acessos e muita fibra em outros. No presente estudo, a maioria dos genótipos avaliados apresentaram presença médias a elevadas de fibra, assim os genótipos CT1, CT6 e CT7 podem ser classificados com muita fibra, se destacando em relação aos demais híbridos.

Avaliando os parâmetros de interesse do mamoeiro, Pinto et al. (2013), utilizando o modelo misto REML/BLUP, observaram uma variação entre os valores da acurácia, de 0,21 (sólidos solúveis) a 0,82 (Altura da planta aos 150 dias), coincidindo com a variação encontrada por Maia et al (2017) e se diferenciando do encontrado neste trabalho, onde o SS, assim como as outras várias, se apresentaram com alta precisão.

Com relação ao ganho de seleção, Maia et al (2014) encontrou o máximo de 7,94 N para firmeza, 4,56 °Brix para sólidos solúveis e 306,84 g para massa do fruto. O ganho da firmeza neste trabalho se apresentou maior, com 10,16 N, porém para as duas próximas variáveis, os valores encontrados foram menores, 1,35 °Brix e 182,57 g, respectivamente.

A presença dos carotenóides junto com a presença da clorofila, são os responsáveis por dar cor característica à manga, tanto à polpa quanto à casca. A coloração se inicia com tom verde escuro, e com o amadurecimento do fruto passa para a cor verde clara, depois amarelada, e por fim rósea e bronzeada (VETTUCI et al., 2016).

De acordo com Trindade et al. (2015), os valores médios do ângulo Hue (°H) podem determinar a cor da casca e da polpa da seguinte forma: 0° – vermelho, 90° - amarelo, 180° - verde, e 270° - azul. Sendo assim, os valores do ângulo de Hue ou ângulo de tonalidade, tanto para polpa (87,07) quanto para casca (86,25), ficaram próximas à coloração amarela.

A presença de doenças pode ser um dos principais fatores que reduzem ou afetam (negativamente) a produtividade em mangueiras, e a resistência às doenças tem sido incluída como requisito na seleção ou desenvolvimento de novas variedades. Por exemplo, a resistência às doenças como antracnose, murcha da manga (causada por *Ceratocysti fimbriata*), malformação, e morte descendente (causada por *Lasiodiplodia theobromae* e *Neofusicoccum parvum*) vêm sendo estudadas a fim de encontrar novas variedades de mangueira que não sejam atacadas por tais doenças (COELHO et al., 2018).

Arriel et al (2016) avaliaram a resistência de genótipos de manga à murcha de *Ceratocystis*, a qual ainda é de origem desconhecida, e puderam observar que as cultivares Keitt, Palmer, Tommy Atkins e Van Dyke foram consideradas moderadamente resistentes, enquanto as cultivares Coquinho, Espada e Haden foram consideradas como suscetíveis à essa doença, concluindo que a resistência à essa doença é considerada como poligênica, com genes dominantes e epistasia.

Alguns híbridos, que foram avaliados na primeira safra, foram impossibilitados de serem avaliados na segunda safra devido à presença de podridões causadas por fungos (não identificado) e inviabilizando a análise dos frutos. Pôde-se observar essa ocorrência em híbridos CT, KT e PT. Com isso, sugere-se avaliar resistência às doenças, nos genótipos selecionados, nas próximas safras, a fim de encontrar uma variedade com resistência.

5.CONCLUSÃO

Observando todos os resultados apresentados, podemos concluir que a maioria dos genótipos envolvendo o cruzamento entre as variedades Tommy Atkins e Coquinho, tiveram pior desempenho em relação aos demais híbridos, para a maioria dos caracteres avaliados, com raras exceções, por exemplo, sólidos solúveis, onde o genótipo CT11 foi o que apresentou o melhor desempenho.

Portanto, as avaliações posteriores podem se concentrar nos cruzamentos que se mostraram mais promissores (VT, PT e KT), excluindo os híbridos CT.

