

MÁRCIA DA COSTA CAPISTRANO



**AVALIAÇÃO GENOTÍPICA DE LARANJEIRAS-DOCE VIA MODELOS  
MISTOS**

RIO BRANCO - AC

2019

MÁRCIA DA COSTA CAPISTRANO

**AVALIAÇÃO GENOTÍPICA DE LARANJEIRAS-DOCE VIA MODELOS  
MISTOS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, em parceria com a Embrapa, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Orientador: Dr. Romeu de C. Andrade Neto  
Co-orientador: Dr. Vanderley B. dos Santos

RIO BRANCO - AC

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

---

C243a Capistrano, Márcia da Costa, 1986 -

Avaliação genotípica de laranjeiras – doce via modelos mistos / Márcia da Costa Capistrano; orientador: Dr. Romeu de C. Andrade Neto e Co-orientador: Dr. Vanderley B. dos Santos. – 2019.

132 f. : ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Rio Branco, 2019.

Inclui referências bibliográficas.

1. Citrus sinensis (L.). 2. Amazônia Ocidental. 3. Produtividade. I. Andrade Neto, Romeu de C. (orientador). II. Santos, Vanderley B. Título.

CDD: 338.1

---

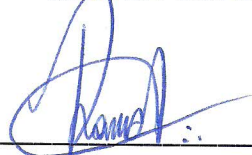
MÁRCIA DA COSTA CAPISTRANO

**AVALIAÇÃO GENOTÍPICA DE LARANJEIRAS-DOCE VIA MODELOS MISTOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre em parceria com a Embrapa Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

Aprovada em 27 de maio de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Dr. Romeu de Carvalho Andrade Neto (Orientador)**  
Embrapa Acre / Universidade Federal do Acre



---

**Dr. Vanderley Borges dos Santos (Membro)**  
Universidade Federal do Acre




---

**Dr. Lauro Saraiva Lessa (Membro)**  
Embrapa Acre



---

**Dr. Antônio Gilson Gomes Mesquita (Membro)**  
Universidade Federal do Acre



---

**Dr. Paulo Márcio Beber (Membro)**  
Instituto Federal do Acre

À minha filha Laryssa Capistrano,  
que deu um sentido especial a  
minha vida e tem me  
proporcionado incontáveis  
momentos felizes.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus acima de tudo, por estar sempre ao meu lado, me guiando, dando força e sabedoria em todas as minhas decisões, tornando possível a conclusão deste trabalho.

À minha família, em especial a minha mãe, Maria Lizete Souza da Costa, pelas orações, amor incondicional e por representar minha maior motivação e inspiração para seguir em busca dos meus ideais.

Aos meus irmãos que torcem pelas minhas conquistas: Marcello da Costa Capistrano, Paulo Célio da Costa Capistrano e Antônio Israel da Costa Capistrano.

Ao meu esposo Bruno Gabriel da Silva Gomes e minha amada filha Laryssa da Silva Capistrano, pela compreensão de minha ausência, paciência, amor e carinho nessa etapa final da minha formação profissional.

À Universidade Federal do Acre e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsas de estudos, indispensável ao decorrer do curso.

Ao Dr. Romeu de Carvalho Andrade Neto, pela excelente orientação, confiança, dedicação e incentivo em todos os momentos.

Ao Dr. Vanderley Borges dos Santos, pela coorientação, disposição, suporte e conhecimentos transmitidos.

À Embrapa Acre pela infraestrutura e apoio durante a realização deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, que contribuíram para a minha formação.

Aos membros da banca de qualificação, pelos valiosos ensinamentos.

Aos analistas, técnicos, assistentes, bolsistas e estagiários, que trabalharam durante anos nos ensaios para a coleta dos dados utilizados neste estudo.

À equipe de alunos da fruticultura da Embrapa Acre, pela convivência, amizade e troca de conhecimentos.

Aos amigos do curso do programa de pós-graduação, em especial a Shirlei Cristina Cerqueira Minosso, pela motivação, disposição e amizade incondicional.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e aos que acreditaram junto comigo que este sonho seria realizado.

**Muito Obrigada!!!**

## RESUMO

Inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas com laranjeiras-doce visando identificar genótipos superiores e garantir altas produtividades. As avaliações com laranjeiras geralmente são realizadas em várias safras e locais, para verificar o comportamento diferencial de acordo com as variações ambientais, o que torna a seleção cada vez mais difícil por metodologias estatísticas tradicionais. A seleção deve ser baseada em modelos estatísticos e biométricos os mais acurados possível para garantir maior eficiência e confiabilidade ao processo seletivo. A metodologia dos modelos mistos (REML/BLUP) é uma alternativa que utiliza valores genotípicos para realizar a seleção, além de estimar a repetibilidade e permitir estudos de estabilidade e adaptabilidade associados à produtividade, simultaneamente. Assim, este trabalho teve como objetivos selecionar genótipos promissores para características produtivas, estimar o coeficiente de repetibilidade de caracteres quantitativos e avaliar a estabilidade e adaptabilidade temporal de genótipos de laranjeiras-doce via modelos mistos. Foram utilizados dados de produção de 55 genótipos de laranjeiras-doces, avaliados em oito safras. As análises foram realizadas pela metodologia dos modelos mistos (REML/BLUP) para a estimação dos parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos. As avaliações de estabilidade e adaptabilidade, foram realizadas pelos métodos da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) e da performance relativa dos valores genotípicos (PRVG), respectivamente. Para estimar a estabilidade, a adaptabilidade e a produtividade, simultaneamente, foi utilizado o método da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG). De acordo com a análise de deviance, verificou-se que os efeitos de genótipos e da interação (G x A) foram altamente significativos, evidenciando diferenças entre os genótipos e no comportamento deles nos diversos ambientes testados. Os genótipos 14, 47, 5 e 48 apresentam desempenho superior para o conjunto de características avaliadas. De acordo com o coeficiente de repetibilidade, são necessárias seis safras para indicar quais são os melhores genótipos com 70% de acurácia. Os genótipos 48, 19 e 5 são os mais produtivos, adaptáveis e estáveis, e podem ser cultivados em condições ambientais similares as testadas.

**Palavras-chave:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Amazônia Ocidental, produtividade, estabilidade, adaptabilidade, REML/BLUP.

## ABSTRACT

Numerous researches have been developed with sweet orange trees to identify superior genotypes and ensure high yields. Orange tree evaluations are generally performed at various harvests and locations to verify differential behavior according to environmental variations, which makes selection increasingly difficult by traditional statistical methodologies. Selection should be based on the most accurate statistical and biometric models possible to ensure greater efficiency and reliability to the selection process. The mixed model methodology (REML/BLUP) is an alternative that uses genotypic values to perform the selection, as well as estimating repeatability and allowing stability and adaptability studies associated with productivity simultaneously. Thus, this study aimed to select promising genotypes for productive traits, estimate the repeatability coefficient of quantitative traits and evaluate the stability and temporal adaptability of sweet orange genotypes via mixed models. Production data of 55 genotypes of sweet orange, evaluated in eight harvests were used. The analyzes were performed by the mixed model methodology (REML/BLUP) for the estimation of genetic parameters and prediction of genotypic values. Stability and adaptability evaluations were performed by the harmonic mean genotypic values (MHVG) and relative genotypic performance (PRVG) methods, respectively. To estimate stability, adaptability and productivity simultaneously, the harmonic mean method of relative performance of genotypic values (MHPRVG) was used. According to the deviance analysis, it was found that the effects of genotypes and interaction (G x A) were highly significant, showing differences between genotypes and their behavior in the various environments tested. Genotypes 14, 47, 5 and 48 have superior performance for the set of characteristics evaluated. According to the repeatability coefficient, six crops are needed to indicate which genotypes are the best with 70% accuracy. Genotypes 48, 19 and 5 are the most productive, adaptable and stable, and can be grown under similar environmental conditions to those tested.

**Key words:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Western Amazon, productivity, stability, adaptability, REML/BLUP.



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1 - Locais de coleta dos genótipos de laranjeiras-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] no Estado do Acre.....57
- Tabela 2 - Análise de *deviance* (ANADEV) de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto e produtividade, em genótipos de laranjeiras-doce cultivadas em oito safras, em Rio Branco, Acre.....60
- Tabela 3 - Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos de número de frutos por planta (NFP), número de frutos por m<sup>2</sup> (NFR/m<sup>2</sup>), massa média do fruto (MMF) e produtividade, em genótipos de laranjeiras-doce avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre.....61
- Tabela 4 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em todos os anos, de número de frutos por planta (NFP), número de frutos por m<sup>2</sup> (NF/m<sup>2</sup>), massa média do fruto (MMF) e produtividade, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre.....67
- Tabela 5 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter número de frutos por planta, cultivados em Rio Branco, Acre.....71
- Tabela 6 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter número de frutos por m<sup>2</sup>, cultivados em Rio Branco, Acre.....72
- Tabela 7 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter massa média do fruto (kg), cultivados em Rio Branco, Acre.....75
- Tabela 8 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter produtividade (kg/m<sup>2</sup>), cultivados em Rio Branco, Acre.....77

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1 - Locais de coleta dos genótipos de laranjeiras-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] no Estado do Acre.....93
- Tabela 2 - Estimativas de parâmetros genéticos de número de frutos por planta (NFP), número de frutos por m<sup>2</sup> (NFR/m<sup>2</sup>), massa média do fruto (MMF) e produtividade (kg/m<sup>2</sup>) em genótipos de laranjeiras-doce, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre.....96
- Tabela 3 - Eficiência das medidas repetidas preditas pelo Blup de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto e produtividade em genótipos de laranjeiras-doce, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre.....99

### CAPÍTULO 3

- Tabela 1 - Locais de coleta dos genótipos de laranjeiras-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] no Estado do Acre.....115
- Tabela 2 - Análise de *deviance* (ANADEV) de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto e produtividade, em genótipos de laranjeiras-doce avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre.....119
- Tabela 3 - Estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG e PRVG<sub>μ</sub>), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG e MHPRVG<sub>μ</sub>) de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto (kg) e produtividade (kg/m<sup>2</sup>), obtidos para 55 genótipos de laranjeiras-doce, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre.....120

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1 CENTRO DE ORIGEM E DISPERSÃO DOS CITROS .....	14
2.2 ASPECTOS GERAIS DAS LARANJEIRAS-DOCES.....	15
2.3 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CITRICULTURA NO BRASIL.....	15
2.4 CULTIVO DE CITROS NO NORTE DO BRASIL .....	17
2.5 PRINCIPAIS VARIEDADES COPAS DE LARANJEIRAS USADAS NO BRASIL	19
2.6 RECOMENDAÇÕES DE CULTIVARES DE LARANJEIRA NO NORTE DO BRASIL	20
2.7 MELHORAMENTO GENÉTICO DE CULTIVARES COPAS DE CITROS.....	22
2.8 METODOLOGIA DOS MODELOS MISTOS (REML/BLUP).....	24
2.9 PARÂMETROS GENÉTICOS .....	29
2.10 ANÁLISE DE DADOS E SELEÇÃO GENOTÍPICA COM MEDIDAS REPETIDAS.	31
2.10.1 Repetibilidade dos caracteres em citros.....	33
2.10.2 Medidas repetidas via REML/BLUP .....	35
2.10.3 Interação genótipo x ambiente (G x A).....	35
2.10.4 Adaptabilidade e estabilidade temporal via REML/BLUP .....	37
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40
<b>3 CAPÍTULO I</b> .....	51
<b>SELEÇÃO GENOTÍPICA DE LARANJEIRAS-DOCE VIA MODELOS MISTOS</b> .....	51
<b>RESUMO</b> .....	52
<b>ABSTRACT</b> .....	53
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	54
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	56
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	60
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	81
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	82
<b>4 CAPÍTULO II</b> .....	87
<b>REPETIBILIDADE DE CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS EM LARANJEIRAS-DOCE</b> .....	87
<b>RESUMO</b> .....	88
<b>ABSTRACT</b> .....	89
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	90
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	92
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	96
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	104
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	105
<b>5 CAPÍTULO III</b> .....	109

<b>ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE TEMPORAL EM LARANJEIRAS-DOCE, VIA MODELOS MISTOS .....</b>	<b>109</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>110</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>111</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>112</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>114</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>119</b>
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>127</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>128</b>
<b>6 CONCLUSÕES FINAIS .....</b>	<b>132</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>133</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A citricultura é a atividade que mais se destaca na fruticultura mundial. Dentre os citros, a laranja doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) é a fruta mais produzida no mundo com aproximadamente 71 milhões de toneladas (FAO, 2018). Além de maior produtor, o Brasil também é o maior exportador de suco concentrado. Em 2017, foram produzidas no país, aproximadamente, 17, 45 milhões de toneladas de frutos. Cerca de 76% dessa produção concentra-se nos pomares do Estado de São Paulo, seguidos de Minas Gerais (5,44%), Paraná (4,99%) e Bahia (3,81%) (NEVES et al., 2010; IBGE, 2019).

No Acre, a citricultura representa a segunda área cultivada com essa frutífera com 1.189 ha, atrás apenas da cultura da banana com 8.745 ha. Em 2017, foram colhidos no estado 575 ha de laranja, com produção de 8.511 toneladas (IBGE, 2019). No entanto, a produção não atende à demanda local e o Acre importa grande parte da fruta de outros estados brasileiros, principalmente de São Paulo.

O Estado do Acre possui características climáticas favoráveis à expansão da atividade citrícola. Porém, mesmo não havendo limitação climática para o cultivo de laranja, faltam informações sobre o comportamento produtivo das diversas cultivares no Estado (ANDRADE NETO et al., 2011a). A inexistência dessas informações e a utilização de cultivares que não se adaptam bem às condições edafoclimáticas do Acre limitam o desenvolvimento local dos citros (RITZINGER et al., 1992). Assim, para garantir o sucesso da atividade, é necessária a utilização de genótipos que além de serem adaptados as condições locais, apresentem boa produtividade e frutos de acordo com as exigências do mercado consumidor.

Neste sentido, a Embrapa Acre vem desenvolvendo diversas pesquisas com laranjeiras-doce, visando selecionar plantas superiores, estudar a potencialidade dos genótipos locais e ampliar o número de variedades recomendadas para o Estado (NEGREIROS et al., 2014). Embora a Embrapa Acre já tenha recomendado algumas cultivares como a 'Aquiri', 'Pera D6', 'Natal 112' e 'Valência 27', a produção dessas cultivares concentra-se principalmente nos meses de abril a agosto (LEDO et al., 1996; LEDO et al., 1997a; LEDO et al., 1997b; RITZINGER et al., 1992).

Conforme Negreiros et al. (2014), a introdução e a avaliação de germoplasma, com posterior seleção de plantas que possuam adaptação e aceitação às condições regionais, é o método mais rápido e eficaz para a obtenção de cultivares superiores. Nesse sentido, Gondim et al (2001) realizaram expedições em alguns municípios do

interior do Acre e coletaram gemas vegetativas de genótipos oriundos de mudas pés-francos locais. Os genótipos selecionados estão sendo monitorados desde 2002 em fase de avaliação no campo experimental da Embrapa Acre para a seleção de indivíduos que apresentem os melhores desempenhos agrônômicos.

Já existem alguns resultados quanto aos melhores genótipos em termos de produtividade, qualidade dos frutos e quanto à época de maturação (NEGREIROS et al., 2008; NEGREIROS et al., 2014; BEBER, 2013; BEBER et al., 2018). Todavia, a maioria desses resultados são baseados na análise de variância tradicional (ANOVA). Sendo assim, é necessário testar metodologias mais eficientes e acuradas na seleção de genótipos superiores, principalmente em plantas perenes, como é o caso das laranjeiras, onde há um dispêndio de várias etapas, até o lançamento de cultivares e longos ciclos de melhoramento, além de ser comum a observação de experimentos desbalanceados e com medidas repetidas em ambientes/safras.

Atualmente, o procedimento mais indicado é a utilização dos modelos mistos via REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição linear não viesada), o qual tem sido empregado em diversas frutíferas perenes com sucesso (MAIA et al., 2016a; MAIA et al., 2009; SILVA et al., 2013; MAIA et al., 2016b; MAIA et al., 2011; BERTOLDO et al., 2017; SANTOS et al., 2017; SANCHEZ et al., 2017; RAMOS et al., 2014; ARRIEL et al., 2016; MAIA et al., 2017; MAIA et al., 2014; FERREIRA et al., 2016; SILVA et al., 2017; BRUNA et al., 2012; LEÃO et al., 2018; SALES et al., 2019). No entanto, são poucos estudos empregando o método em laranjeiras-doce, sendo uma proposta inovadora no melhoramento desta cultura, visando obter êxito no processo seletivo de genótipos potenciais para as condições do Acre.

Neste sentido, o objetivo desse trabalho foi selecionar genótipos promissores de laranjeiras-doce, nas condições edafoclimáticas de Rio Branco-Acre, tendo em vista o incremento da produtividade. Além disso, estimar o coeficiente de repetibilidade a fim de inferir qual o número mínimo de avaliações necessárias para a selecionar genótipos com maior confiabilidade e verificar a adaptabilidade e estabilidade temporal desses materiais via REML/BLUP.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O gênero *Citrus* representa uma das principais culturas de importância econômica do mundo. Dentre as frutas pertencentes ao gênero *Citrus*, destacam-se as laranjas, tangerinas e limões. O Brasil é o maior produtor de laranja e o segundo maior produtor de frutas cítricas (FAO, 2016). Nesse sentido, várias pesquisas têm sido desenvolvidas em diversas áreas com o intuito de manter essa alta produtividade.

### 2.1 CENTRO DE ORIGEM E DISPERSÃO DOS CITROS

Apesar do centro de origem de todas as espécies de *Citrus* spp. não ser conhecido com exatidão, estudos indicam que a maioria originou-se nas regiões tropicais e subtropicais do sudeste Asiático. Em 1493, foram introduzidos na América por Cristóvão Colombo, posteriormente foram levadas para o México e Estados Unidos (SIQUEIRA; SALOMÃO, 2017).

No Brasil, os citros foram introduzidos pelos portugueses, provavelmente na Bahia, quando trouxeram as primeiras mudas da Espanha, no começo do século XVI, a partir de 1530, logo no início da colonização (MATTOS JUNIOR et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2012). O objetivo dos portugueses era criar um abastecimento de vitamina C para utilizá-la como antídoto do escorbuto, doença que matava a maior parte das tripulações na época (NEVES; JANK, 2006; SIQUEIRA; SALOMÃO, 2017).

Nas condições brasileiras, as plantas cítricas encontraram características climáticas favoráveis para vegetar e produzir em comparação com as próprias regiões de origem. Essas plantas foram então denominadas de citrinas e logo se expandiram por todo o território brasileiro (OLIVEIRA et al., 2012). Porém, foi na região centro-sul que os citros mais se destacaram, em função das condições edafoclimáticas e pela proximidade com o mercado consumidor, o que faz o Estado de São Paulo ser reconhecido até hoje por dominar este setor (NEVES et al., 2010).

Dentre os citros, a laranja é a fruta mais comercializada, pelo sabor, pelas características nutricionais e também pela maior facilidade de conservação do suco sem mudar radicalmente suas qualidades organolépticas (OLIVEIRA et al., 2012).

## 2.2 ASPECTOS GERAIS DAS LARANJEIRAS-DOCES

As laranjas doces (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) pertencem ao gênero *Citrus* e a família Rutaceae, considerada a mais importante do ponto de vista econômico (LIU et al., 2012). Nesse grupo também estão incluídas as tangerinas (*Citrus reticulada* Blanco e *Citrus clementina* hort. ex Tanaka); mexericas (*Citrus deliciosa* Ten.); limões verdadeiros (*Citrus limonia* (L.) Brum. F. e *Citrus aurantiifolia* (Christm.), Swingle); limas ácidas (*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka); limas doces (*Citrus limettioides* Tanaka); pomelos (*Citrus paradisi* Macfad.) e cidras (*Citrus medica* L.) (BASTOS et al., 2014).

As plantas pertencentes ao gênero *Citrus* geralmente apresentam porte médio (arbóreo/arbustivo), com cerca de quatro metros de altura, copa densa de formato arredondado, flores brancas e aromáticas e frutos tipo baga, contendo vesículas preenchidas por suco de grande interesse comercial rico, principalmente, em vitamina C (DONADIO et al., 2005; MATTOS JÚNIOR et al., 2005). As laranjas doces são as mais expressivas, dentre os citros, com aproximadamente dois terços dos plantios nos pomares citrícolas dos países (BASTOS et al., 2014).

A reprodução dessas espécies pode ser sexuada (autopolinização e polinização cruzada) e assexuada (agamospermia) (QUEIROZ-VOLTAN; BLUMER, 2005). Embora algumas espécies sejam monoembriônicas, as laranjeiras-doces apresentam altas taxas de poliembrião, isto é, os embriões nucelares ocorrem juntos com os embriões zigóticos (OLIVEIRA et al., 2014a). Essa característica associada a alta heterozigose e ao longo período pré-reprodutivo são os principais obstáculos encontrados na criação de novas variedades (SOARES FILHO et al., 2002).

## 2.3 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CITRICULTURA NO BRASIL

A citricultura brasileira representa um importante papel na economia do país e tem apresentado marcante expansão ao longo dos últimos anos. Desde 1962, quando iniciaram as primeiras exportações, a citricultura tem contribuído de forma definitiva para o desenvolvimento do Brasil que é líder mundial no ranking dos maiores produtores em função da excelente demanda dos mercados nacional e internacional, voltados ao consumo *in natura* e à fabricação de suco concentrado (NEVES et al., 2010).

O Brasil tornou-se o maior produtor de laranjas do mundo em 1980. Nesse período, no Estado de São Paulo, foram implantados vários pomares num ritmo



bastante acelerado, com vários produtores se inserindo no ramo. Assim, as frutas cítricas, antes vistas como artigo de luxo em muitos mercados, passou a estar presente nas mesas de todas as classes sociais (NEVES et al., 2010).

A citricultura apresenta importância tanto em termos econômicos como social, tendo grandes impactos na criação de empregos, na formação de capital, na geração de renda, na agregação de valor e no desenvolvimento regional (ZULIAN et al., 2013). A atividade contribui com cerca de nove bilhões de reais no Produto Interno Bruto anual e gera cerca de 230 mil empregos diretos e indiretos (FAO, 2018; NEVES et al., 2010).

A produção mundial de citros em 2017 situou-se em 119,4 milhões de toneladas, sendo China (22,1%), Brasil (17,1%) e Estados Unidos (8,9%) os principais produtores (FAO, 2018). No Brasil, a área colhida com citros, incluindo laranja doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck], limão [*Citrus limon* (L.) Burn.f.] e tangerina (*Citrus reticulata* Blanco e *Citrus deliciosa* Ten.), em 2017, foi em torno de 730 mil ha, com uma produção de aproximadamente 20 milhões de toneladas (IBGE, 2019).

Dentre os fatores que têm contribuído para o aumento da área cultivada com citros no Brasil, estão as condições edafoclimáticas favoráveis, o estabelecimento de indústrias para o processamento de frutos visando à produção de suco concentrado congelado e também o potencial de crescimento dos mercados interno e externo (MEDEIROS et al., 2013).

A laranja é a fruta que mais se destaca no Brasil, dentre os citros, com uma área total de 637.961 hectares, que garante ao Brasil o título de maior produtor mundial do fruto (IBGE, 2019). Devido a laranja brasileira apresentar boas qualidades, sendo uma delas a baixa acidez, ideal para a produção de suco, cerca de 98% da produção de laranjas do país é voltada para a fabricação de sucos e os 2% restantes, destinados ao consumo *in natura* (FRANCO, 2016). O suco produzido no Brasil equivale a 60% da produção mundial e 98% da produção do país é destinada à exportação (USDA, 2018).

A produção brasileira de laranja está distribuída por todas as regiões do país mas, a região Sudeste é a principal produtora, com aproximadamente 81,80% do total. O Estado de São Paulo é o principal produtor e exportador do Brasil, com 76% da produção brasileira de laranja. Juntamente com o Estado de São Paulo, os maiores produtores nacionais de laranjas são Minas Gerais (5,44%), Paraná (4,99%) e Bahia (3,81%) (IBGE, 2019).

## 2.4 CULTIVO DE CITROS NO NORTE DO BRASIL

O Norte do Brasil possui um imenso potencial para a produção de frutos cítricos, face às várias regiões com aptidão agroclimática para o cultivo destas frutas, além de contribuir com a renda dos produtores durante o ano todo, desde que bem manejada.

O clima predominante da região Norte é quente, com temperatura média acima de 18°C, e varia de semiúmido, com 04 a 05 meses secos (Cerrado de Roraima), até superúmido sem seca ou subseca (Acre, Amazonas e Roraima). As precipitações são bastante variáveis em função de cada estado, podendo ultrapassar os 3555 mm anuais. Nos meses de outubro a abril, as chuvas são mais intensas e nos meses de junho a agosto há um período de estiagem (INMET, 2017). Todavia, há disponibilidade hídrica para suprir as necessidades dos citros que são de 600 a 1300 mm de água bem distribuídos durante o ano, podendo ser complementada com irrigações nas épocas secas (LEDO et al., 1999).

Os solos predominantes da região pertencem às ordens dos Latossolos (33,86%) e dos Argissolos (24,40%). Esses solos são caracterizados por apresentar baixa fertilidade natural (pobres em fósforo e em macro e micronutrientes), acidez elevada, alta saturação de alumínio e baixa capacidade de troca de cátions, o que diminui significativamente a capacidade produtiva dessa região (MATOS; CARRASCHI, 2017).

A área plantada com citros no Norte do Brasil, em 2017 foi de 30.620 ha. Cerca de 81% dos citros produzidos na região são oriundos de cultivos do Estado do Pará. As laranjeiras-doce correspondem a 78% dos citros cultivados na região. No norte do Brasil a produtividade média de laranjas é baixa (15,18 t ha<sup>-1</sup>) se comparada a de outras regiões brasileiras como o sudeste e o sul com cerca de 32 e 25 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As maiores produtividades média de laranjas na região são encontradas nos estados do Pará (16,53 t ha<sup>-1</sup>), Acre (14,80 t ha<sup>-1</sup>) e Amazonas (13,55 t ha<sup>-1</sup>), sendo todas inferiores à média nacional (27,64 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2019).

O Acre ocupa o segundo lugar na produção de laranjas, atrás apenas do Pará. O Estado não possui restrição climática para a expansão do cultivo de citros, uma vez que a temperatura média varia entre 20 °C a 31,3 °C, com média de 25,8 °C, e a precipitação média é de 1700 mm anuais (LEDO et al., 1997a; LESSA et al., 2009). Segundo Mattos Júnior et al. (2005) a temperatura ideal para a cultura da laranjeira varia entre 23 e 33 °C, precipitação de 1200 mm bem distribuídos ao longo do ano e umidade relativa do ar alta.

Quando cultivada em regiões com umidades acima de 40 °C e abaixo de 13 °C, a taxa de fotossíntese diminui, e conseqüentemente ocorrem perdas de produtividade.

O Acre ocupa o segundo lugar na produção de laranjas, atrás apenas do Pará. O Estado não possui restrição climática para a expansão do cultivo de citros, uma vez que a temperatura média varia entre 20 °C a 31,3 °C, com média de 25,8 °C, e a precipitação média é de 1700 mm anuais (LEDO et al., 1997a; LESSA et al., 2009). Segundo Mattos Júnior et al. (2005) a temperatura ideal para a cultura da laranjeira varia entre 23 e 33 °C, precipitação de 1200 mm bem distribuídos ao longo do ano e umidade relativa do ar alta. Quando cultivada em regiões com umidades acima de 40 °C e abaixo de 13 °C, a taxa de fotossíntese diminui, e ocorrem perdas de produtividade.

No que se refere as características edáficas, no Acre ocorrem diversas classes de solos, onde predominam os Argissolos (38,30%) e os Cambissolos (31,56%). Os Latossolos ocupam apenas 3,15% da área do estado, são encontrados, principalmente, no entorno da Rodovia BR 317 em direção aos municípios de Capixaba, AC e de Boca do Acre, AM (ARAÚJO; BARDALES, 2008).

As laranjeiras se desenvolvem melhor e produzem mais quando cultivadas em solos profundos e permeáveis, com boa fertilidade (pouco ácidos - pH entre 5 e 6 - e com ampla reserva de nutrientes). Por outro lado, solos pouco profundos, muito argilosos ou com camadas subsuperficiais compactadas, arenosos, pedregosos, alcalinos, ácidos e salinos são limitantes ao desenvolvimento do sistema radicular da cultura. No Brasil, as laranjeiras são cultivadas principalmente nos Latossolos, Argissolos e Neossolos (MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

Portanto, no estado, as condições são favoráveis ao cultivo de citros, com algumas limitações no que se refere à baixa fertilidade dos solos e à existência de um período de estiagem de junho a setembro. Porém, apesar do alto potencial para a produção de citros no Acre, a atividade ainda tem pequena expressão econômica e não atende à demanda local, sendo necessário importar os frutos de outros estados, principalmente de São Paulo (ANDRADE NETO et al., 2011b).

No Acre, os citros geralmente são cultivados por pequenos produtores em chácaras e sítios, onde a maioria das etapas do sistema de produção é realizada pela mão de obra familiar ou com pouco uso de tecnologia, o que contribui para a baixa produtividade. Apesar da existência de recomendações para o cultivo de citros na região realizada por Ledo et al. (1997a; 1997b), em geral, seu sistema de produção se baseia nas recomendações prescritas para outros estados, principalmente do Sudeste

e Nordeste. Baseados nos trabalhos desenvolvidos em outros estados, os produtores e extencionistas fazem adaptações em relação a produção de mudas, cultivares, espaçamentos, plantio, irrigação, adubação, controle de pragas, doenças, de plantas daninhas, entre outros tratos culturais, demonstrando que há carência de pesquisas voltadas à realidade de cada local.

Por falta de conhecimento, os solos são manejados de forma inadequada, grande parte das mudas vem de outros estados ou apresenta baixa qualidade e, praticamente não há controle de pragas e doenças. Devido à escassez de informações quanto ao comportamento produtivo, no Acre são cultivadas variedades não recomendadas, com predominância de um único porta-enxerto (limoeiro 'Cravo') e da copa laranja 'Pera Rio', o que faz com que a produção seja concentrada em apenas um período do ano. Esses fatores têm elevado os riscos de insucesso da cultura e afetado a produção qualitativa e quantitativamente, o que tem prejudicado a expansão da citricultura no Acre (LEDO et al., 1999; ANDRADE NETO et al., 2011a; MESQUITA et al., 2015).

Portanto, estudos que avaliem o desenvolvimento de novas variedades copas que melhor se adaptam à região, com respostas mais eficientes em produção de frutos podem contribuir para abastecer o crescente mercado local e melhorar a qualidade dos frutos, além de reduzir os custos e impostos com a importação (ANDRADE NETO et al., 2011a; LESSA et al., 2009).

## 2.5 PRINCIPAIS VARIEDADES COPAS DE LARANJEIRAS USADAS NO BRASIL

O grupo das laranjeiras doces [*C. sinensis* (L.) Osbeck] é o de maior importância econômica e predominam na maioria dos países citrícolas com dois terços dos plantios. As cultivares Pera, Valência e Natal são as mais conhecidas no subgrupo das laranjas doces comuns, sendo também as mais plantadas e comercializadas no Brasil (BASTOS et al., 2014). Em seguida tem-se a Hamlin, Bahia, Lima, Piralima, Baianinha, Rubi, Westin, Folha Murcha e Lima Tardia, com baixos percentuais de plantio (BEBER, 2013). No Estado de São Paulo são encontrados os maiores plantios de laranja doce do país, onde a produção é destinada, principalmente ao processamento de suco concentrado congelado (BASTOS et al., 2014).

A laranjeira 'Pera' é a cultivar mais plantada no país, com cerca de 38% de plantas, e apresenta frutos excelentes para o consumo *in natura* ou no processamento para suco, tanto para o mercado interno quanto para industrialização (POMPEU

JUNIOR, 2005). Essa variedade apresenta maturação mediana ou meia-estação e está apta para colheita entre 10 e 14 meses após a antese (BASTOS et al., 2014).

A laranjeira 'Valência', com cerca de 34% do total de plantas, é a de maior importância no mundo e se destaca no mercado brasileiro por apresentar boa produtividade, tamanho adequado dos frutos, produção tardia e por se manterem na planta por longo período após a maturação. Porém, seus frutos são mais indicados para a industrialização, pelo maior rendimento e qualidade do suco (BASTOS et al., 2014).

A laranjeira 'Natal' presente em cerca de 11% dos plantios de laranjeiras-doce, apresenta frutos de excelente qualidade tanto para o consumo *in natura* como para a industrialização. Os frutos apresentam maturação tardia e juntamente com a 'Valência', contribui para o prolongamento da safra da laranja 'Pera'. Essas três variedades correspondem a mais de 80% da citricultura de São Paulo (PIO et al, 2005).

A cultivar de laranjeira 'Bahia', originária de mutação em uma planta da variedade Seleta, apresenta frutos apirênicos destinados ao mercado interno de fruta fresca. Essa variedade já não é tão frequente em plantios, devido à queda na exportação da laranja 'Baianinha' e também, porque os frutos da laranja 'Bahia' não têm apresentado os preços esperados pelo produtor no mercado interno (PIO et al., 2005).

A cultivar 'Folha Murcha', originária de mutação espontânea da 'Pera', 'Valência', 'Natal' ou 'Seleta', é uma planta que possui folhas retorcidas, tolera à seca, apresenta maturação tardia, é produtiva e seus frutos se parecem com os das variedades Natal e Valência, porém com casca fina e alaranjada (BASTO et al., 2014).

## 2.6 RECOMENDAÇÕES DE CULTIVARES DE LARANJEIRA NO NORTE DO BRASIL

A recomendação de novas cultivares mais produtivas e adaptadas às condições edafoclimáticas locais com frutos de boa qualidade é um importante fator a ser considerado para o desenvolvimento da citricultura em nível regional. Na região Norte já foram recomendadas algumas cultivares de laranjeiras-doce visando diminuir o período de entressafra, reduzir a importação de frutas cítricas de outras regiões do país e como forma de viabilizar a citricultura na região (LEDO et al., 1999).

No Amazonas, as principais variedades de laranja recomendadas são 'Pera rio' (clones D-6 e D-9), 'Natal', 'Valência' e 'Westin'. No Estado também são encontradas cidras e tangerina Cleópatra (*Citrus reshni*) e citrumelo (*Poncirus trifoliata* X *Citrus paradisi*) (SILVA et al., 2007).

No Pará, a variedade de laranja recomendada para a região é a 'Pera Rio', porém há registros de produtores que utilizam as cultivares 'Natal', 'Valência' e 'Baianinha', tangerineiras 'Ponkan' e 'Murcott', e limeira ácida 'Tahiti' (VELOSO et al., 2000).

No Acre, a laranja 'Pera' é uma das frutas mais comercializada e importada, principalmente dos estados de São Paulo e Rondônia (ANDRADE et al., 2011b). Devido à baixa diversificação de variedades copas, a colheita de frutos, concentra-se nos meses de abril a julho. A forte demanda por frutos tem estimulado o desenvolvimento de diversas pesquisas com a laranjeira, no intuito de gerar alternativas tecnológicas mais adequadas para seu cultivo, visando aumentar a produção e a longevidade dos pomares. A maioria dessas pesquisas são direcionadas ao desenvolvimento de novas cultivares copas, com diferentes épocas de produção, para suprir a demanda local por frutos na maior parte do ano (GONDIM et al., 2001).

A Embrapa Acre recomendou as cultivares de laranjeiras-doce 'Aquiri', 'Pera D6', 'Natal 112' e 'Valência 27' por se destacarem quanto à produção média de frutos por planta e boas características comerciais para o consumo *in natura* no mercado interno e pela adequada produção apresentada pela 'Valência 27' à indústria de suco concentrado (LEDO et al., 1997a; LEDO et al., 1997b; LEDO et al., 1999). Ledo et al. (1999) não recomendam as laranjeiras pertencentes ao grupo Baía ('Baía 101', 'Baianinha IAC 79' e 'Monte Parnaso') por não se adaptarem às condições de Rio Branco, Acre.

A cultivar 'Aquiri' também conhecida como Murilosa foi obtida a partir de coletas realizadas em Rio Branco, Acre, e selecionada pela Embrapa após avaliações em campo. Essa cultivar é representada por árvores de porte médio com alto vigor vegetativo. O início da produção econômica, em média 163 kg por planta, ocorre quatro anos após o plantio, sendo que a época de produção concentra-se no período de abril a junho, com safras menores nos meses de fevereiro e julho (LEDO et al., 1997b).

As cultivares 'Natal 112' e 'Valência 27' também iniciam sua produção quatro anos após o plantio, em média de 160 e 140 kg por planta, respectivamente, quando enxertadas sobre o limoeiro cravo. São consideradas de meia estação, pois a produção concentra-se nos meses de julho a agosto (LEDO et al., 1997a; LEDO et al., 1999).

A cultivar 'Pera D6' foi avaliada por Rodrigues (2018), no período de 2013 a 2017 (quatro a oito anos após plantio) e apresentou produtividade média de 190,60 kg/planta), quando enxertadas sobre o limoeiro 'Cravo Santa Cruz'.

Apesar da recomendação dessas cultivares para o Acre, a produção concentra-se em apenas um período do ano, de abril a agosto (GONDIM et al., 2001). Rodrigues

(2018) ao avaliar o desempenho das cultivares ‘Pera’ e ‘Valência’ sobre diferentes porta enxertos obteve colheita dos frutos em diferentes épocas do ano, conforme a época de amadurecimento dos frutos de cada copa. A laranjeira ‘Pera’ foi colhida de maio a junho, e a ‘Valencia’ de julho a agosto. Dessa forma, mesmo com a indicação dessas variedades, atualmente há demanda por diversificação de genótipos que possibilitem o escalonamento da produção durante o ano todo, já que a maioria da laranja comercializada é oriunda de importação (RODRIGUES, 2018).

## 2.7 MELHORAMENTO GENÉTICO DE CULTIVARES COPAS DE CITROS

De maneira geral, o melhoramento genético de plantas tem como objetivo a obtenção de cultivares mais produtivas e melhor adaptadas ao ambiente, que possuam características capazes de corrigir deficiências específicas das cultivares. Na citricultura, o melhoramento genético é direcionado tanto para a obtenção de cultivares copas, porta-enxerto, como para a interação entre eles (OLIVEIRA et al., 2014a).

No que diz respeito às cultivares copas, a finalidade do melhoramento depende principalmente do destino dos seus frutos. O melhoramento genético de cultivares copas de citros para a produção de frutos destinado a mesa busca principalmente, obter cultivares mais produtivas, com frutos mais saborosos, fáceis de descascar, sem sementes, com coloração intensa da casca, da polpa e do suco, que possuam épocas de produções precoces e tardias, alto teor de sólidos solúveis, acidez equilibrada e tolerantes aos principais fatores bióticos e abióticos (OLIVEIRA et al., 2014a).

Quanto às cultivares copa para a produção de frutos destinados a indústria, busca-se com o melhoramento genético maior produção de sólidos solúveis totais (SST) por área cultivada, maior porcentagem de suco por fruto e ampliação do período de colheita (SPIEGEL-ROY; GOLDSCHMIDT, 2008).

O primeiro programa oficial de melhoramento genético de citros, coordenado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – United States Department of Agriculture (USDA), foi criado na Flórida, em 1893. A partir daí, foram obtidos muitos avanços, principalmente nos Estados Unidos, Brasil, Espanha, França, Itália, China, Japão, Israel, Austrália, África do Sul, dentre outros (OLIVEIRA et al., 2014a).

No Brasil, foi criada a Estação Experimental de Limeira (EEL) em 1928, que atualmente é o Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros Sylvio Moreira, vinculado ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pertencente à

Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Em 1930, foram implantados os primeiros experimentos visando o estabelecimento de uma coleção de variedades e a descoberta do emprego de seedlings nucelares para obter clones, fato que contribuiu para o sucesso da citricultura paulista (RODRIGUEZ et al., 1991).

No final da década de 80, foi iniciado o programa de hibridações na Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA. Dessa forma, parte da diversidade genética existente entre os citros é armazenada nos bancos de germoplasmas (BAGs) da Embrapa Mandioca e Fruticultura e no Centro de Citricultura Sylvio Moreira, em Cordeirópolis, SP. Apesar da maioria dos BAGs serem mantidos no campo, parte dos germoplasmas está sendo transferida para ambientes protegidos com o intuito de evitar certas doenças, como o Huanglongbing (HLB) (OLIVEIRA et al., 2014a).

Como as espécies comerciais são propagadas vegetativamente, a seleção massal foi a via mais rápida de melhoramento dos citros, promovendo o surgimento de novas seleções que se tornaram variedades comerciais (MACHADO et al., 2005). Entretanto, o melhoramento de citros pode ser feito por meio da introdução de cultivares, pois esta é uma estratégia simples em virtude da rapidez na obtenção de resultados e pelo custo. Segundo Negreiros et al. (2014), a introdução e a avaliação de genótipos para a seleção de plantas com características desejáveis e adaptadas, é o método mais rápido e eficaz para a obtenção de variedades de alto potencial agrícola. No Brasil, novas cultivares vêm sendo introduzidas e avaliadas e, dessa forma, a base genética dos pomares vem sendo ampliada, fortalecendo a citricultura brasileira (BASTOS et al., 2014).

O melhoramento genético da laranjeira é bastante demorado e oneroso, devido algumas limitações biológicas e físicas. Dentre as peculiaridades apresentadas pela laranjeira destacam-se, a exigência de grandes áreas experimentais, ciclo reprodutivo longo, acentuada oscilação de produção, sobreposição de geração e a expressão dos caracteres ao longo de vários anos (VIANA; RESENDE, 2014). A necessidade de grandes áreas experimentais até a maturidade da planta torna a pesquisa mais demorada e eleva seus custos. Além disso, é comum observar a morte de plantas, gerando dados desbalanceados. Nesse caso, a utilização da análise de variância tradicional (ANOVA) não seria eficiente e poderia levar às estimativas imprecisas de componentes de variância.

Para garantir o sucesso do melhoramento genético é necessária a utilização de delineamentos genéticos e experimentais eficientes, além de procedimento de seleção



que explorem todos os atributos favoráveis destes delineamentos. Além disso, no melhoramento de plantas perenes, o melhorista deve se basear em seus valores genotípicos e não em suas médias fenotípicas, uma vez que estas não se repetem.

Portanto, é necessária a utilização de métodos estatísticos apropriados para contornar os entraves apresentados pela cultura e o desbalanceamento de dados. Nesse caso, para a obtenção de estimativas acuradas o procedimento mais indicado é o REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor preditor linear não viesado) (RESENDE, 2016).

## 2.8 METODOLOGIA DOS MODELOS MISTOS (REML/BLUP)

A seleção é um problema estatístico, pois o objetivo é selecionar uma parte da população que pode ser identificada pelos seus valores genéticos. Neste caso, são utilizados os modelos estatísticos para explicar as variações de uma variável dependente por meio dos diferentes efeitos atribuídos a um outro grupo de variáveis independentes.

Um modelo estatístico pode possuir fatores com efeitos fixos e/ou aleatórios, dependendo da natureza amostral dos genótipos. No modelo fixo são considerados todos os fatores de efeito fixo, exceto o erro. No modelo aleatório, apenas a constante populacional é considerada fixa (EISENHART, 1947; HENDERSON, 1975). Porém, quando o modelo contém efeitos fixos e aleatórios, além da média e do erro, ele é chamado de modelo misto (FRITSCH NETO et al., 2010).

A escolha dos efeitos do modelo deve ser feita de acordo com os objetivos da pesquisa. No modelo fixo, os níveis em estudo são escolhidos pelo pesquisador e as conclusões são restritas aos genótipos estudados. Esse modelo é adotado quando o interesse é a estimação das médias fenotípicas ajustadas para fins de ranqueamento e seleção. No modelo aleatório, os níveis em estudo correspondem a uma amostra aleatória de uma população de referência, onde o interesse é a estimação de componentes de variância e covariância dos efeitos aleatórios. Nesse caso, a inferência é ampliada para população de referência, enquanto que para efeitos fixos, a inferência é restrita ao nível do fator em estudo (ANDRADE, 2013). No modelo misto é incluída uma matriz de variância/covariância para modelar a parte aleatória (LITTELL et al., 2006).

A identificação do modelo estatístico adequado é necessária para uma análise próxima da realidade (HENDERSON, 1984). Dessa forma, é possível selecionar com precisão, genótipos que reúnam o maior número possível de genes favoráveis (LEITE,

2012). Porém, a escolha do modelo estatístico não é uma tarefa fácil, pois todos possuem vantagens e desvantagens, e esta escolha dependerá dos dados experimentais, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (CRUZ et al., 2014).

A estimação dos componentes de variância e o ranqueamento dos genótipos pode ser alterado de acordo com a escolha do modelo (DUARTE; VENCONVSKY, 2001). É importante destacar que o termo estimação é usado para efeitos fixos e predição para efeitos aleatórios. Embora a nomenclatura utilizada não modifique o método estatístico (RESENDE, 2002). Em experimentos com delineamentos ortogonais e balanceados, mesmo o modelo sendo misto, a estimação de médias em modelo fixo não altera a ordenação dos genótipos (DUARTE; VENCOVSKY, 2001).

Durante muito tempo a análise de variância (ANAVA) e a análise de regressão, de efeitos fixos, possibilitaram a obtenção de modelos estatísticos (RESENDE et al., 2007). Após o estabelecimento da ANOVA, a maioria dos procedimentos estatísticos propostos, tiveram sua utilização limitada, porém os modelos mistos se destacaram.

No melhoramento de plantas é comum o uso de análise estatística baseada em modelo fixo para estimação de parâmetros genéticos e comparação de médias de tratamentos por meio da análise de variância. Nesse modelo todos os efeitos são fixos, exceto o erro experimental, que é sempre aleatório. Porém, segundo Resende (2007), em melhoramento genético, os efeitos de genótipos devem ser considerados aleatórios. Assim, é possível predizer os valores genotípicos para toda população a partir de uma amostra avaliada.

De acordo com Resende (2007), apesar da seleção genotípica ser tradicionalmente baseada em características fenotípicas, onde as estimações dos parâmetros genéticos e as médias fenotípicas são obtidas a partir da análise de variância, a apresentação destas médias não é recomendável, pois os efeitos de erros (bloco, parcela e erro aleatório) estão embutidos nas médias fenotípicas.

Segundo Resende (2004), a única forma de fazer seleção genética é quando se considera os efeitos dos genótipos aleatórios, caso contrário, a seleção é fenotípica. Pois, esta é a única forma de eliminar os efeitos residuais contidos nos dados fenotípicos. Já os efeitos dos ambientes (blocos, locais, anos) podem ser fixos ou aleatórios. Dessa forma, no melhoramento genético, os modelos sempre devem ser aleatórios ou mistos com genótipos aleatórios.

Portanto, a ordenação dos genótipos durante o processo de seleção deve ser baseada em seus valores genotípicos, pois são estes os verdadeiros valores a serem

preditos. Segundo Borges et al. (2010), durante o processo de seleção, é essencial que se tenha a certeza da superioridade genética do indivíduo por meio da utilização de verdadeiros valores genotípicos e não baseando-se em médias fenotípicas.

A estruturação dos procedimentos de seleção baseia-se na estimação dos componentes de variância e na predição dos valores genéticos dos candidatos à seleção (RESENDE; STURION, 2001). Pela metodologia da ANOVA, os componentes de variância geralmente são estimados por meio dos quadrados mínimos. No entanto, com essa abordagem estatística, nem sempre é possível explorar toda a informação genótipo-ambiente devido as exigências necessárias para que as estimativas sejam precisas e não tendenciosas, como por exemplo, parcelas balanceadas (HU, 2015).

Nesse aspecto, a metodologia dos modelos mistos é uma alternativa aos modelos de ANOVA, pois simplifica e unifica diversas análises estatísticas comuns, permite modelar efeitos fixos e aleatórios além do erro experimental e permite estruturar a informação de covariância (FREITAS et al., 2013). Além disso, é considerada um método ótimo para análise de dados de espécies perenes por diminuir o viés e o erro quadrático médio na análise dos dados (RESENDE, 2007).

A metodologia dos modelos mistos envolve a predição simultânea de valores genéticos e a estimativa de componentes de variância. O método mais utilizado para prever valores genéticos é o BLUP (Melhor preditor linear não viesado) (HENDERSON; QUAAAS, 1976). A predição realizada pelo BLUP pressupõe que os componentes de variação são conhecidos. No entanto, na prática estes valores são desconhecidos, e devem ser precisos. Nesse caso, é estimado o BLUP empírico (HARVILLE; CARRIQUIRY, 1992). Atualmente, o método padrão para estimar os componentes de variância é o REML (Máxima verossimilhança restrita) (VIANA; RESENDE, 2014). Portanto, a metodologia dos modelos mistos consiste em utilizar estes dois métodos juntos, o chamado REML/BLUP (RESENDE, 2016).

Portanto, os componentes de variância são estimados por máxima verossimilhança restrita (REML). Os valores genotípicos, considerados de efeito aleatório, são preditos pelo melhor preditor linear não viciado (BLUP) e os efeitos de blocos, local e ano que, em modelos mistos, podem ser considerados como fixos ou aleatórios, são estimados por meio do BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator* ou melhor estimador linear não viesado) quando considerados de efeitos fixos (FARIAS NETO et al., 2009; RODRIGUES et al., 2013).

O REML (*Restricted Maximum Likelihood*) foi proposto por Patterson e Thompson (1971). Este método possibilita a obtenção de componentes de variância em situações onde não há normalidade e balanceamento de dados, permitindo que estas estimativas não sejam negativas. Além disso este método é não viesado. Pois, o vício é eliminado com a utilização de uma matriz de parentesco. Dessa forma, os componentes de variância de uma população são estimados e os valores genéticos de indivíduos são preditos com precisão (RESENDE et al., 2014).

O BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) foi desenvolvido por Henderson (1975) como uma forma de predição dos efeitos aleatórios, ajustando os dados aos efeitos fixos e as desigualdades de informações por meio de modelos mistos. Dessa forma, em experimentos desbalanceados, a utilização do BLUP é a melhor estratégia de seleção devido sua acurácia seletiva (RESENDE, 2002).

Os modelos mistos começaram a ser utilizados no Brasil, a partir de 1991, com os trabalhos desenvolvidos por Freitas e Vencovsky (1993), Lopes et al. (1993) e Martins et al. (1993). Atualmente, a utilização desta metodologia é uma tendência no melhoramento genético de plantas perenes por ser um dos procedimentos genéticos-estatísticos mais refinados e devido a sua grande acurácia no processo seletivo (PIMENTEL et al., 2014). Por meio destes procedimentos são fornecidos parâmetros adicionais na identificação de genótipos superiores (MAIA et al., 2011).

As análises realizadas pelo BLUP consideram as informações obtidas no campo através da avaliação individual de todos os genótipos presentes na parcela (OLIVEIRA et al., 2011a). Porém, em alguns casos, nem todas as parcelas são avaliadas. Por isso, Resende e Barbosa (2006) desenvolveram o BLUP individual simulado, permitindo que a seleção seja realizada através de dados médios das parcelas e isso tem facilitado as avaliações experimentais no campo.