Foram observados altos valores para a repetibilidade média, com um alto controle genético e estabilidade para todas as variáveis. Os valores para a acurácia média (A_{cm}) também se mostraram altos, variando de 0,73 (sólidos solúveis) a 0,94 (peso, comprimento e diâmetro), os quais indicam boa precisão e ganho de seleção, assim como alta confiabilidade dos dados. Observando o ganho de seleção e as novas médias, os genótipos que se apresentaram mais promissores foram os híbridos resultantes do cruzamento entre as variedades Tommy Atkins e Haden, Van Dyke, Palmer e Kent. Já os híbridos entre Tommy Atkins e Coquinho se apresentaram com os piores ganhos de seleção.

6.REFERÊNCIAS

- ALVES, E. O. S. et al. 2012. Comparison of efficiency of distance measurement methodologies in mango (*Mangifera indica*) progenies based on physicochemical descriptors. *Genetics and Molecular Research* 11 (1): 591-596.
- ALBERTON, A. C. M. 2014. Caracterização da manga tomy atkins in natura e após a liofilização. Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos do Núcleo de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, campus Medianeira, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.
- ARRIEL, D. A. A. et al. 2016. Genetic control of resistance on *Mangifera indica* to *Ceratocystis wilt*. *Scientia Horticulturae* 211 (2016) 312–318.
- ASSUNÇÃO, M. P. et al. 2015. Seleção Individual de Plantas de Maracujazeiro Azedo Quanto à Qualidade de Frutos Via REML/BLUP. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 57 – 63, abr. – jun.

- AZEREDO, L. P. M. et al. 2016. Qualidade de manga 'Tommy Atkins' da produção integrada recoberta com fécula de mandioca associada a óleos essenciais e quitosana. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v.38, n. 1. 141-150, Fevereiro.
- BROWN, J. S. et al. 2009. Broad-sense Heritability Estimates for Fruit Color and Morphological Traits from Open-pollinated Half-sib Mango Families. *HORTSCIENCE* 44(6):1552–1556.
- COELHO, W. C. P. et al. 2018. Inheritance of resistance to dieback disease in mango (*Mangifera indica*). *AJCS* 12(03):467-471.
- CARDOSO, J. A. F. et al. 2015. Organic Matter Fractions in a Quartzipsamment under Cultivation of Irrigated Mango in the Lower São Francisco Valley Region, Brazil. *R. Bras. Ci. Solo*, 39:1068-1078.
- CARVALHO, C. R. L. et al. 2004. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo instituto agrônomo de campinas comparadas a outras de importância comercial. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 264-271, Agosto.
- COSTA, J. G. & SANTOS, C. A. F. 2004. Cultivares. *Sistemas de Produção*, 2, Versão eletrônica. ISSN 1807-0027.
- COSTA, J. G. 2003. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. *Ciência Rural*, v. 33, p. 263-266.
- EMBRAPA. 2010. Cultivo da Manga. Embrapa Semiárido *Sistemas de Produção*, 2 - 2ª edição ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica Agosto.
- HARDNER, C. M. et al. 2012. Prediction of breeding values for average fruit weight in mango using a multivariate individual mixed model. *Euphytica* (2012) 186:463–477.
- HORTIFRUTI Brasil CEPEA. 2018. Anuário 2018 | 2019 - Retrospectiva 2018 e Perspectiva 2019. Edição Especial, nº 185, ISSN 1981 -1837.
- JHA, S. K. et al. 2010. Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. *Journal of Food Engineering* 97 208–212.
- KHAN, A. S. et al. 2015. Morphological and molecular characterization and evaluation of mango germplasm: An overview *Scientia Horticulturae* 194 (2015) 353–366.

- LIMA, J. R. F. de, et al. 2018. Análise do Mercado de Manga Produzida no Vale do São Francisco: Cenário Atual e Perspectivas para o Curto Prazo. Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural sober nordeste.
- LUCENA, E. M. P. et al. 2007. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas “Tommy Atkins” no Vale do São Francisco, Petrolina-PE. Revista Brasileira da Fruticultura, Jaboticabal – SP, v. 29, n. 1, p. 96-101.
- MAIA, M. C. C. et al. 2014. Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. Revista Agrotecnologia, Anápolis, v. 5, n. 1, p. 01 - 16.
- MAIA, M. C. C. et al. 2017. Repetibilidade de características quantitativas de frutos em seleções elite de manga rosa. Revista Agro@mbiente On-line, v. 11, n. 1, p. 56-62, janeiro-março.
- MACHADO, W. R. B. et al. 2017. Avaliação das Perdas de Manga no Mercado Varejista do Vale do São Francisco. Rev. Agro. Amb., v. 10, Edição Especial, p. 75-90, maio 2017 - e-ISSN 2176-9168.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2011. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de manga (*Mangifera indica* L.).
- MAPA, Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Do Brasil, 2017. http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php Consultado em 25 de julho de 2017 no site do Mapa.
- OLIVEIRA, M. S. P.e MOURA, E. F. 2010. Repetibilidade de número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). Revista Brasileira de Fruticultura, v. 32, n. 4, p. 1173-1179.
- PINTO, F. O. et al. 2013. Metodologia dos modelos mistos para seleção combinada em progênes segregantes de mamoeiro. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 8, n. 2, p. 211-217.
- POMMER, C. V. & BARBOSA, W. 2009. The Impact of Breeding on Fruit Production in Warm Climates of Brazil. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, v. 31, n. 2, p. 612-634, Junho.

- RESENDE, M. D. V. 2005. Modelos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo no melhoramento de plantas. Reunião anual da região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 50. The International Biometric Society.
- RESENDE, M. D. V. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* - 16: 330-339.
- RIBEIRO, I. C. N. S. et al. 2013. Morphological Characterization of Mango (*Mangifera indica*) Accessions Based on Brazilian Adapted Descriptors. *Journal of Agricultural Science and Technology B* 3 (2013) 798-806.
- RIBEIRO, T. P. et al. 2015. Quality and bioactive compounds in fruit of foreign accessions of mango conserved in an Active Germplasm Bank. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 46, n. 1, p. 000-000, jan-mar.
- ROSETTO, C. J. et al. 1994. Cultvar de manga IAC 101 Coquinho. Editado pelo serviço de divulgação Técnico-Científico. Disponível em <file:///C:/Users/Jessica/Downloads/manga%20coquinho.pdf>.
- SALES, W. S. 2019. Estimates of repeatability for selection of genotypes of seedless table grapes for Brazilian semiarid regions. *Scientia Horticulturae* 245 131–136.
- SANCHÉZ, C. F. B. et al. 2017. Estimates of repeatability coefficients and the number of the optimum measure to select superior genotypes in *Annona muricata* L. *Genetics and Molecular Research* 16 (3): gmr16039753.
- SILVA, F. H. B. B. et al. 2005. Principais solos do semi-árido do nordeste do Brasil. Embrapa – dia de campo. Disponível em <file:///C:/Users/Jessica/Downloads/solo%20mandaaaru.pdf>
- SILVA, C. A. et al. 2015. Estimativa de repetibilidade em características de cajá-mirim no Norte do Espírito Santo. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 9, n. 3, p. 284-291, 2015.
- TRINDADE, D. C. G. et al. 2015. Ação do 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de manga 'Palmer' em diferentes estádios de maturação. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.50, n.9, p.753-762, set.

- VÁZQUEZ-CELESTINO, D. et al. 2016. Effects of waxing, microperforated polyethylene bag, 1-methylcyclopropene and nitric oxide on firmness and shrivel and weight loss of 'Manila' mango fruit during ripening. *Postharvest Biology and Technology* 111 398–405.
- VETTUCI, J. P. et al. 2016. A Manga. *Boletim markesalq em rede – manga ano 4 Nº16* Abr. 2016; ISSN 2318-9819.
- ZENEBON, O. et al. 2008. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos híbridos feitas no presente estudo, se mostraram muito promissoras utilizando a metodologia REML/BLUP, a qual já tem sido utilizada há muito tempo, com resultados comprovados nos programas de melhoramento em diversas fruteiras, confirmando ser um método viável e confiável no estudo do melhoramento genético. Através do uso desse método, é possível reduzir o tempo e os custos da pesquisa visando a criação de novas cultivares, contribuindo para o avanço do programa genético da mangueira da Embrapa Semiárido.

O uso desse método em mais alguns ciclos da mangueira, pode contribuir para uma seleção muito eficaz dos melhores híbridos (cultivares futuros) para a região do Submédio do São Francisco.