O BLUP prediz valores de nova média para os cultivos comerciais, ou seja, os valores médios que os clones em cultivos comerciais deverão produzir (BORGES et al., 2010). Silva et al. (2013) ao utilizarem valores genéticos para a seleção de clones de cajueiro anão precoce, verificaram a concordância de 60 a 80% na ordenação dos genótipos selecionados para os caracteres diâmetro da copa e altura de planta.

As principais vantagens na utilização da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação simultânea de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos são: estima parâmetros genéticos e prediz de maneira precisa e não viesada os valores genotípicos, conduzindo à maximização da acurácia e do ganho genético

com a seleção; pode ser aplicado a dados desbalanceados; não exige dados obtidos sob estruturas rígidas de experimentação; permite o uso simultâneo das informações do indivíduo, da família e de medidas repetidas no tempo, além de um grande número de informações provenientes de vários experimentos, gerando estimativas mais precisas; corrige os dados para efeitos ambientais, permite comparar indivíduos através do tempo e espaço; permite lidar com estruturas complexas de experimentos e heterogeneidade de variâncias, maximiza a eficiência dos programas de melhoramento (RESENDE; STURION, 2001; RESENDE, 2007; VIANA; RESENDE, 2014).

Com a utilização dos modelos mistos via REML/BLUP é possível aumentar a eficiência dos programas de melhoramento, pois as inferências estatísticas são baseadas em médias genéticas com objetivo de ranquear os genótipos candidatos a serem lançados como cultivares. Com essa metodologia é possível obter estimativas de valores de variância, genotípicos, genéticos aditivos e genotípicos de indivíduos com alta acurácia (GOMES JUNIOR et al., 2015). Além disso, é possível obter informações específicas sobre o mérito de progênie, de indivíduos na progênie, considerando até mesmo o ambiente da repetição onde o indivíduo está localizado (RESENDE, 2007).

Diversos trabalhos comprovaram a eficiência do BLUP em relação a ANOVA. Ramos et al. (2014) após compararem a seleção de genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) baseada nos valores fenotípicos e genotípicos, concluíram que a seleção genotípica via REML/BLUP foi a estratégia de maior consistência nos rankings individuais. Além disso, Pedrozo et al. (2009) verificaram uma maior precisão na seleção utilizado esta metodologia.

Ferreira et al. (2012) estimaram parâmetros e valores genotípicos por meio do procedimento REML/BLUP em cedro australiano (*Toona ciliata*), com medidas repetidas, por meio dos processos de avaliações convencionais e da introdução da digitalização. Os autores concluíram que, em situações de dados desbalanceados, o REML/BLUP é o mais adequado.

Santos (2014) comparou a ANOVA (Quadrados mínimos) e REML/BLUP na estimação de componentes de variância e seleção de genótipos de amendoim forrageiro com dados simulados. De acordo com a autora, apesar de ambas as metodologias serem eficientes para estimar componentes de variância e ranquear genótipos de amendoim forrageiro, em dados desbalanceados ou com grande número de genótipos, o método REML/BLUP é superior.

Como o REML/BLUP permite a seleção de indivíduos com os maiores valores genéticos, sua utilização é bastante recomendada para a seleção de espécies vegetais perenes. Diversos autores relataram a eficiência deste método no melhoramento de plantas perenes (FARIAS NETO et al., 2009; PEDROZO et al., 2009; RODRIGUES et al., 2013; FREITAS et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014b; PINTO et al., 2014; LUCIUS et al., 2014; MAIA et al., 2016a; SILVA et al., 2013; MAIA et al., 2016b; BERTOLDO et al., 2017; SANTOS et al., 2017; SANCHEZ et al., 2017; ARRIEL et al., 2016; MAIA et al., 2017; FERREIRA et al., 2016; SILVA et al., 2017; LEÃO et al., 2018; SALES et al., 2019).

Embora a metodologia dos modelos mistos seja amplamente utilizada no melhoramento genético de plantas perenes, em Citros sua utilização não é comum, sendo citado até o momento nos trabalhos de Pompeu Junior et al. (2013) e Gois (2016).

## 2.9 PARÂMETROS GENÉTICOS

O melhoramento genético depende da correta escolha dos indivíduos que serão utilizados como genitores, assim, a estimação de parâmetros genéticos é a base indispensável para o sucesso do programa (FARIAS NETO et al., 2013). Segundo Pires et al. (2011) parâmetro é o valor que caracteriza uma população para determinada variável. Esse termo é utilizado para designar características referentes a população, sobretudo média e variância.

Os parâmetros genéticos são de fundamental importância em programas de melhoramento, pois auxiliam os melhoristas na tomada de decisão. Suas estimativas permitem identificar a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e isso orienta o pesquisador na escolha de delineamentos eficientes na seleção de genótipos superiores, e também o peso que deve ser atribuído a cada caráter, ou seja, se ele deve ser analisado individualmente ou em conjunto com outras características (RESENDE, 2007; VASCONCELOS et al., 2010).

No melhoramento de plantas perenes é importante conhecer alguns parâmetros como: componentes de variâncias, repetibilidade, correlações e herdabilidades no sentido amplo e restrito, sendo estes considerados de maior importância (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; RESENDE, 2002). Nesse sentido, é importante obter estimativas precisas dos componentes de variância para a predição de valores genéticos e para maximizar a acurácia da seleção em programas de melhoramento.

A variância genotípica pode ser dividida em: variância genética aditiva (refere-se aos efeitos médios dos genes), variância de dominância (indica as interações entre alelos de um mesmo loco) e variância epistática (atribuída a interações entre alelos de locos diferentes) (VIANA; GONÇALVES, 2005).

A herdabilidade ( $h^2$ ) é um parâmetro que mede no fenótipo a proporção relativa das influências genéticas e ambientais, além de indicar o grau de facilidade ou dificuldade para melhorar determinados caracteres (PIRES et al., 2011). Esse parâmetro é um dos que mais fornece informações ao melhorista. A partir de suas estimativas é possível prever a possibilidade do sucesso com a seleção, uma vez que reflete a proporção herdável da variação fenotípica (RAMALHO et al., 2012).

Portanto, no melhoramento genético, a herdabilidade é o parâmetro genético de maior importância, pois auxilia o pesquisador na adoção dos procedimentos e estratégias a serem adotadas nas etapas do desenvolvimento de uma cultivar (FALCONER, 1987; LUCIUS et al., 2014). A herdabilidade pode ser estimada no sentido amplo ( $h_g^2$ ), no sentido restrito ( $h_a^2$ ) ou com base na média das avaliações ( $h_{med}^2$ ). No sentido amplo, a herdabilidade é definida como a razão da variância genotípica pela variância fenotípica, ou seja, considera toda a variação genética aditiva e não aditiva; no sentido restrito, é a razão da variância genética aditiva pela variância fenotípica (CRUZ et al., 2014).

Segundo Borém et al. (2017), a herdabilidade no sentido restrito é mais útil que a herdabilidade no sentido amplo, pois quantifica a proporção aditiva da variância genética que pode ser transmitida para a próxima geração. A herdabilidade no sentido amplo é utilizada para plantas de propagação assexuada, em que o genótipo é herdado integralmente pelos descendentes (VIANA; GONÇALVES, 2005). Já com as estimativas das herdabilidades da média de genótipos é possível atingir alta precisão, em razão da diminuição dos erros experimentais, pelo incremento proporcional do número de repetições (ROSADO et al., 2012).

De acordo com Resende (2002), a herdabilidade varia de 0 (quando a variação entre indivíduos é unicamente de natureza ambiental) a 1 (quando toda a variação expressa é de natureza genética entre os mesmos), podendo ser classificada como de magnitudes baixa (0,01 a < 0,15), moderada (0,15 a ≤ 0,50) ou alta (>0,50). Portanto, a herdabilidade alta indica boas possibilidades de ganho com a seleção e revela que o controle genético pode ser alto e com pouca influência ambiental nos fenótipos. A magnitude deste parâmetro depende de diversos fatores, como o maior controle ambiental ou genético da própria característica, a diversidade na população, tamanho da amostra, tipo de ambiente e precisão experimental (PIRES et al., 2011).

A herdabilidade passa a ser chamada de coeficiente de determinação genotípico em gerações avançadas, quando os genótipos já foram fixados, devido ao alto nível de homozigose (VASCONCELOS et al., 2012).

A correlação genotípica entre as características de interesse é outro importante parâmetro genético. Esse parâmetro reflete a porção genética da correlação fenotípica, sendo a única de natureza herdável (FALCONER, 1987). A correlação genotípica é utilizada para nortear os programas de melhoramento genéticos pois otimiza o ganho de seleção, com isso o pesquisador pode planejar estratégias de seleção alternativas para maximizar os ganhos ou ainda avaliar um menor número de características, reduzindo os custos com mão de obra (TEIXEIRA et al., 2012).

A partir das estimativas dos parâmetros genéticos são obtidas informações que podem auxiliar o melhorista no lançamento de novas cultivares. Portanto, é importante compreender o resultado dessas estimativas para conhecer a estrutura genética da população e fazer deduções de sua variância genética (BALDISSERA et al., 2014).

## 2.10 ANÁLISE DE DADOS E SELEÇÃO GENOTÍPICA COM MEDIDAS REPETIDAS

Em plantas perenes, a presença de ciclos produtivos torna o melhoramento genético dessas espécies diferenciado de plantas anuais, devido as oscilações na produção ao longo do tempo. As medidas repetidas de um mesmo indivíduo ao longo do tempo são necessárias para garantir a certeza de sua superioridade genética durante o processo de seleção (NEGREIROS et al., 2008). No entanto, para comparar materiais genéticos de diferentes safras e obter informações fidedignas, a influência dos ciclos produtivos deve ser removida por meio de modelagem estatística, a exemplo da análise de medidas repetidas (CECON et al., 2008; MARIGUELE et al., 2011).

No melhoramento de plantas perenes, geralmente são utilizados longos períodos de avaliações. Porém, de acordo com Resende et al. (2005), os ciclos de seleção de plantas perenes devem ser encurtados e os melhoristas devem ter maior agressividade no lançamento de cultivares. Pois, a acumulação de dados experimentais na mesma geração pouco impacta o melhoramento de plantas perenes. Segundo Resende (2002), o número de avaliações realizadas em plantas perenes geralmente varia de 3 a 6 anos de colheitas, pois um número maior de colheitas compromete a eficiência dos programas de melhoramento pelo tempo de duração.

Como os experimentos com plantas perenes, geralmente demandam muito tempo, faz-se necessário utilizar técnicas que indiquem antecipadamente quais são os melhores



genótipos. Dentre as técnicas mais utilizadas para isso estão as correlações fenotípicas entre variáveis ao longo do período (PIMENTEL et al., 2008). Porém, a existência de valores altos de correlação nem sempre indicam a real associação entre duas variáveis.

Uma outra estratégia para selecionar antecipadamente genótipos e de forma precisa é utilizando o REML/BLUP (RESENDE et al., 2007). Nessa metodologia a predição do desempenho do genótipo é realizada por meio da estimativa dos coeficientes de repetibilidade. Repetibilidade é a correlação existente entre medidas de um caráter, de um mesmo indivíduo, com avaliações realizadas no tempo. O coeficiente de repetibilidade expressa a variância total que é explicada pelas variações proporcionadas pelos genótipos e pelas alterações permanentes do ambiente comum que atuam os genótipos (CRUZ; REGAZZI, 2001; CRUZ et al., 2014).

Com o coeficiente de repetibilidade é possível avaliar o dispêndio de tempo, de mão de obra e número de avaliações fenotípicas necessárias para que a seleção dos indivíduos seja realizada com menos custos e com maior acurácia (BRUNA et al., 2012). Segundo Cruz et al. (2014), com o coeficiente de repetibilidade são estimados o número de medições necessárias para predizer o valor real de um genótipo. Além disso, este coeficiente fornece o valor máximo que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir. Assim, quanto menores as variações proporcionadas pelo efeito permanente mais próximos serão os coeficientes de repetibilidade e de herdabilidade (BRAZ, 2012).

Segundo Resende (2002), a repetibilidade pode ser classificada em: alta ( $r > 0,60$ ); média ( $0,30 < r < 0,60$ ), e baixa ( $r < 0,30$ ). Assim, quando a repetibilidade do caráter é alta são necessárias poucas medições para predizer o valor real dos indivíduos, pois haverá pouco incremento da acurácia com o aumento do número de medições (FALCONER, 1987). Por outro lado, quando a repetibilidade do caráter é baixa, são necessárias várias repetições para que se alcance um valor de determinação satisfatório. Pois, com o aumento do número de medidas há redução nos valores das variâncias ambiental e fenotípica, o que representa ganho em precisão (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Geralmente, para valores de repetibilidade medianos, não é vantajoso aumentar o número de medidas para aumentar a precisão (FALCONER, 1987; CRUZ et al., 2014). Por isso, com o uso desse coeficiente o melhorista pode garantir maior eficiência em suas avaliações, por reduzir tempo e mão de obra necessários à conclusão da pesquisa (OLIVEIRA et al., 2011b).

### 2.10.1 Repetibilidade dos caracteres em citros

A produção de algumas espécies de citros é irregular ao longo dos anos. Além disso, esta cultura apresenta alternância de produção nas diferentes safras (DUARTE et al., 2011). Por esse motivo, é importante avaliar a produção das laranjeiras durante vários anos agrícolas consecutivos, a fim de identificar os mesmos indivíduos superiores ao longo das colheitas, pois espera-se que a resposta dos genótipos não se altere com os anos. Segundo Almeida (2017), em espécies perenes é necessário avaliar os genótipos durante várias safras para que a seleção seja realizada com maior precisão.

No melhoramento genético dos citros, os ensaios de competição de cultivares têm sido avaliados por meio de testes de comparações múltiplas, ano a ano ou pela produção total acumulada em um determinado período, normalmente superior a oito colheitas anuais, para a determinação dos melhores genótipos. Porém, devido ao longo prazo e a grandes áreas experimentais ocupadas, estes ensaios são dispendiosos, visto que demandam grande volume de recursos físicos e financeiros. Além disso, a longa duração desses experimentos pode resultar em perdas de parcelas, principalmente pela ocorrência de doenças como a gomose, a clorose variegada e o huanglongbing, onde a planta morre ou é eliminada para controlar a doença (SOUZA, 2010).

Diante do exposto, torna-se necessário encontrar métodos para antecipar, com segurança, a seleção dos genótipos superiores, mesmo em condições desfavoráveis (DUARTE; VENCOVSKY, 2001; SOUZA, 2010). Portanto, em um programa de melhoramento genético visando, por exemplo, aumentar a produção seria adequado que os resultados obtidos nas avaliações estejam mais próximos possíveis dos reais valores de cada genótipo e que as avaliações precoces sejam correspondentes a verdadeira capacidade produtiva (SOUZA, 2010).

Deste modo, entre as possibilidades para se encontrar o número de avaliações necessárias para se determinar antecipadamente quais são os genótipos superiores, encontra-se o emprego de correlação fenotípica entre variáveis ao longo do período, (CARVALHO et al., 2010; PIMENTEL et al., 2008). No entanto, nem sempre valores altos de correlação determinam a real existência de associação entre duas variáveis e neste caso, para uma seleção eficiente, pressupõe-se que os genótipos mantenham seu desempenho inicial por toda a sua vida produtiva.

A determinação do coeficiente de repetibilidade é outra forma de avaliar essa expectativa na predição do desempenho do genótipo, pois neste método é possível

fazer uma previsão do número de observações fenotípicas que devem ser realizadas para que a seleção dos genótipos seja eficiente e com menores custos. Este coeficiente é estimado pela proporção da variância total que é explicada pelas variações devidas ao genótipo e pelas variações permanentes (CRUZ et al., 2014).

Em plantas perenes propagadas por clone, como os citros, as estimativas do coeficiente de repetibilidade indica o nível de influência dos efeitos permanentes sobre o fenótipo observado e permite predizer o desempenho dos indivíduos. No melhoramento dessas espécies, a quantificação da repetibilidade é importante, pois permite estimar qual a quantidade mínima de avaliações necessária para que a expressão de determinada característica seja constante. Assim, quanto maior o valor da repetibilidade, melhor é a predição dos valores genéticos, possibilitando resultados acurados com menor dispêndio de tempo e mão de obra (VIANA; RESENDE, 2014).

Dada a importância do coeficiente de repetibilidade para programas de melhoramentos, estes têm sido estimados a partir de variáveis quantitativas em diversas espécies frutíferas perenes como laranjeiras-doces (NEGREIROS et al., 2008); pessegueiro (BRUNA et al., 2012; MATIAS et al., 2015); araçazeiro e pitangueira (DANNER et al., 2010); diplóides de bananeira (LESSA et al., 2014); goiabeira (ALMEIDA, 2017); guaranazeiro (NASCIMENTO FILHO et al., 2009); mangueira (MAIA et al., 2014; MAIA et al., 2017); pupunheira (BERGO et al., 2013); bacabi (OLIVEIRA; MOURA, 2010); macaúba (MANFIO et al., 2011); cirigueleira (LIRA JÚNIOR et al., 2014), mamoeiro (LUZ et al., 2015) e cajueiro (MAIA et al., 2016).

Apesar da importância da determinação do coeficiente de repetibilidade para os experimentos que visam indicar cultivares, em citros esses trabalhos são escassos. Existem alguns estudos com laranjeiras-doce avaliando a repetibilidade de suas características de produção e de qualidade de frutos (NEGREIROS et al., 2008; NEGREIROS et al., 2014). Para as características produtivas, os coeficientes de repetibilidade variaram entre 0,29 a 0,68, sendo necessário aproximadamente duas a 13 medições para predizer, com 85% eficiência, quais seriam os genótipos mais produtivos.

No entanto, esses estudos foram desenvolvidos utilizando a análise de variância tradicional (ANOVA) e a multivariada, o que reflete na amplitude dos resultados encontrados, podendo existir diferenças entre os valores encontrados quando as pressuposições de cada estimador não são atendidas (CRUZ et al., 2014). Com base nesses resultados, seria conveniente avaliar uma maior quantidade de experimentos,

com número variado de tratamentos e em diferentes condições experimentais para se prever com maior segurança o número adequado de avaliações.

A seleção de indivíduos superiores também pode ser realizada de forma precoce por meio da utilização de modelos estatísticos apropriados que possibilitem prever os valores genotípicos com maior nível de certeza, mesmo em condições desfavoráveis. Nesse sentido, torna-se necessário desenvolver estudos que visem mensurar as medidas repetidas de citros via modelos mistos, com base em suas características genotípicas, e dessa forma, poder contribuir para a seleção de indivíduos superiores do programa de melhoramento genético de citros.

#### 2.10.2 Medidas repetidas via REML/BLUP

A análise de medidas repetidas ao longo do tempo, com objetivo de selecionar genótipos superiores, devem ser analisadas pela metodologia de modelos mistos, em que os componentes de variância são estimados, usualmente, pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) e os valores genotípicos são preditos pelo método da Melhor Predição Linear Não-Viesada (BLUP) (RESENDE, 2007).

Para estimar parâmetros genéticos e selecionar indivíduos superiores com dados oriundos de medidas repetidas, como observado em plantas perenes, a metodologia REML/BLUP tem sido bastante utilizada. Com esta metodologia é possível avaliar dados desbalanceados, de medidas repetidas, com grande número de genótipos, de forma mais precisa e acurada possível, sendo considerado um método ótimo para avaliação de dados desta natureza (RESENDE, 2007).

#### 2.10.3 Interação genótipo x ambiente (G x A)

O valor fenotípico de um indivíduo é resultante da ação do genótipo e do meio ambiente (CRUZ; REGAZZI, 2001). No entanto, quando o indivíduo é avaliado em vários ambientes, pode ocorrer a interação entre eles (G x A) (RESENDE, 2007). Em experimentos avaliados no mesmo local durante vários anos, cada ano agrícola pode ser considerado como um ambiente, haja visto que em cada ano as condições ambientais são diferentes. Nesse caso, o objetivo da pesquisa é a avaliação dos genótipos ao longo do tempo, levando-se em consideração o efeito que as condições ambientais de um ano pode causar no ano seguinte (LEITE, 2012).

A interação (G x A) influencia no valor do fenótipo e quantifica o comportamento dos genótipos de acordo com as variações ambientais (CRUZ et al., 2014). A presença dessa interação pode dificultar na seleção de genótipos amplamente adaptados pois, inflaciona as estimativas de variâncias genéticas e superestima os ganhos genético. Características quantitativas afetadas pelo ambiente geralmente apresentam efeito significativo para a interação entre eles (BERNARDO, 2010).

As altas interações podem representar um problema para os programas de melhoramento genético, por reduzir a precisão de seleção de um ambiente para o outro. Diante disso, o trabalho dos melhoristas torna-se mais difícil, exigindo, por exemplo, que toda a condução do trabalho seja realizada de acordo com as condições do local de condução do experimento, ou que sejam realizadas muitas avaliações em diferentes ambientes para garantir certeza e segurança na recomendação de cultivares (CRUZ et al., 2014; RAMALHO et al., 2012).

A interação pode ser simples (quando há diferenças de variabilidade entre genótipos e ambiente) ou complexa (quando falta correlação entre os genótipos). Se a interação for complexa isso indica que a seleção genotípica é inconsistente de acordo com a variação ambiental, pois os mesmos genótipos não são superiores em todos os ambientes, o que dificulta a recomendação (CRUZ et al., 2014). Portanto, tanto em procedimentos de seleção como na recomendação de cultivares, a existência de interações é um inconveniente, pois isso dificulta a tomada de decisão, no ganho genético, e conseqüentemente, na recomendação de novos híbridos (SILVA et al., 2014).

Nesse sentido, é importante conhecer a interação, seja do tipo genótipos x locais ou genótipos x anos/safras, pois a partir dessa informação é possível adotar estratégias e planejar o melhoramento e recomendação de cultivares, além de ser decisivo na adaptabilidade das cultivares a uma determinada região (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Haja visto que a existência da interação indica que há um comportamento diferencial do genótipo de acordo com o ambiente, ou seja, o melhor material em um ambiente pode não ser em outro (RESENDE, 2007; CRUZ et al., 2014).

O conhecimento da interação (G X A) também é importante por possibilitar a seleção de genótipos com adaptação ampla e específica, a escolha de locais de seleção e a determinação do número ideal de ambientes e de genótipos a serem avaliados durante a seleção (FOX et al., 1997). Dessa forma, o comportamento dos genótipos em relação ao ambiente é interessante por interferir nos processos de seleção, especialmente na aplicação dos estudos de adaptabilidade e estabilidade.

As informações obtidas por meio das análises da interação G x A, não são confiáveis sobre desempenho de cada genótipo em várias condições ambientais (ROSADO et al., 2012). Então, após ser detectada a presença dessa interação é importante adotar medidas que visem reduzir seu efeito. Uma das estratégias mais utilizadas para atenuar os efeitos da interação significativa é a utilização de genótipos com elevada estabilidade e adaptabilidade (RAMALHO et al., 2012).

#### 2.10.4 Adaptabilidade e estabilidade temporal via REML/BLUP

Atualmente, o melhoramento genético busca encontrar genótipos caracterizados como ideais, isto é, que combine alta produtividade, ampla estabilidade fenotípica, pouco sensível as condições ambientais adversas e que respondam positivamente a melhoria do ambiente (CRUZ et al., 2014). Porém devido a influência da interação, na maioria das vezes, as cultivares são indicadas a ambientes específicos, por possuírem maior adaptabilidade nessas condições ambientais (CAMPBELL; JONES, 2005).

Com as análises de adaptabilidade e estabilidade é possível identificar genótipos com comportamentos previsíveis ou estáveis e assim, recomendar variedades com o mínimo de equívocos possíveis na avaliação (OLIVEIRA et al., 2014b). Além de direcionar a recomendação mais adequada dos genótipos para determinada região por meio da seleção de genótipos que necessitam de condições específicas para expressar seu verdadeiro potencial (CRUZ et al., 2014). Por isso, geralmente essas análises são realizadas nas fases finais do melhoramento genético para identificar cultivares de comportamento previsível e que respondam às variações ambientais em condições específicas ou amplas (CRUZ; REGAZZI, 2001).

O termo adaptabilidade refere-se a capacidade dos genótipos assimilarem positivamente as alterações ambientais e estabilidade quando os genótipos são menos afetados por variações do ambiente, ou seja, quando eles mantêm a produção constante ou previsível de acordo com o estímulo do ambiente (CRUZ et al., 2014).

Nos últimos anos, vários métodos foram desenvolvidos para estudar a adaptabilidade e a estabilidade produtiva quando ocorre interação (G x A) significativa, visando facilitar o entendimento dessas interações e, com isso, auxiliar os melhoristas nas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento e lançamento de novas cultivares (PINTO, 2016). Mas, além da interação (G x A), a seleção baseada em características

quantitativa, governadas por muitos genes (FALCONER, 1987), também dificulta na identificação dos melhores genótipos com base no fenótipo das plantas.

A escolha do método a ser utilizado nos estudos de adaptabilidade e estabilidade deve ser realizada de acordo com os objetivos do estudo, número de genótipos, de ambientes, e da qualidade dos dados mensurados (CRUZ et al., 2014).

Quando o objetivo é a seleção de genótipos mais produtivos, baseando-se na produção média ao longo dos anos, a utilização de um modelo univariado de repetibilidade é adequado. Porém, quando se deseja realizar inferências adicionais como a seleção simultânea de genótipos mais produtivos com ampla estabilidade e adaptabilidade temporal é necessário a utilização de um modelo mais completo (RESENDE, 2004). Diante disso, atualmente têm sido utilizadas metodologias mais sofisticadas para avaliar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade de genótipos ao longo do tempo, como os modelos mistos (REML/BLUP).

Segundo Pires et al. (2011), a metodologia de modelos mistos REML/BLUP é o procedimento mais adequado para a compreensão da interação (G X A). Esse método permite considerar erros correlacionados dentro de locais (BERNARDO, 2010).