O programa de melhoramento genético da mangueira da Embrapa Semiárido irá prosseguir com as avaliações para os híbridos da Estação Experimental de Mandacaru, os resultados individuais serão empregados nas etapas de seleção, os quais irão contribuir no desenvolvimento de novas cultivares para a região do Semiárido. As novas cultivares que serão obtidas nesse programa, futuramente, irão beneficiar os agricultores da região, uma vez que visa se obter uma cultivar mais produtiva, sem problemas no seu manejo, mais resistente a pragas e doenças e com características de frutos atrativas para o mercado consumidor interno e externo.

Sendo assim, recomenda-se continuar as avaliações apenas com os híbridos que se mostraram mais promissores neste estudo, como o HT, VT, PT, KT, R6P16, CPAC 165/93 e R12P14.

APÊNDICES

Figura 1. Croqui da área VI (em delineamento de blocos casualizados) da Estação Experimental de Mandacaru, em Juazeiro – BA. Em destaques coloridos estão os híbridos, e suas repetições que foram avaliados na primeira safra, de outubro a dezembro de 2017.

BORDADURA	BETA	ESPADA VERMELHA	DOCE DE LEITE	R13 P10	CPAC 165 / 93	OROPORANGA
BORDADURA	R12 P09	CPAC 329 / 94	ROXA	RCPAC 263 / 94	R12 P09	ÔMEGA
BORDADURA	ALFA	R12 P14	CPAC 165 / 93	R12 P14	ALFA	R13 P10
BORDADURA	CPAC 165 / 93	OROPORANGA	ALFA	OROPORANGA	CPAC 22 / 93	ROXA
BORDADURA	DOCE DE LEITE	R13 P10	CPAC 22 / 93	ESPADA VERMELHA	BETA	R12 P09
BORDADURA	CPAC 22 / 93	ROSA 36	BETA	ROSA 36	CPAC 329 / 94	ESPADA VERMELHA
BORDADURA	ÔMEGA	R12 P09	CPAC 263 / 94	ROXA	LITA	R12 P14
BORDADURA	CPAC 263 / 94	ROXA	LITA	R12 P09	CPAC 263 / 94	ROSA 36
BORDADURA	LITA	R12 P10	CPAC 329 / 94	ROSA 46	ÔMEGA	R12 P10
BORDADURA	CPAC329 / 94	TOMMY ATKINS	ÔMEGA	R10 P08	CPAC 58 / 95	ROSA 46
BORDADURA	PALMER	R2 P17	CPAC 58 / 95	R6 P16	PALMER	TOMMY ATKINS
BORDADURA	CPAC 58 / 95	ROSA 46	PALMER	TOMMY ATKINS	R2 P17	R10 P08
BORDADURA	ROSA 46	R6 P16	ROSA 2	R12 P10	DOCE DE LEITE	ROSA 2
x	R2 P17	PALMER	R2 P17	ROSA 2	R10 P08	R6 P16
x	ROSA 2	R10 P08	R6 P16	CPAC58 / 95	ROSA 2	DOCE DE LEITE
x	R6 P16	ROSA 2	TOMMY ATKINS	ÔMEGA	R6 P16	R2 P17
x	R10 P08	CPAC58 / 95	R10 P08	CPAC 329 / 94	TOMMY ATKINS	PALMER
x	TOMMY ATKINS	LITA	ROSA 46	LITA	ROSA 46	CPAC 58 / 95
x	R12 P10	CPAC 263 / 94	ROSA 36	CPAC 22 / 93	R12 P10	LITA
x	ROXA	ÔMEGA	R12 P09	BETA	ROXA	CPAC 263/94
x	OROPORANGA	DOCE DE LEITE	R12 P10	ALFA	ROSA 36	CPAC 329 / 94
x	R13 P10	CPAC 165 / 93	ESPADA VERMELHA	CPAC 165 / 93	R12 P14	BETA
x	ROSA 36	BETA	R12 P14	PALMER	ESPADA VERMELHA	CPAC 22 / 93
x	R12 P14	CPAC 22/93	OROPORANGA	R2 P17	R13 P10	ALFA
x	ESPADA VERMELHA	ALFA	R13 P10	DOCE DE LEITE	OROPORANGA	CPAC 165/93

Figura 2. Croqui da área 5 da Estação Experimental de Mandacaru, da Embrapa Semiárido. Estão em destaque os híbridos presentes nessa área, que são resultantes dos cruzamento de Tommy Atkins e Haden (HT), Tommy Atkins e Palmer (PT), Tommy Atkins e Coquinho (CT), Tommy Atkins e Kent (KT) e Tommy Atkins e Van Dyke (VT).