Na metodologia REML/BLUP a avaliação genética é realizada por meio da predição dos valores genéticos aditivos e genotípicos dos candidatos à seleção e isso propicia uma maior acurácia, eficiência e poder informativo do que na Anova (RESENDE, 2004). No contexto de modelos mistos, uma alternativa é o método da Média Harmônica da Performance Relativa dos valores Genotípicos (MHPRVG), idealizado por Resende (2004).

Na metodologia dos modelos mistos, pelo método MHPRVG a adaptabilidade e a estabilidade também são estimadas ao mesmo tempo em que os valores gerados pelo método REML/BLUP o são. Estes valores são ordenamentos com os valores da média harmônica dos valores genéticos (MHVG), pela performance relativa dos valores genéticos (PRVG) e pela média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG). A MHVG indica a seleção relacionada a estabilidade, enquanto a PRVG indica a adaptabilidade (desempenho relativo dos genótipos em cada ambiente) e a MHPRVG refere-se à seleção simultânea para estabilidade e adaptabilidade (RESENDE, 2004).

A estabilidade genotípica (MHVG) baseia-se nas estimativas, de quanto menor for o desvio-padrão do comportamento genotípico através dos ambientes, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos. Assim, os genótipos são

selecionados pelos maiores valores genotípicos da média harmônica (RESENDE, 2002). A adaptabilidade (PRVG) é expressa por valores gerados a partir da proporção da média geral de cada ambiente e, posteriormente, obtém-se o valor médio dessa proporção através dos ambientes.

Essa metodologia ajusta os efeitos fixos considerando todos os graus de liberdade disponíveis referentes as fontes de variação. Dessa forma, os dados de todos os ambientes, são simultaneamente, utilizados para os valores genotípicos preditos obtidos para um genótipo em cada ambiente. Com isso, são selecionados simultaneamente produtividade, estabilidade e adaptabilidade (RESENDE, 2004).

Como há uma unificação de metodologias na mesma estatística, os efeitos aleatórios (genótipos e interação  $G \times A$ ) são preditos com maior precisão, já que todo o conjunto de dados é utilizado e os ruídos da interação são eliminados por meio dos BLUP's. Por isso, essa forma de avaliação é considerada mais eficiente (RESENDE, 2007; VERARDI et al., 2009). Além disso, o modelo gerado por essa metodologia fornece dados que facilitam na interpretação dos resultados, já que os valores observados são de natureza genética (ROSADO et al., 2012).

A MHPRVG, além de permitir a seleção simultaneamente para os três atributos citados, apresenta diversas vantagens, dentre elas, considera os efeitos genotípicos como aleatórios, fornecendo as estimativas de estabilidade e adaptabilidade genotípicas e não fenotípicas; permite lidar com desbalanceamentos de dados e heterogeneidade de variâncias; considera erros correlacionados dentro de locais ou anos; pode ser aplicado a qualquer número de ambientes (RESENDE, 2007).

Na literatura, existem alguns trabalhos, com espécies frutíferas perenes, avaliando a adaptabilidade e estabilidade utilizando a metodologia dos modelos mistos (MAIA et al., 2009; MAIA et al., 2011; LUZ et al., 2018; BRUNA et al., 2012; PINTO, 2016). Porém, em laranjeiras-doce, esses estudos são inexistentes.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. L. P. de. **Índices multivariados e BLUP multissafras na seleção de genótipos de goiabeira**. 2017. Tese, 99 p. (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2017.
- ANDRADE NETO, R. de C.; NEGREIROS, J. R. da S.; ARAÚJO NETO, S. E. de; CAVALCANTE, M. de J. B.; ALECIO, M. R.; SANTOS, R. S. **Gargalos tecnológicos da fruticultura no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2011a. 52 p. (Documentos 123).
- ANDRADE NETO, R. C.; NEGREIROS, J. R. da S.; ARAUJO NETO, S. E.; CAVALCANTE, M. de J. B.; ALECIO, M. R.; SANTOS, R. S. **Diagnostico da potencialidade da fruticultura no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2011b. (documentos, 125).
- ANDRADE, V. T. **Implicações da modelagem estatística na seleção de progênes de cafeeiro**. Lavras, 2013. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, 2013.
- ARAÚJO, E. A.; BARDALES, N. G. Acre Rural. Conhecendo os solos do Acre, Rio Branco, p.63 - 65, 12 jul. 2008.
- ARRIEL, D. A. A.; GUIMARÃES, L. M. S. da; RESENDE, M. D. V. de; LIMA NETO, F. P.; SCHETTINI SILVA, D. F. S. H.; SIQUEIRA, D. L. de; ALFENAS, A. C. Genetic control of resistance on *Mangifera indica* to ceratocystis wilt. **Scientia Horticulturae**, v. 211, p.312-318, 2016.
- BALDISSERA, J. N. C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações de plantas autógamias. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.13, n.2, p.181-189, 2014.
- BASTOS, D. C.; FERREIRA, E. A. PASSOS, O. S.; SÁ, J. F. de; ATAÍDE, E. M.; CALGARO, M. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n.281, p.36-45, jul./ago. 2014.
- BEBER, P. M. **Qualidade e maturação de frutos de laranjeiras-doce em Rio Branco, Acre**. 2013. 64 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2013.
- BEBER, P. M.; ÁLVAREZ, V. de S.; KUSDRA, J. F. Qualidade industrial e maturação de frutos de laranjeiras-doce em Rio Branco, Acre. **Citrus Research Technology**, v.9, e-1030, 2018.
- BERGO, C. L.; NEGREIROS, J. R. da S.; MIQUELONI, D. O.; LUNZ, A. M. P. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em pupunheira para palmito da raça *Putumayo*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, p.829-836. 2013.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury, Minnesota: Stemma Press, 2010.

BERTOLDO, J. G.; SILVA, R. P. da; FAVRETO, R.; NODARI, R. O.; DONAZZOLO, J.; KOENIG, L. F.; JACOBY, T. Predição dos valores genéticos entre e dentro de populações de goiabeira-serrana [*Acca selowiana* (O. Berg.) Burret] em fase juvenil. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 97-104, 2017.

BORÉM, A; MIRANDA, G. V.; FRITSCH NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 7. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017, 543 p.

BORGES, V.; FERREIRA, P. V. F.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.

BRUNA, E. D.; MORETO, A. L.; DALBÓ, M. A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 206-215, mar. 2012.

CAMPBELL, B. T.; JONES, M. A. Assessment of genotype x environment interactions for yield and fiber quality in cotton performance trials. **Euphytica**, Wageningen, v.144, p.69-78, 2005.

CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.269-275, mar. 2010.

CECON, P. R.; SILVA, F. F. e; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CARNEIRO, A. P. S.; DETMANN, E.; FARIA, P.N.; MORAIS, T.S. da S. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1171- 1176, 2008.

CRUZ NETO, A. J. da C. **Parâmetros genéticos e estudos de adaptabilidade, estabilidade em híbridos de maracujazeiro-amarelo**. 2016. 64 p. Dissertação (Mestrado Recursos Genéticos Vegetais) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2016.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. 668p.

DANNER, M. A. RASEIRA, M. do C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p.2086-2091, 2010.

DONADIO, L. C.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; MOREIRA, C. S. Centros de origem, distribuição geográfica das plantas cítricas e histórico da citricultura no Brasil. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, P. (Eds.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas; Fundag, 2005. p. 1-18.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R.; DIAS, C. T. S. Estimadores de componentes de variância em delineamento de blocos aumentados com tratamentos novos de uma ou mais populações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1155 - 1167, 2001.

DUARTE, T. F.; BRON, I. U.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; MAZZAFERA, P.; SHIMIZU, M. M. Efeito de carga pendente na qualidade de frutos de laranjeira 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 823-829, Set. 2011.

EISENHART, C. The assumptions underlying the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 3, n. 1, p. 1-21, 1947.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Citrus Fruit Fresh And Processed: annual statistics 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citrus-fruit/en>>. Acesso em: 27 Jan. 2018.

FARIAS NETO, J. T. de; CLEMENT, C. R.; RESENDE, M. D. V. de. Estimativas de parâmetros genéticos e ganho de seleção para produção de frutos em progênes de polinização aberta de pupunheira no Estado do Pará, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p.122-126, 2013.

FARIAS NETO, J. T. de; LINS, P. M. P.; RESENDE, M. D. V. de; MULLER, A. A. Seleção genética em progênes híbridas de coqueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, p.190-196, 2009.

FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; BARROSO, D. G.; RESENDE, M. D. V. de; AMARAL JÚNIOR, A. T. do. *Toona ciliata* genotype selection with the use of individual BLUP with repeated measures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, vol. 69, n. 3, pp.210-216, 2012.

FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; SILVA, F. H. L.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. O. Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro azedo via modelos mistos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.38, n. 1. 158-166, fev. 2016.

FOX, P. N.; CROSSA, J.; ROMAGOSA, I. Multi-environmental testing and genotype x environment interaction. In: KEMPTON, R. A.; FOX, P. N. (Ed.). **Statistical methods for plant variety evaluation**. London: Chapman & Hall, 1997. p.117-138.

FREITAS, A.R.; VENCOVSKY, R. Comparação de métodos de estimação de componentes de variância e parâmetros afins de múltiplos caracteres em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.4, p.453-463, 1993.

FREITAS, E. G.; PASTINA, M. M.; GAZAFFI, R.; PINTO, L. R.; XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A.; GARCIA, A. A. F. Modelos mistos para seleção de genótipos superiores e de futuros genitores de cana-de-açúcar. In: Reunião Anual Da Região Brasileira Da Sociedade Internacional De Biometria, 58.; Simpósio De Estatística Aplicada À Experimentação Agronômica, Campina Grande, 15p, 2013.

FRITSCH NETO, R.; GONÇALVES, M. C.; VENCOVSKY, R., SOUZA JUNIOR, C.

L. Prediction of genotypic values of maize hybrids in unbalanced experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.10, p.32-39, 2010.

GOIS, I. B. **Seleção genômica (GWS) e fenômica no melhoramento de citrus**. 2016. 55 f. Tese (Doutorado em fitotecnia) - Programa de pós Graduação em fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2016.

GOMES JÚNIOR, R. A.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; PINA, A. J. A.; SILVA, M. P.; RESENDE, M. D. V. Características vegetativas na fase juvenil de híbridos interespecíficos de caiaué com dendezeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 27-35, 2015.

GONDIM, T. M. de S.; RTZINGER, R.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da. Seleção e caracterização de laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.451-454, 2001.

HARVILLE, D. A.; CARRIQUIRY, A. L. Classical and Bayesian prediction as applied to an unbalanced mixed linear model. **Biometrics**, v.48, n. 4, p.987-1003, dec. 1992.

HENDERSON C. R. **Applications of linear models in animal breeding**. Guelph: University of Guelph - Canada, 1984. 462 p.

HENDERSON, C. R. Beste Linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, Alexandria, v. 31, n. 2, p. 423-447, June, 1975.

HENDERSON, C. R.; QUAAS, R. Multiple trait evaluation using relatives' records. **Journal of Animal Science**, v.43, n. 6, p.1188–1197, Dec. 1976

HU, X. A comprehensive comparison between ANOVA and BLUP to valuate location specific genotype effects for rape cultivar trials with random locations. **Field Crops Research**, v.179, 144-149, 2015.

IBGE. Sistema de Recuperação Automática: SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normas climatológicas. 2019. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em: 20 jan. 2019.

LEÃO, P. C. S.; NUNES, B. T. G.; SOUZA, E. M. C. Repeatability coefficients and genetic gains in table grape progenies for the Brazilian semi-arid region. **Scientia Agricola**, v.75, n.5, p.387-392, Sep/Oct, 2018.

LEDO, A. da S.; LÉDO, F. J. da S.; RITZINGER, R.; PIMENTEL, F. A.; AZEVEDO, F. F. de. **Recomendação da laranja Aquiri e técnicas para o plantio no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1997b (Comunicado Técnico, 73).

LEDO, A. da S.; LEDO, F.J. da S.; RITZINGER, R.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da. Porta-enxertos para laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), em Rio Branco, Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.1211-1216, 1999.

LEDO, A. da S.; RITZINGER, R.; AZEVEDO, F. F. de. Avaliação de cultivares e porta-enxertos de citros em Rio Branco-Acre, no período de 1991 a 1995. Rio Branco: Embrapa-CPAF-AC, 1996. 7 p. (Embrapa-CPAF-Acre. Pesquisa em Andamento, 74).

LEDO, A. da S.; RITZINGER, R.; AZEVEDO, F. F. de. **Recomendação das laranjas natal e valência e técnicas para o plantio no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1997a (Comunicado Técnico 75).

LEITE, K. P. **Estimativas de parâmetros genéticos e predição dos valores genotípicos e heliconia spp. via modelos mistos**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Rural do Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Recife, 2012.

LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; AMORIN, E. P.; SILVA, S. O. Estimativa de repetibilidade de híbrido diploides (AA) de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, p. 109-117, 2014.

LESSA, L. S.; RONCATTO, G.; OLIVEIRA, T. K. de; NEGREIROS, J. R. S.; ÁLVARES, V. S.; SIVIERO, A.; LUZ, S. A. da; MAIA, M. C. C. Seleção de genótipos de laranjeiras doces com base em índices não paramétricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. **Anais...** Gurapari: CBMP, 2009.

LIRA JUNIOR, J. S. de; BEZERRA, J. E. F.; MOURA, R. J. M. de; SANTOS, V. F. dos. Repetibilidade da produção, número e peso de fruto em cirigueleira (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 214-220, 2014.

LITTELL, R. C., MILLIKEN, G. A., STROUP, W. W., WOLFINGER, R. D., SCHABENBERGER, O. (2006) **SAS mixed models**. 2 ed. Cary: SAS Institute, 814p.

LIU, Y. Q.; HEYING, E.; TANUMIHARDJO, S. A. History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. **Reviews in Food Science**, v. 11, n. 6, p.530-545, oct. 2012.

LOPES, P. S.; MARTINS, E. N.; SILVA, M. A.; REGAZZI, A. J. Estimação de componentes de variância. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993. 61p.

LUCIUS, A. S. F.; de OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J. C.; VERISSIMO, M. A. A. Performance of sugarcane families at different stages in the genetic improvement by REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p.101-112, jan./fev. 2014.

LUZ, L. N. da; PEREIRA, M. G.; BARROS, F. R.; BARROS, G. de B.; FERREGUETTI, G. A. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 159-171. 2015.

LUZ, L. N. da; SANTA-CATARINA, R.; BARROS, G. de B.; BARROS, F. R.; VETTORAZZI, J. C. F.; PEREIRA, M. G. Adaptability and stability of papaya hybrids affected by production seasonality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.18, p.357-364, 2018.

MACHADO, M. A.; CRISTOFANI, M.; AMARAL, A. M.; OLIVEIRA, A. C. Genética, melhoramento e biotecnologia de citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico; FUNDAG, 2005. p. 221-277.

MAIA, M. C. C.; ALMEIDA, A. S.; MACEDO, L. M.; RESENDE, M. D. V. de; LACERDA, M. N. de; VASCONCELOS, L. F. L.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, R. B. da. Heritability, repeatability, and genetic gains in a improvement population of cajuízeiro. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 715-722, 2016b.

MAIA, M. C. C.; OLIVEIRA, L. C. de; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA NETO, F. P.; YOKOMIZO, G. K.; ARAÚJO, L. B. Repetibilidade de características quantitativas de frutos em seleções elite de manga rosa. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 11, n. 1, p. 56-62, jan-mar, 2017.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. de; PAIVA, J. R. de; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 43-50, mar. 2009.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, L. C.; ÁLVARES, V. S.; MACIEL, V. T.; LIMA, A. C. Seleção de clones experimentais de cupuaçu para características agroindustriais via modelos mistos. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.5, n.1, p. 35-43, 2011.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M.D.V.; OLIVEIRA, L.C.; VASCONCELOS, L.F.L.; LIMA NETO, J.F.P. Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. **Revista Agrotecnologia**, v.5, n.1, p.1-16, 2014.

MAIA, M. C. C.; MACEDO, L. M.; VASCONCELOS, L. F. L.; AQUINO, J. P. A.; OLIVEIRA, L. C.; RESENDE, M. D. V. Estimates of genetic parameters using RELM/BLUP for intra-populational genética breeding of *Platonia insignis* Mart. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 3, p. 561-573, 2016a.

MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S.Y.; SANTOS, C. E. M. dos; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V. de; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 70-76, 2011.

MARIGUELE, K. H.; RESENDE, M. D. V.; VIANA, J. M. S.; SILVA, F. F.; SILVA, P. S. L.; KNOP, F. C. Métodos de análise de dados longitudinais para o melhoramento genético da pinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.12, p.1657-1664, dez. 2011.

MARTINS, E. N.; LOPES, P.S.; SILVA, M. A.; REGAZZI, A. J. **Modelo linear misto**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993. 46p.

MATIAS, R. G. P.; BRUCKNER, C. H.; SILVA, D. F. P. da; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, J. O. da C. E. Repetibilidade de caracteres de fruto em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 1001-1008, dez. 2015.

MATOS, A. L.; CARRASCHI, I. Importância dos solos no cenário brasileiro. Disponível em: <[http://petzoofzea.com.br/?page\\_id=2244](http://petzoofzea.com.br/?page_id=2244)>. Acesso em: 01 de nov. 2017.

MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O.; POMPEU JUNIOR, J. Citros: principais informações e recomendações de cultivo, 2005. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/43.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/43.pdf)>. Acesso em 31 de mar. 2018.

MEDEIROS, R. C.; MUSSER, R. D. S.; SILVA, M. M. D.; SANTOS, J. P. O.; NASCIMENTO-JÚNIOR, I. R. D. Exploratory analysis of morphological and qualitative characteristics of orange varieties in brejão-ep collection. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 500-507, june 2013.

MESQUITA, A. P. M.; BENTO, G. F., GONÇALVES, L. V. M.; GOMES, R. R.; ALMEIDA, U. O. de A; ANDRADE NETO, R. de C.; CARNEIRO, J. C. Avaliação de porta-enxertos em combinação com copas cítricas comerciais no Estado do Acre. In: Congresso Regional de Pesquisa do Estado do Acre e Seminário de iniciação Científica, 24, 2015, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Eudfac, 2015.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 605-612, 2009.

NEGREIROS, J. R. D. S.; ANDRADE NETO, R. D. C.; MIQUELONI, D. P.; LESSA, L. S. Estimativa de repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de laranja-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, p. 40-48, jan. 2014.

NEGREIROS, J. R. da S.; SARAIVA, L. L.; OLIVEIRA, T. K. de; ÁLVARES, V. de S.; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1763-1768, dez. 2008.

NEVES, M. F; KALAKI, R. B.; TROMBIN, V.G. (Org.). O Retrato da Citricultura Brasileira. In: NEVES, M. F. (Coord.). 1. ed. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. 138 p. Disponível em: <<http://www.favaneves.org/arquivos/retrato-citricultura-brasileira-marcos-fava.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

OLIVEIRA, E. J.; FRAIFE FILHO, G. A.; FREITAS, J. P. X. Desempenho produtivo e interação genótipo x ambiente em híbridos e linhagens de mamoeiro. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 402-410, 2014b.

OLIVEIRA, I. P., OLIVEIRA, L. C., MOURA, C. S. F. T. Frutas cítricas. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 5, n.4, Ago. 2012.

OLIVEIRA, R. P. de; SOARES FILHO, W. dos S.; MACHADO, M. A.; FERREIRA, E. A.; SCIVITTARO, W. B.; GESTEIRA, A. da S. Melhoramento genético de plantas cítricas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n. 281, p. 21 - 29, jul/ago 2014a.

OLIVEIRA, T. N.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; MELLO, A. C. L.; FERREIRA, R. L. C.; LIRA JÚNIOR, M. A.; SILVA, N. G. M. Estimativa de coeficientes de repetibilidade para mancha ocular em clones de Pennisetum. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, v.60, n.23, pp.797-808, sep. 2011b.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; RESENDE, M. D. V.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZAMBON, J. L. C.; DE SOUZA, T. R.; FERNANDEZ LUCIUS, A. S. Procedimento Blupis e seleção massal em cana-de-açúcar. *Bragantia*, v. 70, n. 4, p.1-5, 2011a.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; MOURA, E. F. Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, p.1173-1179, 2010.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v.58, n.3, p.545-554, 1971.

PEDROZO, C. A.; BENITES, F. R. G.; BARBOSA, M. H. P.; de RESENDE, M. D. V.; SILVA, F. L da. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. **Scientia agraria**, v.10, n.1, pp. 31-36, jan-fev, 2009.

PIMENTEL, L. D.; STENZEL, N. M. C.; CRUZ, C. D.; BRUCKNER, C. H. Seleção precoce de maracujazeiro pelo uso da correlação entre dados de produção mensal e anual. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1303-1309, 2008.

PIMENTEL, A. J. B. GUIMARÃES, J. F. R.; SOUZA, M. A.; RESENDE, M. D. V.; MOURA, L. M. M.; ROCHA, J. R. A. S. C.; RIBEIRO, G. Estimação de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.11, p.882890, 2014.

PINTO, C. H. D. L. **Adaptabilidade e estabilidade de clones de guaranzeiro pelos métodos de Annicchiarico REML/BLUP E Lin e Binns**. 67f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, 2016.

PIO, R. M.; FIGUEIREDO, J. O.; STUCHI, E. S.; CARDOSO, S. A. B. Variedades copas. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 37-60.

PIRES, I. E.; RESENDE, M. D. V. de; SILVA, R. L. da; RESENDE Jr.; M. F. R. de. **Genética Florestal**. Viçosa, MG: Arka, 2011. 319 p.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Fundag, 2005. p. 63104.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S.; RESENDE, M. D. V. Avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras Valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticaba, v.35, n.1, p.199-209, 2013.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; BLUMER, S. Morfologia dos citros. **Citros**, p.106-122. 2005.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5 ed. Lavras: UFLA, 2012, 566 p.

RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G.; VIANA, A.P.; LUZ, L.N.; CARDOSO, D.L.; FERREGUETTI, G.A. Combined selection in backcross population of papaya (*Carica papaya* L.) by the mixed model methodology. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v.5, n.20, p.2973-2983, 2014.



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

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, Documentos 100. 65p. 2004.

RESENDE, M. D. V. **Selegen-Reml/Blup: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 16, p. 330-339, 2016.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P. Selection via simulated individual BLUP based on family genotypic effects in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.421-429p, 2006.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P.; REZENDE, G. D. S. P.; AGUIAR, A. M.; DIAS, L. A. dos S.; STURION, J. A. Métodos e estratégias de melhoramento de espécies perenes: estado da arte e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 2005, Gramado. **Anais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2005.

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

RESENDE, M. D. V.; STURION, J. A. **Análise genética de dados com dependência espacial e temporal no melhoramento de plantas perenes via modelos geoestatísticos e de séries temporais empregando REML/BLUP ao nível individual**. Embrapa Florestas, 2001. 79 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 65).

RITZINGER, R.; LEDO, A. da S.; RITZINGER, C.H.S.P.; AZEVEDO, F.F. de. **Introdução e avaliação de cultivares e porta-enxertos de citros em Rio Branco-AC**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1992 (Pesquisa em andamento, 50).

RODRIGUES, M. J. da S. **Desempenho de laranjeiras ‘Pera’ e ‘Valencia’ sobre diferentes porta-enxertos, em Rio Branco, Acre**. 2018. 62 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós- Graduação em Agronomia, Rio Branco, 2018.

RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H. D.; BARBOSA, D. H.; SOUZA FILHO, G. R.; CANDIDO, L. S. Adaptability and genotypic stability of Coffea arabica genotypes based on REML/BLUP analysis in Rio de Janeiro State, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 3, p.2391-2399, jul. 2013.

RODRIGUEZ, O. Aspectos fisiológicos, nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU, JR, J.; AMARO, A.A., (Ed.). **Citricultura brasileira**, 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.419-475.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SALES, W. da S.; ISHIKAWA, F. H.; SOUZA, E. M. de C.; NASCIMENTO, J. H. B.; SOUZA, E. R. de; LEÃO, P. C. de S. Estimates of repeatability for selection of genotypes of seedless table grapes for Brazilian semiarid regions. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p.131-136, fev. 2019.

SANCHÉZ, C. F. B. ALVES, R. S.; GARCIA, A. P.; TEODORO, P. E.; SILVA, L. A.; BHERING, L.L.; RESENDE, M.D.V. Estimates of repeatability coefficients and the number of the optimum measure to select superior genotypes in *Annona muricata* L. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.3, pp. 1-8, 2017.

SANTOS, C. F. **Uso de diferentes metodologias estatísticas no melhoramento do amendoim forrageiro**. Rio Branco, 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre, 2014.

SANTOS, P. R. dos; PREISIGKE, S. C. da; VIANA, A. P.; SOUSA, C. M. B. de; AMARAL JÚNIOR, A. T. do. Associations between vegetative and production traits in guava tree full-sib progenies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.5, p. 303-310, 2017.

SILVA, E. L.; SOUZA A. G. C.; BERNI, R. F.; SOUZA M. G.; Cunha Sobrinho A. P. **Comportamento de citros no Amazonas**. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus. Documentos 55, 28 p. 2007.

SILVA, F. H. L.; VIANA A. P.; SANTOS, V. E. A.; FREITAS, J. C. O.; RODRIGUES, D. L. R.; AMARAL júnior, A. T. do A. Prediction of genetic gains by selection indexes and REML/BLUP methodology in a population of sour passion fruit under recurrent selection. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 183-190, Apr.-June, 2017.

SILVA, P. R. da; BISOGNIN, D. A.; LOCATELLI, A. B.; STORCK, L. Adaptability and stability of corn hybrids grown for high grain yield. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.36, p.175-181, 2014.

SILVA, S. S. da; PORDEUS, S. R. V.; PEREIRA, J. O.; DANTAS NETO, J.; BEZERRA, J. M. Estimativa de parâmetros genéticos do cajueiro anão precoce em um solo arenoso pelo procedimento reml/blup. **Revista Verde**, v. 8, n. 3, p. 41 - 51, jul/set. 2013.

SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. **Citros: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. 278p.

SOARES FILHO, W. S.; DIAMANTINO, M. S. A. S.; MOITINHO, E. D. B.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da; PASSOS, O. S. 'Tropical': uma nova seleção de tangerina 'Sunki'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, pp. 127-132. 2002.

SOUZA, E. F. M. **Métodos estatísticos aplicados à seleção de clones de laranja 'Pêra'**. 2010, 80 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia (Produção Vegetal)) - Universidade Federal de Viçosa, 2010.

SPIEGEL-ROY, P.; GOLDSCHMIDT, E.E. **Biology of citrus**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University, 2008. 230p.

TEIXEIRA, D. H. L.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A. R. Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1135-1142, dez. 2012.

USDA - United States Department of Agriculture (2014). World agricultural supply and demand estimates. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 2 jun 2018.

VASCONCELOS, E. S.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R. Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. **Revista Ceres**, v. 57 p. 205-210, 2010.

VASCONCELOS, E. S.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. **Semana: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 65-76, 2012.

VELOSO, C. A. C.; RIBEIRO, S. I.; OEIRAS, A. H. L.; FILGUEIRAS, S. B. Q.; MENEZES, A. R. **Recomendações técnicas para o cultivo de citros no Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 27 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 10).

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

VERARDI, C. K.; RESENDE, M. D. V.; COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.1277-1282, 2009.

VIANA, A. P.; GONÇALVES, G. M. **Genética quantitativa aplicada ao melhoramento genético do maracujazeiro**. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. 25 (Ed.). Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005.p.243-274.

VIANA, A. P.; RESENDE, M. D. V. **Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014, 296p.

VIANA, J. M. S.; ALMEIDA, Í. F. de; RESENDE, M. D. V.; FARIA, V. R.; Silva, F. F. BLUP for genetic evaluation of plants in non-inbred families of annual crops. **Euphytica**, Wageningen, v.174, n.1, p.31-39, 2010.

ZULIAN, A., DÖRR, A. C.; ALMEIDA, S. C. Citricultura e agronegócio cooperativo no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 11, n.11, p. 2291-2306, jun. 2013.

### **3 CAPÍTULO I**

## **SELEÇÃO GENOTÍPICA DE LARANJEIRAS-DOCE VIA MODELOS MISTOS**

## RESUMO

No Estado do Acre, a produção de laranjas não atende à demanda local, devido à baixa disponibilidade de cultivares recomendadas para a região. Assim, o melhoramento genético tem sido empregado com o intuito de selecionar genótipos de laranjeiras superiores e com maior potencial produtivo. No entanto, a laranjeira apresenta certas particularidades que dificultam a seleção dos melhores genótipos por meio de metodologias estatísticas tradicionais. O processo de seleção corresponde a uma das principais etapas do programa de melhoramento, portanto, é importante adotar procedimentos que proporcionem maior acurácia seletiva. O objetivo desse trabalho foi selecionar genótipos superiores de laranjeiras-doce e com maior potencial produtivo utilizando a metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). O experimento foi realizado em blocos casualizados, com 55 genótipos e oito épocas de colheita, com três repetições. O software SELEGEN foi utilizado para a realização das análises estatísticas, aplicando-se aos dados os modelos 20 para as análises individuais e o modelo 55 para a análise conjunta. A presença da variabilidade genética indica que há potencial de seleção dentre os genótipos de laranjeiras-doce estudados. Houve coincidência dos genótipos selecionados para número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup> e produtividade. Os genótipos 5, 48, 14 e 47 por se destacarem dentre os mais produtivos são os mais indicados para efeito de seleção.

**Palavras chaves:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Amazônia Ocidental, ganhos de seleção, produtividade, REML/BLUP.

## ABSTRACT

In the state of Acre, the production of oranges does not meet local demand due to the low availability of recommended cultivars for the region. Thus, genetic improvement has been employed in order to select superior orange genotypes with higher yield potential. However, the orange tree has certain characteristics that make it difficult to select the best genotypes through traditional statistical methodologies. The selection process is one of the main stages of the breeding program, so it is important to adopt procedures that provide greater selective accuracy. The objective of this work was to select superior genotypes of sweet orange with higher yield potential using the mixed model methodology (REML / BLUP). The experiment was carried out in randomized blocks with 55 genotypes and eight harvest seasons, with three replications. The SELEGEN software was used to perform the statistical analyzes, applying to the data the models 20 for the individual analyzes and the model 55 for the joint analysis. The presence of genetic variability indicates that there is potential for selection among the sweet orange genotypes studied. There was a coincidence of the selected genotypes for number of fruits per plant, number of fruits per m<sup>2</sup> and yield. Genotypes 5, 48, 14 and 47, because they stand out among the most productive, are the most suitable for selection purposes.

**Key words:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Western Amazon, selection gains, productivity, REML/BLUP.

## 1 INTRODUÇÃO

Os citros estão entre as fruteiras mais plantadas, consumidas e pesquisadas no mundo devido sua importância econômica e social. Embora essa cultura apresente grande diversidade, são utilizadas poucas cultivares nos plantios comerciais, sendo este um importante fator para a ampliação da base genética e da sustentabilidade da cadeia produtiva (OLIVEIRA et al., 2014).

No Brasil, o cultivo de laranjeira em pomares comerciais está distribuído em diversas regiões. Entretanto, na região Sudeste há uma hegemonia, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor, tanto da região quanto do país, com produção em torno de 13, 4 milhões de toneladas de laranjas (IBGE, 2019).

Na região Norte, a produção de frutos cítricos é pouco expressiva. Os frutos geralmente são provenientes de pequenos pomares, com pouco uso de tecnologias (CARVALHO et al., 2017). No Acre, os citros representam a segunda fruta em área colhida, com aproximadamente 575 ha de laranja, 386 ha de limão e 219 ha de tangerina (IBGE, 2019). A produção de laranjas não atende à demanda local, sendo necessário importar os frutos de outros estados, principalmente de São Paulo.

Um dos principais fatores limitantes à expansão da atividade citrícola no Acre é a falta de cultivares adaptadas as condições edafoclimáticas do Estado (GONDIM et al., 2001). Devido à baixa disponibilidade de cultivares locais, na região a produção concentra-se em apenas um período do ano (abril a agosto). Nesse sentido, são necessárias pesquisas voltadas seleção de indivíduos promissores com características produtivas superiores, visando aumentar a oferta de variedades para cultivo.

A avaliação e seleção de genótipos superiores compreendem as principais etapas de um programa de melhoramento genético (CORREA et al., 2015). No caso do *Citrus*, a seleção deve ser baseada nos valores genotípicos totais dos indivíduos, já que são propagados por clones. Estas etapas tendem a ser demoradas e trabalhosas em culturas perenes como a laranjeira, a qual apresenta um longo período juvenil (GOIS, 2016). Nesse sentido, a adoção de métodos estatísticos mais eficientes é de suma importância para o melhoramento genético dessa espécie devido ao longo prazo e altos custos requeridos para a condução dos experimentos.

Durante muito tempo, o método mais utilizado no melhoramento de plantas para estimar os componentes de variância e os valores genéticos foi a análise de variância (ANOVA), onde todos os efeitos são fixos, exceto o erro experimental, que é sempre

aleatório. No melhoramento genético essa metodologia é inadequada devido à pressuposição de independência dos erros, em casos de desbalanceamento de dados e em situação em que cada parcela fornece vários dados em diferentes locais e anos (colheitas), e são, por isso, correlacionados (FREITAS et al., 2013). Além disso, durante o processo de seleção, é essencial que se tenha a certeza da superioridade genética do indivíduo por meio da utilização de verdadeiros valores genotípicos e não baseando-se em médias fenotípicas (BORGES et al., 2010). A seleção baseada na utilização de método estatístico inadequado pode mascarar os verdadeiros efeitos genotípicos e ambientais (ALVES; RESENDE, 2008).

Atualmente, o modelo misto (REML/BLUP) é considerado padrão na seleção de espécies perenes devido a sua acurácia no processo seletivo, além de permitir modelar efeitos fixos e aleatórios (SCARPINATI et al., 2009, FREITAS et al., 2013, CARIAS et al., 2014). Nessa metodologia, os componentes de variância, a partir dos quais são estimados os parâmetros genéticos, são obtidos por meio da máxima verossimilhança restrita (REML) e os valores genotípicos são preditos pelo melhor preditor linear não viesado (BLUP) (RESENDE, 2002). Por meio dessa metodologia são obtidas as variâncias, médias genotípicas, bem como valores genéticos e genotípicos de indivíduos com alta acurácia, sendo de grande aplicabilidade no melhoramento genético (GOMES JÚNIOR et al., 2015).

O REML/BLUP tem sido utilizada na seleção genotípica e para promover o aumento do ganho genético de diversas culturas perenes como café (RODRIGUES et al., 2013, CARIAS et al., 2016); cana de açúcar (FREITAS et al., 2013, LUCIUS et al., 2014); caju (MAIA et al., 2009, SILVA et al., 2013a); cupuaçu (MAIA et al., 2011); manga (MAIA et al., 2014); goiabeira serrana (BERTOLDO et al., 2017) e eucalipto (ROSADO et al., 2012). Porém sua aplicação em laranjeiras-doce ainda é escassa. A maioria dos estudos que visam selecionar genótipos de laranjeiras-doce têm sido realizados por meio da análise de variância tradicional (ANOVA). Portanto, faz-se necessário aplicar a técnica REML/BLUP na seleção desses genótipos com maior acurácia.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi selecionar genótipos de laranjeiras-doce, em oito safras, utilizando a metodologia de modelos mistos via REML/BLUP e assim contribuir para o melhoramento genético da cultura.



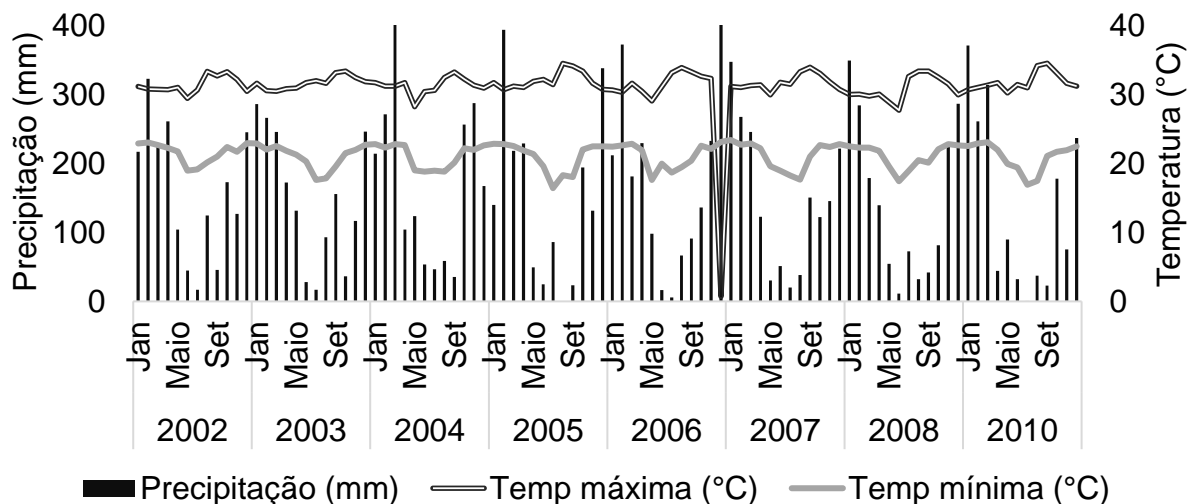
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL GENÉTICO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Acre, em Rio Branco, Acre e conduzido de 2002 a 2010. O município está localizado a 9°58'29" de latitude S e 67°49'44" de longitude W, a 160 m de altitude. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw (quente e úmido, com um período seco anual de 3 meses), com temperatura média das máximas de 30,9 °C e mínimas de 20,8 °C, precipitação anual de 1.700 mm e umidade relativa do ar em torno de 83% (AGRITEMPO, 2016).

Os dados referentes a temperatura e a precipitação pluviométrica, durante a condução do experimento estão disponíveis na Figura 1 (INMET, 2019).

Figura 1 – Temperatura (°C) e precipitação pluviométrica (mm) durante o período experimental (2002 a 2010) em Rio Branco, Acre



O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura média/argilosa, bem drenado e de topografia plana (SANTOS, 2006). A análise química do solo indicou, até 40 cm de profundidade, as seguintes características: pH: 5, 2; K: 0,17 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Ca: 3,70 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Mg: 1,49 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Al: 0,14 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; H+Al: 2,57 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; soma de bases: 5,36 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; carbono orgânico: 7,27 g kg<sup>-1</sup>; CTC: 5,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> e saturação de bases: 68%.

O material vegetal utilizado foi coletado no período de março a junho de 1999, em propriedades de projetos de assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Foram selecionadas 54 plantas matrizes de laranjeiras-doces, ainda em fase de produção, oriundas da Mesorregião do Vale do Acre, mais a cultivar local 'Aquiri' (recomendada pela Embrapa Acre), totalizando 55 genótipos (Tabela 1).

Tabela 1 – Locais de coleta dos genótipos de laranjeiras-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] no Estado do Acre

Municípios	Coordenadas	Genótipos
Plácido de Castro	10°19'43"S, 67°10'44"W	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Senador Guimard	10°09'03"S, 67°44'13"W	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Capixaba	10°34'29"S, 67°40'38"W	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
Xapuri	10°39'11"S, 68°30'03"W	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Sena Madureira	09°04'10"S, 68°39'30"W	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
Brasiléia	11°00'01"S, 68°44'59"W	39, 40, 41, 42
Epitaciolândia	11°01'56"S, 68°43'54"W	43, 44, 45, 46, 47
Porto Acre	09°35'42"S, 67°32'36"W	48, 49, 50, 51, 52
Rio Branco	09°58'29"S, 67°49'44"W	53, 54, 55 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cultivar local 'Aquiri' (RITZINGER, 2000).

As matrizes selecionadas foram provenientes de plantas pé-franco (produzidas a partir de sementes), vigorosa, aparentemente sadias, com idade média de 22 anos, produtivas e com frutos de qualidade a atender as exigências do mercado consumidor. A época de colheita da maioria desses genótipos distribui-se de fevereiro a outubro, com concentração nos meses de abril a julho (GONDIM et al., 2001).

De cada genótipo foram coletadas cinco hastes, cada um contendo dez gemas, com auxílio de uma tesoura de poda. As hastes foram acondicionadas em caixa térmica, envolvidas com papel umedecido e levadas para o laboratório de sementes da Embrapa Acre. Foram retiradas duas gemas vegetativas de cada haste e enxertadas sobre porta-enxertos de limoeiro 'cravo' (*Citrus limonia* (L.) Osbeck) para, posteriormente, serem avaliadas em ensaio de competição de clones.

O plantio dos genótipos foi realizado em fevereiro de 2000, adotando-se o espaçamento de 8 x 8 m e como bordadura foi utilizada a cultivar de laranjeira 'Aquiri'. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 55 tratamentos (54 genótipos coletados mais a cultivar 'Aquiri') e 3 repetições. Devido à grande quantidade de material e do tamanho reduzido da área experimental disponível foi utilizada uma planta útil por parcela (GONDIM et al., 2001).

As avaliações foram realizadas durante as safras de 2002 a 2008 e 2010. O cultivo das laranjeiras foi conduzido sem irrigação, as adubações foram feitas de acordo com a análise de solo. O manejo da cultura foi realizado conforme as recomendações descritas por Ledo et al. (1996). As características avaliadas foram número total de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média de fruto (kg) e a produtividade (kg/m<sup>2</sup>).

## 2.2 ANÁLISES GENÉTICO-ESTATÍSTICAS

As análises genético-estatísticas foram realizadas pela metodologia dos modelos mistos, em que os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (*Restricted Maximum Likelihood* – REML) (RESENDE, 2016) e os valores genotípicos preditos pelo método da melhor predição linear não viesada (*Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP) (HENDERSON, 1975).

Para cada safra foram realizadas análises individuais, para verificar a heterogeneidade de variâncias, empregando-se o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xb + Zg + e, \text{ em que:}$$

$y$ : vetor de dados;

$b$ : vetor de dados dos efeitos fixos de bloco, somados a média geral;

$g$ : vetor de dados dos efeitos aleatórios de genótipo;

$e$ : vetor de erros aleatórios; e

$X$  e  $Z$ : representam as matrizes de incidência para os vetores  $b$  e  $g$ , respectivamente.

Para os casos em que foi verificado a variação dos coeficientes de herdabilidades no sentido amplo foi efetuada a padronização dos dados, por meio do fator de correção obtido, de acordo com a seguinte expressão descrita por Resende (2007):

$$\frac{\sqrt{h_{ik}^2}}{\sqrt{h_t^2}}, \text{ em que:}$$

$h_{ik}^2$ : herdabilidade individual no sentido amplo para o caráter  $i$  na avaliação  $k$ ; e

$h_t^2$ : média das herdabilidades individuais no sentido amplo das  $k$  avaliações para o caráter  $i$ .

Após a padronização dos dados, foi realizada a análise conjunta considerando os genótipos e época de colheita, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$y = Xb + Za + Wc + e$ , em que:

$y$ : vetor de dados;

$b$ : vetor dos efeitos dos blocos (fixos) somados à média geral;

$a$ : vetor dos efeitos genotípicos individuais (aleatórios);

$c$ : vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios)

$e$ : vetor de erros (aleatórios)  $e$ ;

$X$ ,  $Z$  e  $W$ : representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Foram realizadas análises de *deviance* (ANADEV) para testar a significância dos componentes de variância conforme os efeitos aleatórios do modelo. Em modelos mistos, a ANADEV substituiu o teste F da ANOVA no caso de experimentos desbalanceados (BORGES et al., 2010a).

Por meio dos componentes de variância empregou-se o teste da razão de verossimilhança (LRT), em que a significância do modelo foi avaliada pelo teste qui-quadrado com um grau de liberdade. Para isso, foram obtidas as deviances com o modelo completo e reduzido. Em seguida, foi subtraída da deviance completa a deviance do modelo reduzido de cada efeito e comparado com o valor do qui-quadrado com um grau de liberdade, a 1% e 5% de probabilidade (RESENDE, 2007).

A partir das variâncias genotípicas e fenotípicas, de acordo com Resende (2007), foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido amplo ( $h^2g$ ), herdabilidade da média de genótipos em oito safras ( $h^2mg$ ), acurácia seletiva ( $Ac$ ), coeficiente de determinação dos efeitos permanentes ( $c^2_{perm}$ ), coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x safras ( $c^2_{gm}$ ) e as correlações genotípicas através das safras ( $rgmed$ ).

Quanto à seleção genotípica, foi adotada a intensidade de seleção de 20%, ou seja, dos 55 genótipos testados foram selecionados apenas os 11 melhores para simplificar na apresentação e na discussão dos resultados.

Para as análises individuais foi adotado o modelo estatístico 20 que se refere a avaliação de genótipos não aparentados obtidos em blocos ao acaso, contendo uma planta por parcela e para a análise conjunta foi utilizado o modelo 55 referente a genótipos no delineamento em blocos casualizados com estabilidade e adaptabilidade temporal em um só local e em várias épocas, com o auxílio do software Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2016).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ANÁLISE DE DEVIANCE (ANADEV)

A análise de *deviance* (ANADEV) para as variáveis relacionadas à produção de laranjeiras-doce em oito safras é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise de *deviance* (ANADEV) de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto e produtividade, em genótipos de laranjeiras-doce cultivadas em oito safras, em Rio Branco, Acre

Fonte	Número de frutos por planta		Número de frutos por m <sup>2</sup>		Massa média do fruto (kg)		Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )	
	Deviance	LRT ( $\chi^2$ )	Deviance	LRT ( $\chi^2$ )	Deviance	LRT ( $\chi^2$ )	Deviance	LRT ( $\chi^2$ )
Genótipo (G)	15331,43	16,16**	4710,66	17,28**	-7122,92	22,37**	409,63	9,7**
G x Anos	15331,31	16,04**	4715,89	22,51**	-7135,22	10,07**	423,33	23,4**
Ambiente permanente	15315,44	0,17 <sup>ns</sup>	4694,91	1,53 <sup>ns</sup>	-7141,8	3,49 <sup>ns</sup>	409,73	9,8**
Modelo completo	15315,27		4693,38		-7145,29		399,93	

<sup>ns</sup>, e \*\*: não significativo e significativo a 1% de probabilidade, pela análise de deviance com base no teste LRT ( $\chi^2$ ) com 1 grau de liberdade ( $\chi^2$  tabelado: 6,63 para o nível de significância a 1%).

Verificou-se que os efeitos de genótipos foram altamente significativos ( $p < 0,01$ ) para todas as variáveis analisadas. Esse resultado é desejável, pois reflete a existência de variabilidade genética entre os indivíduos, o que indica a possibilidade de seleção.

Os efeitos da interação genótipo x anos foram significativos ( $p < 0,01$ ) para todas as variáveis avaliadas. Esta interação é indesejável para o melhorista, pois é difícil prever o comportamento dos genótipos em relação às mudanças de ambiente, indicando que os mesmos podem apresentar desempenhos diferentes de acordo com cada ano de produção (Tabela 2). Apesar da presença da interação genótipo x anos ser indesejável para o melhorista, quando se busca indivíduos superiores é necessário avaliar seu comportamento em diferentes ambientes. Pois, avaliações restritas a apenas um ambiente (ano ou local) é ineficiente, tendo em vista a forte influência de outros fatores que determinam tal interação (VALÉRIO et al., 2009; CARIAS et al., 2016).

As diferentes respostas dos genótipos de acordo com os anos agrícolas avaliados evidenciam que a produtividade foi diferente de uma safra para outra. Em alguns anos a produtividade foi menor, principalmente por se tratar de uma cultura que apresenta alternância de produção (DUARTE et al, 2011), aliado às variações climáticas ao longo do período experimental, dentre outras causas (Figura 1).

Segundo Reuther (1977), considerando-se o trinômio cultivo-clima-solo, o clima é o componente que mais influência no crescimento, produção e qualidade dos frutos. Outros autores estudando espécies perenes, também observaram diferentes respostas dos genótipos de acordo com as variações ambientais (MAIA et al., 2009; ROSADO et al., 2012). Assim, genótipos com desempenhos satisfatórios numa safra, podem não apresentar o mesmo desempenho na safra seguinte.

Como foi observado efeito significativo para os genótipos ao longo das safras, sugere-se que os genótipos apresentaram desempenho diferenciados em resposta as mudanças ambientais (CRUZ et al., 2012). Essa observação nos permite indicar em qual safra os genótipos foram mais produtivos e assim, conduzir o processo de seleção. No entanto, para que a seleção dos genótipos possa ser fidedigna é necessário estimar alguns parâmetros genéticos.

### 3.2 COMPONENTES DE VARIÂNCIA E PARÂMETROS GENÉTICOS

Os resultados da análise conjunta referentes aos componentes de variância e parâmetros genéticos, envolvendo 55 genótipos de laranjeiras-doce em safras de avaliação, para os caracteres número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média dos frutos e produtividade de frutos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos de número de frutos por planta (NFP), número de frutos por m<sup>2</sup> (NFR/m<sup>2</sup>), massa média do fruto (MMF) e produtividade, em genótipos de laranjeiras-doce avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre

Componentes de variância	Variáveis			
	NFP	NFR/m <sup>2</sup>	MMF (kg)	Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )
$V_g$	7498,9478**	1,4316**	0,00011**	0,0335**
$V_{perm}$	634,4612 <sup>ns</sup>	0,3428 <sup>ns</sup>	0,00003 <sup>ns</sup>	0,0277**
$V_{gm}$	13549,2255**	2,4821**	0,00009**	0,0718**
$V_e$	91539,7184**	13,452**	0,00076**	0,3747**
$V_f$	113222,3528	17,7233	0,00095	0,5077
Parâmetros	NFP	NFR/m <sup>2</sup>	MMF (kg)	Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )
$h^2_g$	0,0662**	0,0808**	0,1138**	0,0659**
$h^2_{mg}$	0,5673	0,5924	0,6787	0,4975
$Ac$	0,7228	0,7697	0,8238	0,7053
$C^2_{perm}$	0,0056 <sup>ns</sup>	0,0193 <sup>ns</sup>	0,0321 <sup>ns</sup>	0,0546**
$C^2_{gm}$	0,1197**	0,1403**	0,0911**	0,1415**
$r_{gmed}$	0,3562	0,3655	0,5554	0,3180
Média geral	614,6123	8,2951	0,1802	1,4768

$h^2_g$ : herdabilidade individual no sentido amplo;  $h^2_{mg}$ : herdabilidade da média de genótipos;  $Ac$ : acurácia da seleção de genótipos;  $C^2_{perm}$ : coeficiente de determinação dos efeitos permanentes;  $C^2_{gm}$ : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x anos;  $r_{gmed}$ : correlação genotípica através das medições e média geral do experimento.

A variância fenotípica ( $V_f$ ) foi desmembrada em variância genética ( $V_g$ ), variância de efeitos permanentes ( $V_{perm}$ ), variância da interação genótipos x medições ( $V_{gm}$ ), e variância residual temporária ( $V_e$ ). Observa-se que a variância resultante dos efeitos ambientais ( $V_e$ ) representa a maior porcentagem da variância fenotípica para todas as variáveis analisadas e, que a contribuição da variância genética foi pequena para todas as variáveis (Tabela 3). Isso indica que a variação ambiental de um ano para o outro teve grande influência sobre a característica. Principalmente porque as variáveis avaliadas nesse estudo são quantitativas, altamente influenciadas pelo ambiente. Além disso, é comum haver predominância da variância ambiental em plantas perenes jovens, já que estas ficam submetidas a diferentes intempéries climáticas anuais, contribuindo para que os potenciais fenotípicos sejam expressos em diferentes magnitudes ao longo dos anos (PEREIRA et al., 2013).