HT	HT	HT	HT	HT	PT	PT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	PT	PT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	PT	PT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	PT	PT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	PT	PT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	PT	PT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	HT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	HT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	HT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	HT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT
HT	HT	HT	HT	HT	HT	PT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	KT	KT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT

Figura 3. Híbrido R12P14, avaliado no Capítulo 2.

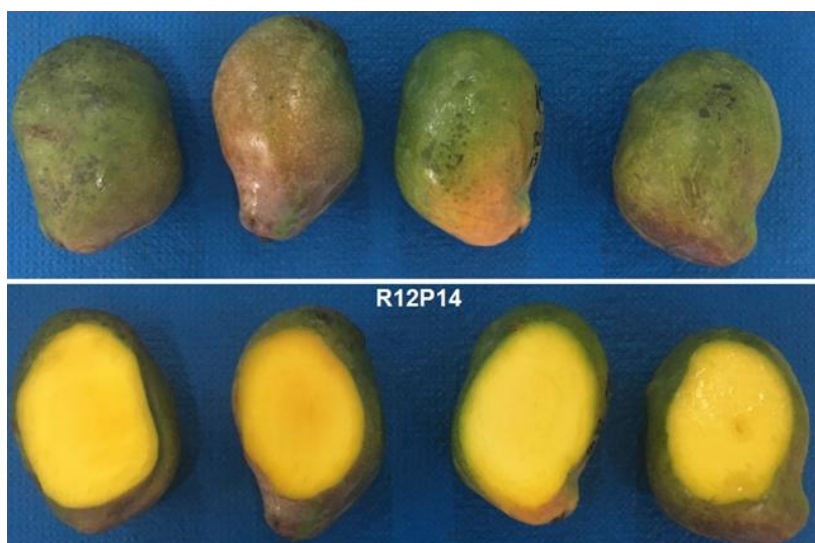


Figura 4. Híbrido R6P16, avaliado no Capítulo 2.



Figura 5. Híbrido CPAC 329/94, avaliado no Capítulo 2.

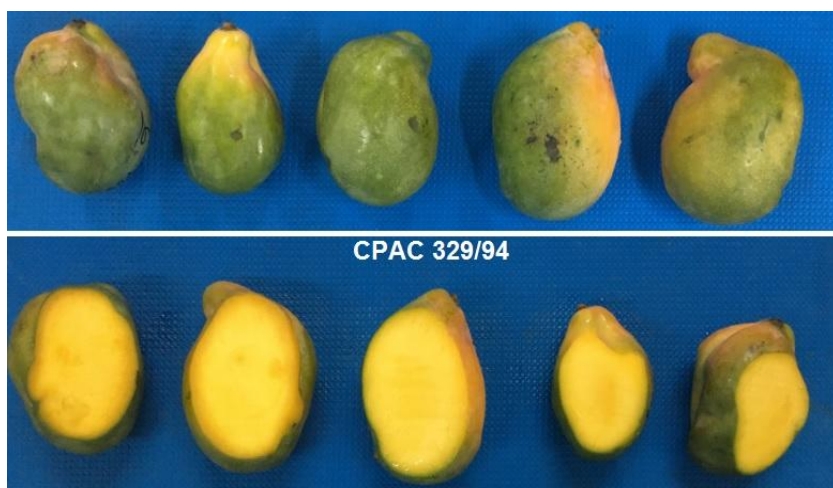


Figura 6. Híbrido R12P10, avaliado no Capítulo 2.



Figura 7. Híbrido CPAC 165/93, avaliado no Capítulo 2.