A menor proporção da variância fenotípica foi observada pela variância da parcela permanente ( $V_{perm}$ ), ou seja, do genótipo x bloco. Isso indica que houve pouca variação no ambiente da parcela experimental e, portanto, que o número de blocos foi adequado para prever o valor real do indivíduo com exatidão nesse experimento, concordando com Araújo et al. (2015). Porém, com longos períodos de avaliações a variância ambiental permanente pode aumentar, devido a ocorrência de fatores bióticos e abióticos, desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas (BRAZ et al., 2013).

Com o modelo de análise foram estimados simultaneamente a herdabilidade individual e a correlação genética por meio das colheitas. Essas estimativas são essenciais para orientar a correta seleção de indivíduos superiores (PEREIRA et al., 2013). Lucius et al. (2014) relataram que o conhecimento dos parâmetros genéticos é de suma importância para o melhorista e a herdabilidade ( $h^2$ ) é um dos mais importantes.

De acordo com Resende (2002) em espécies perenes, a herdabilidade pode ser classificada como de magnitudes baixa ( $h^2 < 0,15$ ), mediana ( $0,15 < h^2 < 0,50$ ) ou alta ( $h^2 > 0,50$ ). A herdabilidade expressa a proporção da variância fenotípica que é de natureza genética (FALCONER, 1987). Portanto, altos valores de herdabilidade estão associados a maior variância genética e, ou menor influência ambiental (FEHR, 1987; POMPEU JUNIOR et al., 2013).

As estimativas de herdabilidade individual no sentido amplo, livre de todas as interações, para as variáveis avaliadas foram de baixas magnitudes, com valores variando de 0,06 (NFP e produtividade) a 0,11 (MMF). Esse resultado já era esperado por ser livre de todas as interações e está coerente com a natureza quantitativa do

caráter e com os altos valores da variância ambiental como ressaltaram Farias Neto e Resende (2001), Santos (2009) e Soares et al. (2009). Segundo Resende (2002) para a maioria dos caracteres quantitativos de importância econômica, os valores de herdabilidade individual é em torno de 20%.

De acordo com Zhou e Joshi (2012), a herdabilidade no sentido amplo é um parâmetro importante em culturas de propagação vegetativa, como os citros. Pois, nessas espécies, a variabilidade genética é liberada uma única vez, e o genótipo de uma planta é fixado após o cruzamento, não havendo oportunidade de segregação nas fases futuras. Segundo Silva et al. (2013b), no estudo genético do caráter a herdabilidade tem papel preditivo por expressar a confiabilidade com que o valor fenotípico representa o valor genético. Como todas as variáveis apresentaram valores de herdabilidade no sentido amplo  $\geq 0,06$ , evidenciando o bom controle genético na expressão dos caracteres e indica a possibilidade de seleção, com ganhos genéticos significativos, já que o ganho esperado com a seleção depende diretamente da herdabilidade e da intensidade de seleção (RESENDE, 2007; SCARPINATI et al., 2009; BORGES et al., 2010).

A herdabilidade individual de baixa magnitude também foi observada em outras culturas perenes como pinhão manso (0,08%) (CARDOSO et al. 2018), café (0,07%) (PEREIRA et al. 2013), goiaba (0,01%) (ALMEIDA, 2017), mamão (0,1%) (MOREIRA et al., 2019) corroborando com os resultados desse trabalho, principalmente por se tratar de espécies perenes, suscetíveis a variações climáticas ao longo dos anos.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade média dos genótipos ( $h^2mg$ ) variaram de 0,49 a 0,67. A massa média do fruto, variável de grande interesse econômico, foi a que apresentou o coeficiente mais elevado de herdabilidade (0,67) (Tabela 3). Gois (2016) observou herdabilidade média de 0,81 para massa média do fruto em uma população híbrida de *citrus*. A magnitude da herdabilidade da média de genótipos encontrada, indica grande potencial de seleção com possibilidade de ganhos satisfatórios para essa variável. Esta estimativa classifica o arranjo experimental como de alta precisão, devido à diminuição dos erros experimentais (ROSADO et al., 2012).

De acordo com as estimativas do coeficiente de herdabilidade da média dos genótipos ( $h^2mg$ ), o arranjo experimental e o número de repetições utilizados nesse estudo foram adequados para isolar os efeitos ambientais, resultando em maior precisão na estimativa deste parâmetro. Este fato é favorável para seleção de plantas que serão propagadas vegetativamente. Segundo Maia et al. (2009) a herdabilidade



baseada na média de genótipos é mais precisa devido a diminuição do erro experimental, pelo incremento proporcional do número de repetições, sendo este parâmetro importante para o sucesso na seleção, em que os valores genotípicos são preditos com base em médias de várias repetições.

Observa-se que os coeficientes de herdabilidade baseados na média dos genótipos apresentaram valores superiores às estimativas em nível individual ( $h^2g$ ) para todas as variáveis (Tabela 3). Gois (2016) ao estimar parâmetros genéticos para características qualitativas, via REML, em uma população de *Citrus* também observou que a herdabilidade média foi superior à individual para todas as características avaliadas.

Resultados semelhantes também foram observados em *Eucalyptus urophylla* (ROSADO et al., 2009) e em goiabeira (ALMEIDA, 2017). Como ambas são espécies perenes, os resultados estão de acordo com o presente estudo e permitem inferir que a seleção com base na média das famílias pode ser mais eficiente do que dentro. Além disso, as estimativas realizadas a partir da média apresentam maior acurácia devido à redução do erro experimental (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Na avaliação genotípica, outro parâmetro estatístico importante é a acurácia seletiva ( $Ac$ ), pois refere-se à correlação entre os valores genéticos preditos e verdadeiros dos indivíduos, estando ligada à herdabilidade e a repetibilidade do caráter (RESENDE; DUARTE, 2007). Este parâmetro reflete a quantidade e a qualidade das informações e dos procedimentos utilizados na predição dos valores genéticos, além disso, mede a confiabilidade na seleção dos melhores genótipos (RESENDE, 2002).

De acordo com a classificação de Resende (2002), as acurácias encontradas neste estudo foram de alta magnitude, variando de 0,70 a 0,82 (Tabela 3). Conforme Resende e Duarte (2007), acurácias acima de 0,70 são desejáveis para seleção de genótipos superiores, no início do programa de melhoramento, quando é possível selecionar um grande número de genótipos. Mas, acurácia superior a 50% já é ideal e indica uma boa precisão na seleção dos genótipos (RESENDE, 2007).

Os valores da acurácia observados neste estudo comprovam que a seleção foi adequada, pois indica a possibilidade de maiores ganhos, além da alta confiabilidade na predição dos valores genotípicos. Segundo Resende (2002) a acurácia tem a propriedade de informar sobre o correto ordenamento dos genótipos para fins de seleção e, também, sobre a eficácia na predição do valor genotípico da cultivar.

Uma possível explicação para os valores altos de acurácia encontrados no presente estudo é a quantidade de safras avaliadas. Quanto maior o número de

medições (colheitas) em cada planta, maiores são as acurácias das predições e, portanto, mais precisas são as inferências. Conforme Sturion e Resende (2005), quanto maior a acurácia, maior é a confiança na avaliação e no valor genético predito do indivíduo. Por outro lado, quando a acurácia é baixa, há dificuldade de seleção, podendo estar associados a causas como ciclos longos, grandes áreas experimentais, diferentes respostas dos genótipos ao estresse hídrico e altas temperaturas (FERRÃO et al., 2008; MAIA et al., 2014).

O coeficiente de determinação dos efeitos ambientais permanentes entre parcelas ( $C^2_{perm}$ ) quantifica a variabilidade dentro dos blocos. O valor desse coeficiente é proporcional ao da variabilidade ambiental entre parcelas. Para todas as características foram encontrados baixa variabilidade ambiental entre parcelas, sendo inferior a 1% (Tabela 3) determinando a boa precisão experimental. Segundo Resende (2002), bons experimentos em plantas perenes apresentam valores desse coeficiente em torno 10% de toda variação fenotípica dentro dos blocos proporcionada pela variação ambiental entre parcelas, pois valores de até 10% não interferem na estimativa dos parâmetros genéticos.

O coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x anos ( $C^2_{gm}$ ) foi cerca de 14% para número de frutos por m<sup>2</sup> e produtividade. Já para número de frutos por planta e massa média do fruto, os coeficientes foram de 11% e 0,9%, respectivamente. Esses valores referem-se à proporção da variabilidade fenotípica total explicada pela interação (SOARES et al., 2009). Logo, a interação genótipos x anos (safras) influenciou mais a variância fenotípica ( $V_f$ ) que o efeito de genótipos.

Almeida et al. (2017) ao estimar a repetibilidade de caracteres referentes à produção, no intervalo de quatro safras, em genótipos de goiabeira, também encontraram alta variância ambiental, principalmente devido ao efeito dos anos ( $C^2_{gm}$ ), o que corrobora com o presente trabalho.

O coeficiente de determinação da interação genótipos x anos para a MMF não foi significativo, apresentando pequena variação. Quando o coeficiente de determinação da interação genótipos x anos ( $C^2_{gm}$ ) é baixo, isso sugere que para aumentar a eficiência seletiva é necessária realizar avaliações em um maior número de safras (PEREIRA et al., 2013).

O resultado do coeficiente de determinação da interação genótipos x anos para a MMF conduziu o valor de correlação genotípica ( $r_{gmed}$ ) de 0,53, indicando que a interação não é de natureza complexa, ou seja, a posição relativa dos genótipos não

é alterada através dos anos (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). A interação simples ocorre quando os genótipos apresentam diferentes comportamentos nos distintos tipos de ambiente, mas a classificação dos genótipos não altera entre os ambientes (MORAIS et al., 2010).

Para as variáveis número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup> e produtividade, a correlação genotípica das medições ( $r_{gmed}$ ) foi de 35%, 36%, 31%, respectivamente. Esse valor é considerado de baixa magnitude, indicando níveis de interação complexa. Portanto, a classificação dos genótipos nos diferentes anos não são a mesma, ou seja, os genótipos não tiveram o mesmo comportamento nos diversos anos avaliados. Assim, um genótipo classificado como de ótima produtividade em um determinado ano, não necessariamente o será no outro (SOARES et al., 2009).

Em modelos mistos, como o efeito dos genótipos é considerado aleatório, não são realizados testes para comparação de médias, isso se faz quando o tratamento é de efeito fixo. Além disso, essas comparações são aplicadas e produzem inferências sobre médias fenotípicas e não médias genotípicas (RESENDE, 2002; 2004). Nesse sentido, o que se obtém nessa metodologia é um ordenamento decrescente dos genótipos em função de seus valores genéticos (DUARTE; VENCOVSKY, 2001).

### 3.3 SELEÇÃO GENOTÍPICA EM TODOS OS ANOS

Na Tabela 4 está disposto o ordenamento de 20% dos genótipos avaliados, bem como seus respectivos efeitos genotípicos (g), os valores genotípicos preditos (u+g), o ganho genotípico médio com a seleção, as novas médias ou médias melhoradas e os valores genotípicos médios (u+g+gem) para caracteres de interesse econômico testados durante oito anos de avaliação. Foi adotada a intensidade de seleção de 20% dos genótipos para simplificar na apresentação e na discussão dos resultados.

Tabela 4 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em todos os anos, de número de frutos por planta (NFP), número de frutos por m<sup>2</sup> (NFR/m<sup>2</sup>), massa média do fruto (MMF) e produtividade, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre

(continua)

Número de frutos por planta						
Ordem	Genótipo	g	u+g	Ganho	Nova média	u+g+gem
1	5	157,8704	772,4827	157,8704	772,4827	808,1380
2	48	115,2073	729,8195	136,5388	751,1511	755,8393
3	43	88,0099	702,6221	120,3625	734,9748	722,4994
4	4	83,8497	698,4619	111,2343	725,8466	717,3996
5	39	83,0565	697,6688	105,5987	725,8466	716,4272
6	2	75,0725	689,6848	100,5110	715,1233	706,6401
7	33	74,1234	688,7357	96,7414	711,3537	705,4766
8	14	71,7250	686,3373	93,6143	708,2266	702,5365
9	47	71,7250	681,1024	90,6005	705,2128	696,1193
10	37	63,3332	677,9455	87,8738	702,4861	692,2494
11	19	50,6044	665,2166	84,4857	699,0979	676,6457
Número de frutos por m <sup>2</sup>						
Ordem	Genótipo	g	u+g	Ganho	Nova média	u+g+gem
1	5	2,4756	10,7706	2,4756	10,7706	11,3079
2	48	1,5869	9,8819	2,0312	10,3263	10,2263
3	4	1,2174	9,5124	1,7599	10,0550	9,7766
4	47	1,2146	9,5096	1,6236	9,9186	9,7732
5	37	1,1066	9,4017	1,5202	9,8153	9,6419
6	39	1,0935	9,3886	1,4491	9,7441	9,6259
7	2	1,0931	9,3881	1,3982	9,6933	9,6254
8	43	1,0558	9,3508	1,3554	9,6505	9,5800
9	33	0,8777	9,1728	1,3024	9,5974	9,3633
10	14	0,8371	9,1322	1,2558	9,5509	9,3139
11	19	0,8349	9,1299	1,2176	9,5126	9,3111

Tabela 4 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em todos os anos, de número de frutos por planta (NFP), número de frutos por m<sup>2</sup> (NFR/m<sup>2</sup>), massa média do fruto (MMF) e produtividade, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre

(conclusão)

Massa média do fruto (kg)						
Ordem	Genótipo	G	u+g	Ganho	Nova média	u+g+gem
1	10	0,0228	0,2029	0,0228	0,2029	0,2052
2	22	0,0184	0,1986	0,0206	0,2008	0,2005
3	14	0,0133	0,1935	0,0182	0,1983	0,1948
4	12	0,0126	0,1928	0,0168	0,1970	0,1940
5	15	0,0111	0,1913	0,0156	0,1958	0,1924
6	1	0,0093	0,1894	0,0146	0,1948	0,1904
7	16	0,0092	0,1894	0,0138	0,1940	0,1903
8	28	0,0078	0,1880	0,0131	0,1932	0,1888
9	52	0,0074	0,1876	0,0124	0,1926	0,1883
10	32	0,0070	0,1872	0,0119	0,1921	0,1879
11	47	0,0059	0,1861	0,0113	0,1915	0,1866

Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )						
Ordem	Genótipo	G	u+g	Ganho	Nova média	u+g+gem
1	5	0,2213	1,6981	0,2212	1,6981 (16.981*)	1,7574
2	48	0,2184	1,6952	0,2198	1,6966 (16.966*)	1,7537
3	19	0,1879	1,6647	0,2092	1,6860 (16.860*)	1,7151
4	14	0,1793	1,6562	0,2017	1,6785 (16.785*)	1,7042
5	47	0,1606	1,6374	0,1935	1,6703 (16.703*)	1,6805
6	39	0,1437	1,6205	0,1852	1,6620 (16.620*)	1,6590
7	31	0,1407	1,6175	0,1788	1,6556 (16.556*)	1,6552
8	2	0,1340	1,6108	0,1732	1,6500 (16.500*)	1,6467
9	46	0,1335	1,6103	0,1688	1,6456 (16.456*)	1,6461
10	43	0,1144	1,5913	0,1634	1,6402 (16.402*)	1,6219
11	13	0,1088	1,5856	0,1584	1,6352 (16.352*)	1,6147

g: efeito dos genótipos; u+g: valores genotípicos preditos; u+g+gem: valores genotípicos médios nos vários ambientes/anos. \* Dado transformado para t/ha.

Vale ressaltar que os valores genotípicos de cada genótipo foram obtidos somando-se cada efeito genotípico à média geral do experimento. O ganho genético equivaleu à média dos vetores dos efeitos genéticos preditos para os indivíduos selecionados. A nova média ou média melhorada é resultado da média geral somada ao ganho genético.

Na análise dos 11 melhores genótipos, oito (5, 48, 19, 47, 14, 39, 2 e 43) apresentaram simultaneamente os maiores valores genéticos para as variáveis relacionadas à produção. Dentre esses, os genótipos 5 e 48 ocuparam os primeiros lugares no ranking dentre os mais produtivos (Tabela 4). Borges et al. (2010) ressaltam que os valores genotípicos devem ser os preferidos pelos pesquisadores, pois são os verdadeiros valores a serem preditos. Já a nova média são predições feitas pelo BLUP, ou seja, são estes os valores que os genótipos provavelmente produzam em cultivos comerciais.

Os maiores destaques deste trabalho foram os excelentes desempenhos dos genótipos 14 e 47, por estarem entre os 11 genótipos concomitantemente para todas as variáveis avaliadas nesse estudo, o que os qualifica como promissores (Tabela 4).

Observa-se que o ranqueamento dos 11 genótipos segue a mesma ordem pelos dois critérios ( $u+g$  e  $u+g+gem$ ). Contudo, pelo critério  $u+g+gem$ , os valores dos genótipos mais produtivos são superiores, devido à capitalização da interação média. A média original dos genótipos apresentaram valores superiores aos de ( $u+g$ ) e de ( $u+g+gem$ ). Isso ocorre devido à média original estar contaminada pelos efeitos de ambiente e da interação genótipo x local (SOARES et al., 2009).

Verifica-se que os valores genotípicos ( $u+g$ ) são bem próximos da nova média. Isso está de acordo com os valores de acurácia encontrados nesse estudo, pois a proximidade entre os valores genéticos aditivos preditos e os genéticos verdadeiros dos indivíduos pode ser avaliada com base na acurácia (RESENDE, 2002).

Em programas de melhoramento genético é importante identificar materiais superiores a média geral do experimento, pois isso permite descartar indivíduos pouco promissores e, dessa forma, economizar tempo e recursos (WINCKLER FILHO, 2016).

Para a variável produtividade, verifica-se os ganhos genotípicos ao selecionar os 11 melhores genótipos. Observa-se que há um ganho de 0,1584 kg/m<sup>2</sup> e a nova média passou a ser de 1,6352 kg/m<sup>2</sup>, sendo os valores genotípicos preditos ( $u+g$ ) de 1,5856 kg/m<sup>2</sup>. Esse ganho também pode ser expresso em porcentagem, para isso, basta dividi-lo pela nova média e multiplicar por 100 (SOARES et al., 2009). Portanto, a seleção dos 11 genótipos de laranjeiras-doce mais produtivos proporciona ganho de 9,69%. Caso fosse selecionado apenas o genótipo 5, o ganho seria de 13,03%.

De acordo com Soares et al. (2009), com os valores genotípicos preditos ( $u+g$ ), é possível recomendar cultivares para locais que não participaram da rede experimental, pois o desempenho dos materiais são livres da interação ( $g \times e$ ). Já a recomendação desses materiais baseada nos valores genotípicos médios dos diferentes ambientes

( $u+g+gem$ ), por capitalizarem a interação média em todos os ambientes, limita-se aos locais de realização do experimento, ou em outro local que apresentem o mesmo padrão de interação ( $g \times e$ ) do local onde o experimento foi avaliado. Caso contrário, a recomendação baseada no critério dos valores ( $u+g$ ) é mais segura.

Observa-se com os valores da nova média que produtividade média foi em torno de  $1,70 \text{ kg/m}^2$  ou  $17.000 \text{ kg.ha}^{-1}$  de laranjas, superior a média da região Norte ( $15.178 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) e inferior a nacional ( $27.640 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) (IBGE, 2019). Esse valor é relativamente bom, visto que o experimento foi conduzido em condição de sequeiro, com as condições climáticas, em alguns anos não favoráveis devido a ocorrência de déficits hídricos nas fases críticas de formação e maturação dos frutos, ocasionando baixo rendimento (Figura 1). Além disso, o espaçamento utilizado de  $8,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}$  também contribuiu para essa produtividade, devido a menor densidade de plantas.

Apesar da produtividade ser a principal variável almejada no processo seletivo, é necessário levar em consideração também os demais caracteres. Para as demais características relacionadas a produção foi observado comportamento semelhante ao da produtividade. Porém, ocorreu uma alteração no ordenamento dos genótipos nas variáveis quanto aos ganhos genéticos como reflexo da baixa magnitude da correlação genotípica. Resultados semelhantes foram observados por Maia et al. (2014) ao realizar análises genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP.

A massa média do fruto (MMF) foi de  $205 \text{ g}$ , estatisticamente igual ( $p < 0,05$ ) aos valores encontrados por Beber (2013) e Tazima et al. (2009) que obtiveram média de  $207 \text{ g}$  e  $208,7 \text{ g}$ , respectivamente. Verificou-se que os genótipos 10, 22, 14, 12, 15, 1, 16, 28, 52, 32 e 47 apresentaram as maiores massas médias. Além disso, os genótipos 14 e 47 também se destacaram em quantidade produzida. A seleção de 11 genótipos de laranjeira baseado na massa média dos frutos proporciona um ganho de  $1,13\%$ .

### 3.4 SELEÇÃO GENOTÍPICA POR SAFRA

Na Tabela 5 é apresentado o ordenamento dos 11 genótipos, com maior número de frutos por planta, em cada ano agrícola bem como seus respectivos efeitos genotípicos ( $g+ge$ ), valores genotípicos preditos para cada ano ( $u+g+ge$ ) e a nova média (média melhorada). Esses valores são capitalizados pela interação com os locais e a seleção por local usa simultaneamente a informação de todos os locais em relação aos diferentes anos de cultivo.

Tabela 5 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter número de frutos por planta, cultivados em Rio Branco, Acre (continua)

Ordem	Safr de 2002				Safr de 2003			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	48	116,1753	276,0306	276,03	48	104,7431	231,6067	231,61
2	37	105,8547	265,7100	270,87	37	95,0724	221,9360	226,77
3	43	90,2712	250,1265	263,96	5	92,7294	219,5930	224,38
4	5	80,7146	240,5699	258,11	43	84,3702	211,2338	221,09
5	46	61,3560	221,2113	250,73	2	60,3012	187,1648	214,31
6	3	61,0225	220,8779	245,75	19	60,0941	186,9577	209,75
7	2	56,4141	216,2694	241,54	33	58,0616	184,9252	206,20
8	38	55,3163	215,1716	238,25	31	54,4464	181,3100	203,09
9	33	51,8308	211,6862	235,30	1	53,5733	180,4369	200,57
10	19	49,0968	208,9521	232,66	14	53,4696	180,3332	198,55
11	31	48,5949	208,4502	230,46	46	49,1088	175,9724	196,50
Ordem	Safr 2004				Safr 2005			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	5	131,6781	446,2512	446,25	5	190,2811	463,5315	463,53
2	48	120,3061	434,8792	440,56	48	117,5321	390,7824	427,16
3	43	89,1873	403,7604	428,30	2	92,4174	365,6677	406,66
4	37	72,2378	386,8110	417,93	47	79,4230	352,6734	393,16
5	2	63,5200	378,0932	409,96	39	74,5130	347,7633	384,08
6	46	62,9815	377,5546	404,56	4	60,0504	333,3008	375,62
7	14	60,4767	375,0498	400,34	50	59,3702	332,6206	369,48
8	33	56,5350	371,1081	396,69	33	57,9216	331,1720	364,69
9	3	55,1466	369,7197	393,69	43	49,3976	322,6480	360,02
10	4	52,6258	367,1989	391,04	37	49,1044	322,3548	356,25
11	47	49,5805	364,1536	388,60	53	44,0746	317,3250	352,71
Ordem	Safr de 2006				Safr de 2007			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	5	442,7410	1834,7059	1834,71	5	119,0404	165,9091	165,91
2	4	336,7970	1728,7620	1781,73	48	76,4664	123,3351	144,62
3	47	299,7659	1691,7308	1751,73	4	70,9852	117,8539	135,63
4	39	276,9206	1668,8856	1731,02	2	64,3558	111,2245	129,58
5	37	195,7128	1587,6778	1702,35	33	61,0926	107,9613	125,26
6	31	180,3960	1572,3610	1680,69	39	53,6350	100,5038	121,13
7	2	179,0375	1571,0024	1665,02	47	53,2919	100,1606	118,14
8	48	175,3554	1567,3203	1652,81	43	53,0164	99,8851	115,85
9	43	137,7308	1529,6957	1639,13	14	46,2995	93,1683	113,33
10	50	135,7577	1527,7227	1627,97	19	40,0959	86,9646	110,70
11	19	126,0475	1518,0124	1617,99	37	38,7854	85,6541	108,42



Tabela 5 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter número de frutos por planta, cultivados em Rio Branco, Acre (conclusão)

Ordem	Safr de 2008				Safr de 2010			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	5	242,5656	1108,5218	1108,52	48	271,1217	2008,6876	2008,69
2	14	189,3507	1055,3069	1081,91	14	263,3875	200,9534	2004,82
3	48	148,1326	1014,0888	1059,30	33	250,9846	1988,5505	1999,39
4	39	116,2931	982,2493	1040,04	43	248,5800	1986,1459	1996,08
5	47	110,6588	976,6150	1027,36	5	248,4780	1986,0439	1994,07
6	43	110,5556	976,5118	1018,88	24	212,5591	1950,1250	1986,75
7	4	107,2728	973,2291	1012,36	41	208,7207	1946,2866	1980,97
8	33	106,8267	972,7830	1007,41	39	188,8879	1926,4538	1974,16
9	7	97,6729	963,6291	1002,55	2	156,3640	1893,9299	1965,24
10	19	93,9563	959,9125	998,28	28	155,2354	1892,8013	1957,99
11	31	82,0968	948,0530	993,72	53	150,9870	1888,5528	1951,68

g+ge: efeitos genotípicos e u+g+ge: valores genotípicos

Os genótipos 48, 5 e 43 apresentaram ampla distribuição e boa performance nas oito safras estudadas. Além de estarem presentes dentre os 11 materiais superiores em todas as safras, geralmente, ocuparam as três primeiras posições. Outro genótipo que se destacou foi o 37, presente em seis das oito safras avaliadas e com boa performance nas safras de 2002 e 2003 (Tabela 5).

Na Tabela 6 é apresentado o ordenamento dos 11 melhores genótipos em cada ano agrícola bem como seus respectivos efeitos genotípicos (g+ge), valores genotípicos preditos para cada ano (u+g+ge) e a nova média para a variável número de frutos por m<sup>2</sup>.

Tabela 6 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter número de frutos por m<sup>2</sup>, cultivados em Rio Branco, Acre (continua)

Ordem	Safr de 2002				Safr de 2003			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	37	1,5113	3,3162	3,3162	37	1,7132	3,9201	3,9201
2	48	1,4745	3,2794	3,2978	48	1,4912	3,6980	3,8091
3	5	1,1673	2,9722	3,1893	19	1,3019	3,5088	3,7090
4	43	1,0515	2,8564	3,1061	5	1,2116	3,4185	3,6364
5	46	0,8432	2,6481	3,0145	43	1,1290	3,3358	3,5763
6	31	0,8015	2,6064	2,9465	31	1,0773	3,2842	3,5276
7	3	0,7999	2,6048	2,8977	1	0,9788	3,1857	3,4787
8	2	0,7442	2,5491	2,8541	2	0,8185	3,0254	3,4221

Tabela 6 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter número de frutos por m<sup>2</sup>, cultivados em Rio Branco, Acre (conclusão)

Ordem	Safrade 2002				Safrade 2003			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
9	38	0,7235	2,5284	2,8179	34	0,8099	3,0168	3,3770
10	19	0,7097	2,5147	2,7876	46	0,8070	3,0139	3,3407
11	33	0,5599	2,3648	2,7491	3	0,7515	2,9584	3,3060
Ordem	Safrade 2004				Safrade 2005			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	5	2,1047	8,7662	8,7662	5	3,5450	9,3364	9,3364
2	48	1,9956	8,6572	8,7117	48	1,9277	7,7190	8,5277
3	37	1,3909	8,0525	8,4919	2	1,6814	7,4728	8,1761
4	43	1,3615	8,0230	8,3747	47	1,5807	7,3720	7,9751
5	46	1,2422	7,9037	8,2805	36	1,2230	7,0144	7,7829
6	40	1,1907	7,8522	8,2091	50	1,1994	6,9908	7,6509
7	3	1,0210	7,6825	8,1339	39	1,1072	6,8985	7,5434
8	2	0,9713	7,6328	8,0713	37	0,8223	6,6137	7,4272
9	47	0,8477	7,5092	8,0088	4	0,8145	6,6059	7,3359
10	50	0,8020	7,4635	7,9543	33	0,7168	6,5082	7,2532
11	14	0,7954	7,4569	7,9091	53	0,6670	6,4584	7,1809
Ordem	Safrade 2006				Safrade 2007			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	5	7,1627	27,3673	27,3673	5	1,8838	3,2264	3,2264
2	4	5,4574	25,6619	26,5146	4	1,1948	2,5373	2,8818
3	47	5,0319	25,2365	26,0885	2	1,0195	2,3621	2,7086
4	39	4,3818	24,5864	25,7130	47	1,0010	2,3435	2,6173
5	37	3,2492	23,4537	25,2611	16	0,9402	2,2827	2,5504
6	31	3,1078	23,3123	24,9393	48	0,8956	2,2381	2,4984
7	2	2,8787	23,0832	24,6716	33	0,8791	2,2216	2,4588
8	48	2,6040	22,8085	24,4387	19	0,6907	2,0333	2,4056
9	50	2,2480	22,4525	24,2180	8	0,5772	1,9198	2,3516
10	19	2,0552	22,2598	24,0222	39	0,5645	1,9070	2,3072
11	43	1,9570	22,1615	23,8530	36	0,5344	1,8769	2,2681
Ordem	Safrade 2008				Safrade 2010			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	5	4,2649	19,4534	19,4534	5	2,7627	15,9229	15,9229
2	14	2,3718	18,5602	19,0068	48	2,6719	15,8321	15,8775
3	48	2,3900	17,5784	18,5307	14	2,4482	15,6084	15,7878
4	47	2,0764	17,2649	18,2142	43	2,3108	15,4710	15,7086
5	7	2,0489	17,2373	18,0188	33	2,3060	15,4662	15,6601
6	39	1,8861	17,0745	17,8615	39	1,8387	14,9989	15,5499
7	4	1,7675	16,9560	17,7321	24	1,7719	14,9322	15,4617
8	19	1,7241	16,9125	17,6297	41	1,7663	14,9265	15,3948
9	33	1,6850	16,8735	17,5456	2	1,6003	14,7606	15,3243
10	43	1,6771	16,8656	17,4776	4	1,4615	14,6217	15,2540
11	31	1,6570	16,8454	17,4201	53	1,3696	14,5298	15,1882

g+ge: efeitos genotípicos e u+g+ge: valores genotípicos

Em relação ao número de frutos por m<sup>2</sup>, observa-se, pelos dados da Tabela 6, que os 11 melhores genótipos em cada safra foram:

Safras	Genótipos superiores										
2002	37	48	5	43	46	31	3	2	38	19	33
2003	37	48	19	5	43	31	1	2	34	46	3
2004	5	48	37	43	46	40	3	2	47	50	14
2005	5	48	2	47	36	50	39	37	4	33	53
2006	5	4	47	39	37	31	2	48	50	19	43
2007	5	4	2	47	16	48	33	19	8	39	36
2008	5	14	48	47	7	39	4	19	33	43	31
2010	5	48	14	43	33	39	24	41	2	4	53

Dentre os 11 melhores genótipos, verifica-se que, ao menos 2 (5 e 48) são coincidentes em todos os anos, e ao menos 10 (48, 5, 37, 43, 2, 19, 33, 47, 4 e 39) coincidem em 5 anos, como os de maiores médias de número de frutos por m<sup>2</sup>.

Constata-se também que há genótipos com comportamento específico e amplo. A esse respeito, pode-se destacar que o genótipo 5 apresentou comportamento amplo e boa performance nas oito safras avaliadas, ocupando o primeiro lugar no ranking durante as safras de 2004 a 2010. Outro genótipo de comportamento amplo e boa performance é o 48, que se destacou em todas as safras e em cinco delas ocupou a segunda posição, com as maiores quantidades médias de fruto por m<sup>2</sup>. Além desses dois genótipos, outros que também apresentaram comportamento amplo foram: 2, 43, 37, 19, 33 e 47. O genótipo 37 destacou-se também pela boa performance nas duas primeiras safras, ocupando o primeiro lugar (Tabela 6).

Na Tabela 7 é apresentado o ordenamento dos genótipos superiores para a variável massa média do fruto (MMF), bem como seus respectivos efeitos genotípicos, valores genotípicos preditos para cada ano e a média melhorada.

Observa-se que as menores massas médias foram obtidos nas safras de 2003 e 2008 com 80 e 60 g, respectivamente. Já nas safras de 2010 foram obtidos os frutos mais pesados (200 a 300 g) (Tabela 7). Isso pode ser explicado devido ao período final das chuvas na região, pois a massa média do fruto está diretamente relacionada à disponibilidade hídrica do solo (POZZAN; TRIBONI, 2005). Beber (2013) também observou menores massas de frutos nos meses de seca (baixa precipitação por 23 dias com menos de 15 mm de chuva próximo à última avaliação), ocorrendo em diversos casos o murchamento do fruto.

Tabela 7 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter massa média do fruto (kg), cultivados em Rio Branco, Acre (continua)

Ordem	Safra de 2002				Safra de 2003			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	10	0,0296	0,2172	0,2172	22	0,0265	0,0815	0,0815
2	22	0,0284	0,2161	0,2167	10	0,0211	0,0761	0,0788
3	4	0,0249	0,2125	0,2153	12	0,0110	0,0660	0,0745
4	16	0,0189	0,2065	0,2131	15	0,0105	0,0655	0,0723
5	47	0,0150	0,2026	0,2110	14	0,0089	0,0639	0,0706
6	14	0,0149	0,2026	0,2096	16	0,0082	0,0632	0,0694
7	18	0,0139	0,2015	0,2084	13	0,0075	0,0625	0,0684
8	1	0,0134	0,2010	0,2075	54	0,0068	0,0618	0,0676
9	51	0,0110	0,1986	0,2065	47	0,0065	0,0615	0,0669
10	29	0,0099	0,1978	0,2057	52	0,0059	0,0609	0,0663
11	28	0,0097	0,1975	0,2049	1	0,0057	0,0607	0,0658
Ordem	Safra 2004				Safra 2005			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	10	0,0256	0,2717	0,2717	10	0,0231	0,2627	0,2627
2	14	0,0199	0,2660	0,2688	12	0,0216	0,2612	0,2620
3	15	0,0184	0,2646	0,2674	14	0,0203	0,2599	0,2613
4	22	0,0182	0,2643	0,2666	15	0,0195	0,2590	0,2607
5	1	0,0155	0,2616	0,2656	22	0,0155	0,2551	0,2596
6	12	0,0135	0,2596	0,2646	28	0,0145	0,2540	0,2587
7	32	0,0127	0,2588	0,2638	1	0,0138	0,2534	0,2579
8	16	0,0121	0,2582	0,2631	18	0,0110	0,2505	0,2570
9	11	0,0117	0,2578	0,2625	19	0,0101	0,2497	0,2562
10	47	0,0117	0,2578	0,2620	27	0,0086	0,2481	0,2554
11	6	0,0095	0,2556	0,2615	31	0,0080	0,2476	0,2547
Ordem	Safra de 2006				Safra de 2007			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	10	0,0286	0,2244	0,2244	10	0,0296	0,2087	0,2087
2	22	0,0272	0,2231	0,2238	22	0,0244	0,2035	0,2061
3	12	0,0207	0,2165	0,2214	15	0,0192	0,1982	0,2035
4	14	0,0188	0,2147	0,2197	28	0,0168	0,1959	0,2016
5	16	0,0158	0,2117	0,2181	52	0,0163	0,1954	0,2003
6	15	0,0158	0,2116	0,217	14	0,016	0,195	0,1994
7	1	0,0115	0,2074	0,2156	9	0,0142	0,1933	0,1986
8	29	0,0082	0,2041	0,2142	6	0,0140	0,1931	0,1979
9	28	0,0081	0,2040	0,2131	12	0,0133	0,1924	0,1973
10	46	0,0078	0,2037	0,2121	45	0,0112	0,1903	0,1966
11	55	0,0066	0,2025	0,2113	39	0,0102	0,1892	0,1959

Tabela 7 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter massa média do fruto (kg), cultivados em Rio Branco, Acre (conclusão)

Ordem	Safra de 2008			Safra de 2010				
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	10	0,0200	0,0685	0,0685	52	0,0132	0,3030	0,3030
2	22	0,0133	0,0617	0,0651	32	0,0127	0,3025	0,3027
3	15	0,0097	0,0582	0,0628	29	0,0112	0,3010	0,3021
4	12	0,0097	0,0581	0,0616	12	0,0112	0,3010	0,3018
5	14	0,0096	0,0581	0,0609	55	0,0109	0,3006	0,3016
6	1	0,0080	0,0564	0,0601	22	0,0087	0,2984	0,3011
7	16	0,0076	0,0560	0,0596	14	0,0087	0,2984	0,3007
8	28	0,0061	0,0545	0,0589	41	0,0081	0,2978	0,3003
9	52	0,0055	0,0539	0,0584	13	0,0080	0,2977	0,3000
10	32	0,0054	0,0539	0,0579	4	0,0072	0,2970	0,2997
11	29	0,0053	0,0537	0,0575	1	0,0068	0,2966	0,2994

g+ge: efeitos genotípicos e u+g+ge: valores genotípico

No ano/safra de 2008 foram obtidas uma das maiores produtividades deste experimento, sendo superado apenas pela produção de 2006. Segundo Duarte et al. (2011) em anos de alta produção, geralmente, os frutos são pequenos, provavelmente devido à maior competição por reservas.

Os genótipos 22, 14, 1, 12, 10 e 15 apresentaram comportamento amplo. Dentre esses materiais, os genótipos 10 e 22 apresentaram ótima performance ocupando as primeiras posições de acordo com a média melhorada para a variável MMF. Observe-se que a cultivar local 'Aquiri' (genótipo 55), recomendada pela Embrapa Acre, se destacou dentre os 11 genótipos superiores em relação ao MMF, nas safras de 2006, com 221,3 g, e de 2010 com 301,6 g. Conforme as recomendações prescritas por Ledo et al (1997), a massa média da laranja 'Aquiri' é de 228 g. Portanto, esses valores estão coerentes com os dados encontrados na literatura.

Na Tabela 8 é apresentado o ordenamento dos 11 genótipos mais produtivos em cada ano agrícola bem como seus respectivos efeitos genotípicos (g+ge), valores genotípicos preditos para cada ano (u+g+ge) e a nova média para a produtividade.

Tabela 8 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter produtividade (kg/m<sup>2</sup>), cultivados em Rio Branco, Acre (continua)

Ordem	Safrade 2002				Safrade 2003			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	37	0,2976	0,8203	0,8203	19	0,3202	0,8375	0,8375
2	46	0,2418	0,7645	0,7924	1	0,2798	0,7972	0,8174
3	48	0,2223	0,745	0,7766	37	0,2485	0,7658	0,8002
4	32	0,2092	0,7319	0,7655	31	0,2359	0,7533	0,7885
5	31	0,1984	0,7211	0,7566	34	0,2318	0,7492	0,7806
6	34	0,1902	0,7129	0,7493	46	0,2066	0,7240	0,7712
7	28	0,1843	0,707	0,7433	48	0,2065	0,7238	0,7644
8	19	0,1836	0,7063	0,7386	13	0,1698	0,6872	0,7548
9	3	0,1576	0,6803	0,7322	55	0,1412	0,6586	0,7441
10	1	0,1491	0,6718	0,7261	3	0,1352	0,6526	0,7349
11	43	0,1422	0,6649	0,7206	43	0,1313	0,6487	0,7271
Ordem	Safrade 2004				Safrade 2005			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	48	0,2952	1,6285	1,6285	5	0,3848	1,3990	1,3990
2	40	0,2531	1,5864	1,6074	48	0,2483	1,2625	1,3308
3	46	0,2434	1,5767	1,5972	47	0,2393	1,2535	1,3050
4	14	0,2395	1,5728	1,5911	2	0,2016	1,2158	1,2827
5	1	0,1831	1,5164	1,5762	50	0,1634	1,1776	1,2617
6	37	0,1805	1,5138	1,5658	39	0,1326	1,1469	1,2426
7	3	0,1688	1,5021	1,5567	19	0,1258	1,1401	1,2279
8	5	0,1659	1,4992	1,5495	36	0,1184	1,1326	1,2160
9	13	0,1640	1,4973	1,5437	28	0,1118	1,1261	1,2060
10	47	0,1401	1,4734	1,5367	8	0,1024	1,1167	1,1971
11	43	0,1373	1,4706	1,5307	9	0,1010	1,1152	1,1896
Ordem	Safrade 2006				Safrade 2007			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	5	0,8303	4,4503	4,4503	16	0,2181	0,4777	0,4777
2	47	0,7767	4,3967	4,4235	5	0,1916	0,4512	0,4645
3	39	0,6748	4,2948	4,3806	15	0,1777	0,4373	0,4554
4	15	0,6224	4,2424	4,3460	47	0,1479	0,4075	0,4434
5	2	0,5357	4,1558	4,3080	2	0,1420	0,4016	0,4351
6	4	0,5098	4,1298	4,2783	4	0,1339	0,3935	0,4281
7	31	0,4989	4,1189	4,2555	19	0,1272	0,3868	0,4222
8	19	0,4927	4,1127	4,2377	8	0,1139	0,3735	0,4161
9	18	0,4325	4,0525	4,2171	48	0,0893	0,3489	0,4087
10	48	0,4190	4,0390	4,1993	14	0,0835	0,3431	0,4021
11	16	0,3272	3,9472	4,1764	31	0,0805	0,3401	0,3965

Tabela 8 - Seleção dos genótipos superiores de laranjeiras-doce, em cada ano/safra, para o caráter produtividade (kg/m<sup>2</sup>) cultivados em Rio Branco, Acre (conclusão)

Ordem	Safr de 2008				Safr de 2010			
	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média	Genótipo	g+ge	u+g+ge	Nova média
1	14	0,5997	3,5764	3,5765	14	0,3562	1,9268	1,9268
2	39	0,4679	3,4445	3,5105	48	0,3188	1,8894	1,9081
3	5	0,4546	3,4312	3,4841	6	0,2491	1,8197	1,8786
4	7	0,4448	3,4215	3,4684	2	0,2146	1,7852	1,8553
5	48	0,4163	3,3930	3,4533	15	0,2121	1,7827	1,8408
6	19	0,4091	3,3858	3,4421	43	0,1979	1,7685	1,8287
7	13	0,3831	3,3598	3,4303	28	0,1944	1,7650	1,8196
8	15	0,0331	3,3076	3,4150	5	0,1858	1,7664	1,8117
9	43	0,2683	3,2449	3,3961	16	0,1768	1,7474	1,8046
10	46	0,2505	3,2271	3,3792	39	0,1572	1,7278	1,7969
11	47	0,2463	3,2230	3,3650	1	0,1504	1,7210	1,7900

g+ge: efeitos genotípicos e u+g+ge: valores genotípicos

Para a variável produtividade, observa-se que há genótipos de comportamento específico, ou seja, que foram superiores em apenas algumas safras e genótipos de comportamento amplo, isto é, que mantiveram sua produtividade alta na maioria delas (Tabela 8). Apesar do ordenamento dos genótipos não ter coincidido em nenhum ano agrícola, observa-se que o genótipo 48 possui comportamento amplo, pois se destacou em todas as safras, independente da ordem. Outros genótipos que também se destacaram quanto a produtividade e apresentaram comportamento amplo foram o 19, 5 e 43, respectivamente.

Portanto, os genótipos mais produtivos em um ano não necessariamente foram mais produtivos no ano seguinte. Isso pode ser explicado devido diferentes condições ambientais em cada ano agrícola ou de acordo com as próprias características da planta. Já os genótipos 32, 40, 50, 36, 9, 18, e 1 possuem comportamentos específicos, pois se destacaram em apenas uma safra cada um.

A cultivar 'Aquirí' ficou entre os melhores materiais apenas na safra de 2003. Porém, sua produtividade (7.441 kg.ha<sup>-1</sup>) foi bem inferior ao seu verdadeiro potencial produtivo. Ledo et al. (1999) obtiveram produtividade de 18.187 kg.ha<sup>-1</sup> da laranjeira 'Aquirí', enxertada sobre o limoeiro cravo e, no espaçamento de 8 x 8 m, as mesmas condições utilizadas neste experimento. Conforme as recomendações realizadas por Ledo et al. (1997), a produtividade média da laranjeira 'Aquirí', quando enxertada

sobre o limoeiro cravo e plantada no espaçamento de 7,0 x 6,0 m, é de 38.000 kg.ha<sup>-1</sup>. Portanto, ambas superiores a produtividade média encontrada nesse estudo.

As menores produtividades foram observadas no ano de 2007 (4.777 kg.ha<sup>-1</sup>) e nas duas primeiras safras em torno de 8.000 kg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 5). Já as maiores foram verificadas nas safras de 2006 (44.503 kg.ha<sup>-1</sup> e) e 2008 (35.765 kg.ha<sup>-1</sup>). Considerando as condições climáticas, observa-se que em 2006 a temperatura média foi mais baixa que nos demais anos (25,17 °C) e a precipitação pluviométrica média uma das mais altas (171,22 mm). No ano de 2008 a temperatura média foi 26 °C e precipitação média anual de 146,97 mm (Figura 1). Essas condições podem ter sido favoráveis a maior produtividade de laranjas nesses anos, pois a temperatura e a disponibilidade hídrica são os fatores ambientais que mais interferem na produção de citros por afetam diretamente sua indução floral. Esses fatores são determinantes na época de brotação, na intensidade e na distribuição da floração (VITTI et al., 2003).

Os citros necessitam de uma temperatura mínima de 19 °C para que ocorra a indução floral. Nas regiões de clima tropical, em função das altas temperatura e disponibilidade hídrica, os citros vegetam praticamente o ano todo. Nessas condições, o estresse hídrico é o principal fator promotor da floração em laranjeiras, por estar diretamente relacionado com a quebra da dormência das gemas e com a indução floral (CRUZ et al., 2006; RIBEIRO et al., 2006). Entretanto, períodos de seca precedidos por estiagem, podem provocar um maior florescimento. De acordo com Prado et al. (2007) o florescimento é maior quando ocorrem baixa temperatura e deficiência hídrica no período de indução.

O pegamento do número de flores em citros é baixo (0,2 a 2,5%), e isso ocorre não apenas devido as condições ambientais, mas também ao estado fisiológico das plantas (BUSTAN, GOLDSCHMIDT, 1998). De acordo com Gravina (2014) a fixação de frutos é regulada tanto por fatores endógenos, tais como o estado hormonal e nutricional da planta, quanto por fatores exógenos (condições edafoclimáticas). Portanto, uma grande quantidade de estruturas florais não implica necessariamente no aumento da produção.

Uma característica importante dos citros é a alternância de produção. Isso ocorre devido a fatores endógenos, como baixa reservas de carboidratos e desbalanços hormonais, e aos fatores exógenos, mencionados anteriormente. Com isso, pode ocorrer a produção de uma grande quantidade de frutos pequenos, gastando as reservas (principalmente carboidratos e nitrogênio) da planta e causando o



arqueamento dos ramos pelo excesso de peso, o que internacionalmente é conhecido como “ano on”. O ano em que a planta gasta todas as suas reservas para produzir frutos e na safra seguinte, o florescimento pode ser bastante reduzido, gerando um pequeno número de frutos grandes e com pouco suco, ou apenas emite ramos para se recuperar da safra anterior, caracterizado como “ano off” (EFROM; SOUZA, 2018).

A quantidade de sementes nos frutos também pode interferir na produtividade das laranjeiras (DUARTE et al., 2011). As sementes em desenvolvimento são uns dos principais locais de síntese da giberelina, hormônio inibidor da floração nos citros (GUARDIOLA et al., 1982). Beber et al. (2018) avaliaram a qualidade industrial de frutos provenientes de quatro genótipos (14, 48, 51 e 55) dos 55 testados nesse trabalho e verificaram que os frutos apresentaram, em média, 12 sementes. Portanto, a grande quantidade de sementes por planta pode explicar a menor floração em algumas safras, e isso pode ter interferido na produtividade e na alternância de produção.

A relação entre a produtividade de laranjeira e as variações ambientais é bastante complexa. Pois, as variações ambientais podem afetar o crescimento e o desenvolvimento da planta de diversas formas nas diferentes fases da cultura.

De maneira geral, considerando as safras individuais, observa-se que existem diferenças entre os ambientes (anos) e que os genótipos não apresentam o mesmo padrão de comportamento em todos os ambientes avaliados. Portanto, estes resultados indicam que existem diferenças genéticas entre os materiais testados, e, conseqüentemente, a possibilidade de ganhos favoráveis com a seleção.

## 4 CONCLUSÕES

As estimativas dos parâmetros genéticos revelam a existência de variabilidade genética e indicam potencial de seleção entre os genótipos de laranjeiras-doce estudados.

A correlação genotípica entre safras foi de baixa magnitude, exceto para a variável massa média do fruto e, como reflexo, houve uma alteração no ordenamento dos genótipos.

Houve coincidência dos genótipos selecionadas para número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup> e produtividade.

Os genótipos 5, 48, 14 e 47 se destacam dentre os mais produtivos, sendo os mais indicados para efeito de seleção. Já para a característica massa média dos frutos, os melhores genótipos foram o 10 e 22.

Na seleção conjunta para todos os caracteres, os genótipos 14 e 47 são os que mais se aproximam do ideal, ou seja, aqueles que apresentariam desempenho superior para o conjunto de caracteres.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. L. P. de. **Índices multivariados e BLUP multissafras na seleção de genótipos de goiabeira**. 2017. Tese, 99 p. (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2017.
- ALVES, R. M.; RESENDE, M. D. V. Avaliação genética de indivíduos e progênies de cupuaçuzeiro no estado do Pará e estimativas de parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n.3, p.696-701, 2008.
- ARAÚJO, M. J.; DIAS, D. C.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 50, n. 10, p. 923-931, 2015.
- BRAZ, T. G. S.; FONSECA, D. M. da; JANK, L.; RESENDE, M. D. V. de; MARTUSCELLO, J. A.; SIMEÃO, R. M. Genetic parameters of agronomic characters in *Panicum maximum hybrids*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 4, p.231-237, 2013.
- BEBER, P. M. **Qualidade e maturação de frutos de laranjeiras-doce em Rio Branco, Acre**. 2013. 64 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2013.
- BEBER, P. M.; ÁLVAREZ, V. de S.; KUSDRA, J. F. Qualidade industrial e maturação de frutos de laranjeiras-doce em Rio Branco, Acre. **Citrus Research Technology**, v.9, e-1030, 2018.
- BERTOLDO JG, SILVA RP, FAVRETO R, NODARI RO, DONAZZOLO J, KOENIG LF, JACOBY T. Predição dos valores genéticos entre e dentro de populações de goiabeira-serrana [*Acca selowiana* (O. Berg.) Burret] em fase juvenil. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v.1, n.2, p.97-104, 2017.
- BORGES, V.; FERREIRA, P. V. F.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.
- BUSTAN, A.; GOLDSCHMIDT, E.E. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.21, n.2, p.217-224, 1998.
- CARDOSO P. M. R.; DIAS L. A. S.; RESENDE, M. D. V.; FREITAS, R. G.; CORRÊA, T. R.; MUNIZ, D. R.; ZAIDAN, I. R. Genetic evaluation and selection in *Jatropha curcas* L. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.18, p.192-199, 2018.
- CARVALHO, J. E. B. de; XAVIER, F. A. da S.; LUCENA, C. C. de; TORRES, L. S. G.; GOMEZ, D. R.; DAMASCENO, L. A.; SILVA, J. F. da. Manejo de coberturas vegetais para controle de plantas daninhas e proteção do solo na citricultura do Amazonas. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular técnica, 125).
- CARIAS, C. M. D. O. M.; GRAVINA, G. A.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, R. G.; VIVAS, M.; VIANA, A. P. Predição de ganhos genéticos via modelos mistos em Progênies de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, p. 39 - 45, 2016.