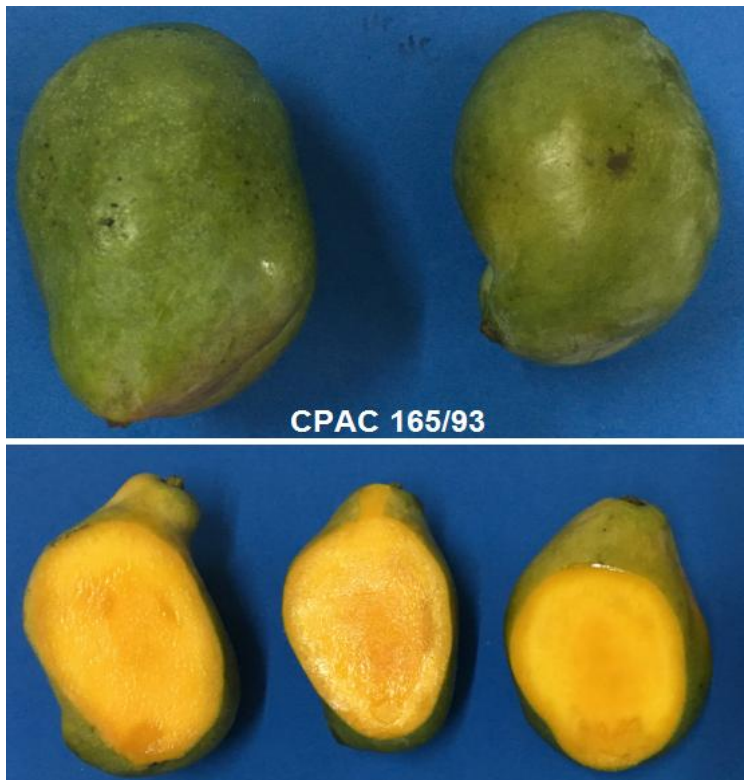


Figura 8. Híbrido PT (Palmer x Tommy Atkins), avaliado no Capítulo 3.

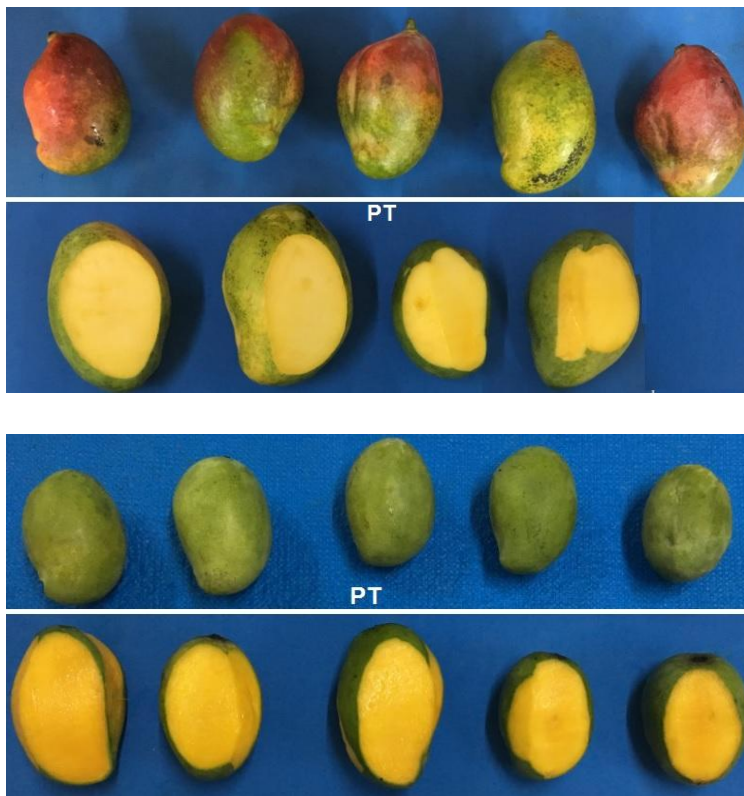


Figura 9. Híbrido VT (Van Dyke x Tommy Atkins), avaliado no Capítulo 3.



Figura 10. Híbrido KT (Kent x Tommy Atkins), avaliado no Capítulo 3.



Figura 11. Híbrido HT (Haden x Tommy Atkins), avaliado no Capítulo 3.



Figura 12. Híbrido CT (Coquinho x Tommy Atkins), avaliado no Capítulo 3.