- CARIAS, C. M. O. M.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, R. G.; GONÇALVES, L. S. A. Produtividade de grãos de cafeeiro conilon de diferentes grupos de maturação pelo procedimento REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 707-718, mar./abr. 2014.
- CORREA, E. R.; MEDEIROS, G. C. R.; BARROS, W. S.; BIANCHI, V. J. Evaluation and ranking of Macadamia genotypes using mixed models. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.38, p.3696-3703, sep. 2015.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa, MG: UFV, 2012.
- CRUZ, M. C. M.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R. Florescimento da tangerina 'Ponkan' e da limeira ácida 'Tahiti' submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 360-364, 2006.
- DUARTE, T. F.; BRON, I. U.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; MAZZAFERA, P.; SHIMIZU, M. M. Efeito da carga pendente na qualidade de frutos de laranja Valência. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.3, n.3, p.823-829, 2011.
- EFROM, C. F. S.; SOUZA, P. V. D. (Org.). **Citricultura do Rio Grande do Sul: indicações técnicas**. 1. ed. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação - SEAPI, 2018.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. New York: Longman, 1996. 464 p.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279p.
- FARIAS NETO, J.T.; RESENDE, M.D.V. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n.2, p.320-324, 2001.
- FEHR, W. R. **Principles of cultivars development**. New York: Macmillan, 1987. 536 p.
- FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 61-69, 2008.
- FIGUEIREDO, A. G.; VON PINHO, R. G.; SILVA, H. D.; BALESTRE, M. Application of mixed models for evaluating stability and adaptability of maize using unbalanced data. **Euphytica**, v.202, n.3, p.393-409, 2015.
- FREITAS, E. G.; PASTINA, M. M.; GAZAFFI, R.; PINTO, L. R.; XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A.; GARCIA, A. A. F. Modelos mistos para seleção de genótipos superiores e de futuros genitores de cana-de-açúcar. In: Reunião Anual Da Região Brasileira Da Sociedade Internacional De Biometria, 58.; Simpósio De Estatística Aplicada À Experimentação Agronômica, Campina Grande, 15p, 2013.
- GOIS, I. B. **Seleção genômica (GWS) e fenômica no melhoramento de citrus**. 2016. 55 f. Tese (Doutorado em fitotecnia) - Programa de pós Graduação em fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2016.

GOMES JÚNIOR, R. A.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; PINA, A. J. A.; SILVA, M. P.; RESENDE, M. D. V. Características vegetativas na fase juvenil de híbridos interespecíficos de caiaué com dendezeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v.58, p. 27-35, 2015.

GONDIM, T. M. de S.; RTZINGER, R.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da. Seleção e caracterização de laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.451-454, 2001.

GRAVINA, A. **Fisiología de Citrus**. Universidad de la República Oriental del Uruguay: Montevideo, 2014. 145 p.

GUARDIOLA, L. L.; MONERRI, C.; AGUSTI, M. The inhibitory effect of gibberelic acid on flowering in Citrus. **Physiologia Plantarum**, v.55, n.2, p.136-142, 1982.

HENDERSON, C. R. Beste Linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, Alexandria, v. 31, n. 2, p. 423-447, June, 1975.

IBGE. Sistema de Recuperação Automática: SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

Instituto Nacional de Meteorologia. Normas climatológicas. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em: 03 de mar. 2019.

LEDO, A. S.; LEDO, F. J. S.; RITZINGER, R.; PIMENTEL, F. A.; AZEVEDO, F. F. **Recomendação da laranja Aquiri e técnicas para o plantio no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1997 (Comunicado Técnico, 73).

LEDO, A. da S.; LEDO, F.J. da S.; RITZINGER, R.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da. Porta-enxertos para laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), em Rio Branco, Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.1211-1216, 1999.

LUCIUS, A. S. F; OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J. C.; VERISSIMO, M. A. A. Desempenho de famílias de cana-de-açúcar em diferentes fases no melhoramento genético via REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p.101-112, 2014.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. de; PAIVA, J. R. de; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009.

MIRANDA, A. C.; MORAES, M. L. T. de; SILVA, P. H. M. da; SEBBENN, A. M. S. Ganhos genéticos na seleção pelo método do índice multi-efeitos em progênes polinização livre de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 203-209, mar. 2015.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, L. C.; ÁLVARES, V. S.; MACIEL, V. T.; LIMA, A. C. Seleção de clones experimentais de cupuaçu para características agroindustriais via modelos mistos. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.5, p. 35 - 43, 2011.

OLIVEIRA, R. P. de; SOARES FILHO, W. dos S.; MACHADO, M. A.; FERREIRA, E. A.; SCIVITTARO, W. B.; GESTEIRA, A. da S. Melhoramento genético de plantas cítricas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n. 281, p. 21-29, jul/ago 2014.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v.58, n.3, p.545-554, 1971.

PEREIRA, T. B.; CARVALHO, J. P. F.; BOTELHO, C. E.; RESENDE, M. D. V. de; REZENDE, J. C. de Re; MENDES, A. N. G. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p.230-236, 2013.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S.; RESENDE, M. D. V. Avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras Valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.199-209, 2013.

POZZAN, M. & TRIBONI, H.R. Colheita e qualidade do fruto. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M. & POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. p. 801-822.

PRADO, A. K. de S.; MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; MACHADO, D. F. S.; MAZZAFERA, P. Florescimento e frutificação em laranjeiras 'valência' com diferentes cargas de frutos e submetidas ou não à irrigação. **Bragantia**, v.66, n.2, 2007.

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

RESENDE, M. D. V. Seleção Genômica Ampla (GWS) e Modelos Lineares Mistos. In: RESENDE, M. D. V. **Matemática e Estatística na Análise de Experimentos**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 517-533, 2007. 362p.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 16, p. 330-339, 2016.

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

REUTHER, W. Citrus. In: ALVIM, P.T.; KOZLOWSKI, T.T. **Ecophysiology of tropical crops**. London: Academic Press, p.409-439, 1977.

RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H. D.; BARBOSA, D. H.; SOUZA FILHO, G. R.; CANDIDO, L. S. Adaptability and genotypic stability of Coffea arabica genotypes based on REML/BLUP analysis in Rio de Janeiro State, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 3, p.2391-2399, jul. 2013.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SANTOS, V. B. dos. **Avaliação genotípica de linhagens de arroz de terras altas via metodologia de modelos mistos**. 2009.153 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

SCARPINATI, E. A.; PERECIN, D.; PAULA, R. C.; BONINI, C. A. V.; PAVAN, B. E.; CANDIDO, L. S. Influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.769-776, 2009.

SILVA, S. S. da; PORDEUS, S. R. V.; PEREIRA, J. O.; DANTAS NETO, J.; BEZERRA, J. M. Estimativa de parâmetros genéticos do cajueiro anão precoce em um solo arenoso pelo procedimento reml/blup. **Revista Verde**, v.8, n.3, p. 41-51, 2013a.

SILVA, T. R. C.; AMARAL, A. T. J.; GONÇALVES, L. S. A.; CANDIDO, L. S. Agronomic performance of popcorn genotypes in Northern and Northwestern Rio de Janeiro State. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, p.57-63, 2013b.

SOARES, A. A.; SANTOS, V. B.; RESENDE, M. D. V. de; REIS, M. de S.; CORNELIO, V. M. de O.; LEITE, N. A.; SOARES, P. C. Avaliação genotípica de linhagens testadas nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de arroz de terras altas, utilizando modelo misto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6., 2009, Porto Alegre. Estresses e sustentabilidade: desafios para a lavura arrozeira. Porto Alegre: Sosbai, 2009.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilexparaguarensis* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.50, p.3751, 2005.

TAZIMA, Z. H.; NEVES, C. S. V. J.; STENZEL, N. M. C.; YADA, I. F. U.; LEITE JUNIOR, R. P. Produção e qualidade de frutos de cultivares de laranja-doce no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 474-479, jun. 2009.

VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F. de. OLIVEIRA, A. C. de. LORENCETTI, C.; SOUZA, V. Q. de; SILVA, J. A. G. da; HARWIG, I.; SCHMIDT, D. A. M.; BERTAN, I.; RIBEIRO, G. Estabilidade da produção e da capacidade de combinação de diferentes populações de aveia. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 30, p.331-346, 2009.

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

VITTI, M. R.; ROSSI, A.; RUFATTO, L.; VISENTIN, M.; MENDEZ, M. H. G. Época e intensidade de florescimento da laranja valência sobre dois porta-enxertos de acordo com a distribuição pelos quadrantes e três ciclos produtivos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 4, p. 343-346, out-dez, 2003.

WINCKLER FILHO, P. R. **Desempenho de famílias e genitores de cana-de-açúcar, série RB12, via modelos mistos no Estado do Paraná**. 46f, 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, 2016.

ZHOU, M.; JOSHI, S. Trends in broad sense heritability and implications for sugarcane breeding in South Africa. **Sugar Tech**, Kunraghat, v. 14, n. 1, p. 40-46, 2012.

## **4 CAPÍTULO II**

# **REPETIBILIDADE DE CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS EM LARANJEIRAS- DOCE**



## RESUMO

No Estado do Acre a produção de laranjeiras é incipiente, devido, principalmente, a falta de cultivares recomendadas para a região. O ciclo longo das laranjeiras torna questionável o número ideal de safras, para que se conheça o real potencial dos genótipos. As estimativas do coeficiente de repetibilidade auxiliam na definição do número e do período adequado de avaliações dos genótipos para maior eficiência dos programas de melhoramento. O objetivo do trabalho foi quantificar a repetibilidade de caracteres referentes à produção de laranjeiras durante oito safras. O experimento foi conduzido em blocos casualizado contendo 55 genótipos de laranjeiras-doce e três repetições em oito safras. Os coeficientes de repetibilidade foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), e a predição dos valores genotípicos, pelo melhor preditor linear não viesado (BLUP). O software selegen REML/BLUP foi utilizado para realização das análises estatísticas, aplicando-se aos dados os modelos 20 (clones não-aparentados em blocos casualizados, considerando uma planta por parcela) e o 55 (genótipos em blocos completos com estabilidade e adaptabilidade temporal em um só local e em várias safras). Os valores do coeficiente de herdabilidade média indicaram a possibilidade de seleção para todos os caracteres avaliados. De acordo com a acurácia seletiva, há regularidade na repetição dos valores em cada safra, permitindo selecionar genótipos superiores em poucos ciclos de produção. A adoção de uma experimentação com seis safras pode elevar a acurácia a 70% na seleção de genótipos de laranjeiras-doce para as características relacionadas à produção e para a variável massa média do fruto. Sete safras são suficientes para se obter 80% de acurácia.

**Palavras chaves:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Amazônia Sul Ocidental, número de medições, produtividade, REML/BLUP.

## ABSTRACT

In the State of Acre, the production of orange trees is incipient, mainly due to a lack of cultivars recommended for the region. The long cycle of orange trees becomes questionable or the ideal number of harvests, so that this is known as real potential of the genotypes. How to make the coefficient of repeatability help in defining the number and the evaluation period of the genotypes for the improvement of breeding programs. The objective of this work was to quantify the possibility of orange tree production during the sapphire. The experiment was conducted in a randomized block containing 55 orange particles and three replicates in eight harvests. The repeatability coefficients were estimated by the restricted likelihood method (REML), and a prediction of the genotypic values by the best non-biased linear predictor (BLUP). The free software REML / BLUP was used to visualize the data analysis, applying the data of models 20 (unrelated blocks in random blocks, considering one plant per plot) and 55 (complete blocks were not related to the stability and temporal capacity) in one place and in several harvests). The mean heritability coefficient values indicated a possibility of selection for all evaluated characters. According to the selective accuracy, there is regularity in the repetition of the values in each crop, allowing selecting superior genotypes in a few production cycles. The adoption of a six-season experimentation can increase the accuracy to 70% in the selection of sweet orange genotypes for the characteristics related to the production and to the variable average mass of the fruit. Seven harvests are sufficient to obtain 80% accuracy.

**Key words:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Amazônia Sul Ocidental, number of measurements, productivity, Reml/Blup.

## 1 INTRODUÇÃO

A laranja doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) é uma das frutas de maior importância econômica no Brasil. No Estado Acre, a produção não atende à demanda local, sendo um dos principais problemas a baixa disponibilidade de cultivares adaptadas as condições edafoclimáticas da região. Nesse sentido, pesquisas vem sendo desenvolvidas visando ampliar a variabilidade existente de modo a selecionar genótipos mais produtivos, a fim de manter a produção contínua ao longo do ano.

A seleção de novos genótipos é essencial e deve ser realizada com precisão quando se deseja promover o aumento da produtividade. Contudo, espécies perenes apresentam certas peculiaridades que podem dificultar seu melhoramento. Dentre essas destacam-se, a exigência de grandes áreas experimentais, ciclo reprodutivo longo, acentuada oscilação anual de produção, sobreposição de geração e expressão dos caracteres ao longo de vários anos (PEREIRA et al., 2013; RODRIGUES et al., 2017).

Nos ensaios de competição de cultivares de citros, para a determinação dos melhores genótipos são necessários muitos tratamentos o que gera demanda por grande área experimental ao longo de vários anos, geralmente superiores a oito safras, o que torna essas pesquisas morosas e onerosas. Além disso, geralmente ocorrem perdas de plantas, gerando dados desbalanceados para uso na estimação de parâmetros genéticos e na predição de valores genéticos individuais (CARIAS et al., 2014).

Devido ao longo prazo e aos altos custos na condução dos programas de melhoramento da laranjeira, torna-se de grande importância o uso de procedimentos de seleção mais acurados que levem ao aumento da confiabilidade e eficiência na avaliação, e conseqüentemente, possa reduzir os custos da pesquisa. Os caracteres de interesse no melhoramento da laranjeira expressam-se mais de uma vez em cada indivíduo, gerando dados de colheitas ou medidas repetidas. Estas colheitas podem ser correlacionadas entre si, podendo haver heterogeneidade de variâncias e de covariâncias (RESENDE, 2007). Portanto, a utilização de metodologias mais precisas é necessária em função do desequilíbrio de delineamentos experimentais e da repetibilidade de gerações sucessivas durante o ciclo de produção associado às características quantitativas na seleção de plantas perenes.

Os genótipos superiores selecionados para cultivo comercial devem manter sua superioridade ao longo das safras (VALENTE et al., 2017). Nesse sentido, uma forma de selecionar com eficiência esses genótipos é mensurando o coeficiente de

repetibilidade, que pode ser estimado a partir de várias medições em um mesmo indivíduo, submetido a variações no tempo ou no espaço (MAIA et al., 2017; ALCOFORADO et al., 2019). Com base nesse coeficiente, é possível estabelecer o número de avaliações necessárias para garantir a eficiência na seleção de genótipos geneticamente superiores, com a acurácia desejada pelo pesquisador e com menos dispêndio de tempo, custos e mão de obra (CRUZ et al., 2014; MARÇAL et al., 2016).

Tradicionalmente, a metodologia mais utilizada no melhoramento genético de plantas perenes para estimar o coeficiente de repetibilidade é a dos mínimos quadrados (LS) por meio da análise de variância (LESSA et al., 2014; NEGREIROS et al., 2014; LIRA JÚNIOR et al., 2014; LUZ et al., 2015; CARGNIN, 2016; MARÇAL et al., 2016; FONSECA et al., 2018; RADAELLI et al., 2018). No entanto, este método faz suposições mais restritivas quanto à estrutura de covariância dos dados, podendo afetar as inferências em diversas situações, como a obtenção de estimativas negativas de componentes de variância, além de suas propriedades serem pouco conhecidas em condições de desbalanceamento de dados.

A escolha inadequada da metodologia pode levar a inferências imprecisas quanto à seleção dos melhores genótipos, devido ao confundimento entre efeitos genotípicos e ambientais, resultando na baixa eficiência da seleção. Nesta situação, a metodologia dos modelos mistos é a mais indicada, pois envolve a estimação de componentes de variância pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e a predição dos valores genotípicos pela melhor predição linear não viciada (BLUP), não confundindo efeitos genotípicos com ambientais (RESENDE, 2016).

O coeficiente de repetibilidade têm sido estimados pela metodologia dos modelos mistos em diversas espécies frutíferas perenes como mamoeiro (RAMOS et al., 2014); mangueira (ARRIEL et al., 2016; MAIA et al., 2017), maracujazeiro (SILVA et al., 2017), castanheira (PEDROZO et al., 2015), pupunheira (RODRIGUES et al., 2017) videira (LEÃO et al., 2018; SALES et al., 2019), goiabeira (SANTOS et al., 2017), gravioleira (SANCHÉZ et al., 2017) e bacurizeiro (MAIA et al., 2016). No entanto, trabalhos visando determinar a repetibilidade de caracteres quantitativos em laranjeiras-doce utilizando a metodologia dos modelos mistos não foram encontrados, apesar da importância que estes apresentam para experimentos que visam selecionar cultivares.

O objetivo deste trabalho foi estimar os coeficientes de repetibilidade de caracteres quantitativos em múltiplas safras de laranjeiras-doce, a fim de inferir qual o número mínimo de avaliações necessárias para identificar os genótipos superiores de laranjeiras por meio da metodologia dos modelos mistos.

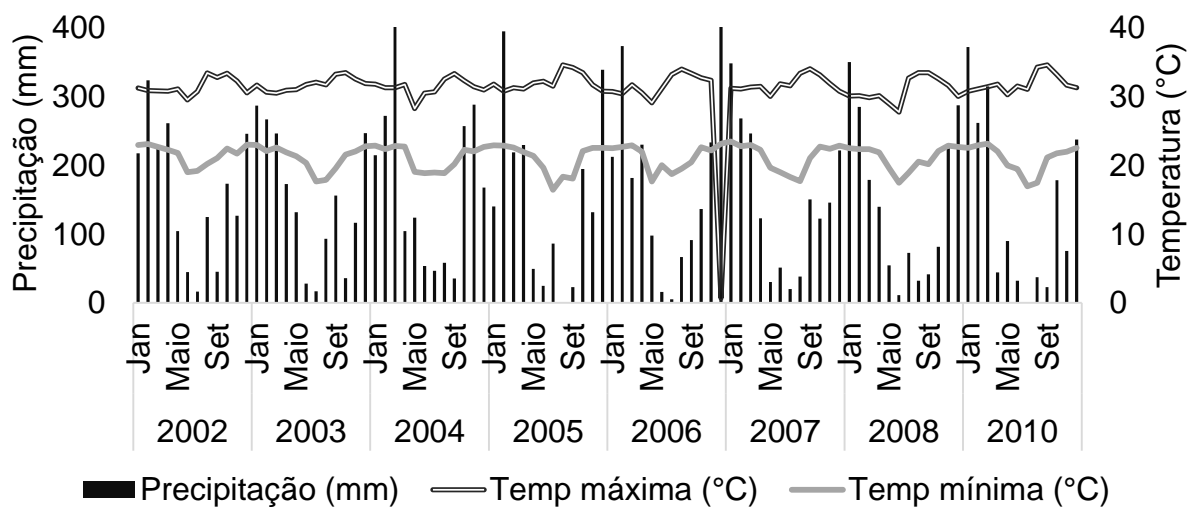
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL GENÉTICO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Acre, no município de Rio Branco, Acre e conduzido durante os anos de 2002 a 2010. O município está localizado a 9°58'29" de latitude S e 67°49'44" de longitude W, a 160 m de altitude. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW (quente e úmido, com um período seco anual de 3 meses), com temperatura média das máximas de 30,9 °C e mínimas de 20,8 °C, precipitação anual de 1.700 mm e umidade relativa do ar em torno de 83% (AGRITEMPO, 2016).

Os dados referentes a temperatura e a precipitação pluviométrica, durante a condução do experimento estão disponíveis na Figura 1 (INMET, 2019).

Figura 1 – Temperatura (°C) e precipitação pluviométrica (mm) durante o período experimental (2002 a 2010) em Rio Branco, Acre



O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura média/argilosa, bem drenado e de topografia plana (SANTOS, 2006). A análise química do solo indicou, até 40 cm de profundidade, as seguintes características: pH: 5, 2; K: 0,17 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Ca: 3,70 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Mg: 1,49 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Al: 0,14 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; H+Al: 2,57 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; soma de bases: 5,36 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; carbono orgânico: 7,27 g kg<sup>-1</sup>; CTC: 5,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> e saturação de bases: 68%.

O material vegetal utilizado foi coletado no período de março a junho de 1999, em propriedades de projetos de assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Foram selecionadas 54 plantas matrizes de laranjeiras-doces, ainda em fase de produção, oriundas da Mesorregião do Vale do Acre, mais a cultivar local 'Aquiri' (recomendada pela Embrapa Acre), totalizando 55 genótipos (Tabela 1).

Tabela 1 – Locais de coleta dos genótipos de laranjeiras-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] no Estado do Acre

Municípios	Coordenadas	Genótipos
Plácido de Castro	10°19'43"S, 67°10'44"W	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Senador Guiomard	10°09'03"S, 67°44'13"W	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Capixaba	10°34'29"S, 67°40'38"W	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
Xapuri	10°39'11"S, 68°30'03"W	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Sena Madureira	09°04'10"S, 68°39'30"W	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
Brasiléia	11°00'01"S, 68°44'59"W	39, 40, 41, 42
Epitaciolândia	11°01'56"S, 68°43'54"W	43, 44, 45, 46, 47
Porto Acre	09°35'42"S, 67°32'36"W	48, 49, 50, 51, 52
Rio Branco	09°58'29"S, 67°49'44"W	53, 54, 55 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cultivar local 'Aquiri' (RITZINGER, 2000).

As matrizes selecionadas foram provenientes de plantas pé-franco (produzidas a partir de sementes), vigorosa, aparentemente sadias, com idade média de 22 anos, produtivas e com frutos de qualidade a atender as exigências do mercado consumidor. A época de colheita da maioria desses genótipos distribui-se de fevereiro a outubro, com concentração nos meses de abril a julho (GONDIM et al., 2001).

De cada genótipo foram coletadas cinco hastes, cada um contendo dez gemas, com auxílio de uma tesoura de poda. As hastes foram acondicionadas em caixa térmica, envolvidas com papel umedecido e levadas para o laboratório de sementes da Embrapa Acre. Foram retiradas duas gemas vegetativas de cada haste e enxertadas sobre porta-enxertos de limoeiro 'cravo' (*Citrus limonia* (L.) Osbeck) para, posteriormente, serem avaliadas em ensaio de competição de clones.

O plantio dos genótipos foi realizado em fevereiro de 2000, adotando-se o espaçamento de 8 x 8 m e como bordadura foi utilizada a cultivar de laranjeira 'Aquiri'. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 55 tratamentos (54 genótipos coletados mais a cultivar 'Aquiri') e 3 repetições. Devido à grande quantidade de material e do tamanho reduzido da área experimental disponível foi utilizada uma planta útil por parcela (GONDIM et al., 2001).

As avaliações foram realizadas durante as safras de 2002 a 2008 e 2010. O cultivo das laranjeiras foi conduzido sem irrigação, as adubações foram feitas de acordo com a análise de solo. O manejo da cultura foi realizado conforme as recomendações descritas por Ledo et al. (1996). As características avaliadas foram número total de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média de fruto (kg) e a produtividade (kg/m<sup>2</sup>).

## 2.2 ANÁLISES GENÉTICO-ESTATÍSTICAS

As análises genético-estatísticas foram realizadas pela metodologia dos modelos mistos, em que os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (*Restricted Maximum Likelihood* – REML) (RESENDE, 2016) e os valores genotípicos preditos pelo método da melhor predição linear não viesada (*Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP) (HENDERSON, 1975).

Para cada safra foram realizadas análises individuais, para verificar a heterogeneidade de variâncias, empregando-se o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xb + Zg + e, \text{ em que:}$$

$y$ : vetor de dados;

$b$ : vetor de dados dos efeitos fixos de bloco, somados a média geral;

$g$ : vetor de dados dos efeitos aleatórios de genótipo;

$e$ : vetor de erros aleatórios; e

$X$  e  $Z$ : representam as matrizes de incidência para os vetores  $b$  e  $g$ .

Para os casos em que foi verificado a variação dos coeficientes de herdabilidades no sentido amplo foi efetuada a padronização dos dados, por meio do fator de correção obtido, de acordo com a seguinte expressão descrita por Resende (2007):

$$\frac{\sqrt{h_{ik}^2}}{\sqrt{h_i^2}}, \text{ em que:}$$

$h_{ik}^2$ : herdabilidade individual no sentido amplo para o caráter  $i$  na avaliação  $k$ ; e

$h_i^2$ : média das herdabilidades individuais no sentido amplo das  $k$  avaliações para o caráter  $i$ .

Após a padronização dos dados, foi realizada a análise conjunta considerando os genótipos e época de colheita, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xb + Za + Wc + e, \text{ em que:}$$

$y$ : vetor de dados;

$b$ : vetor dos efeitos dos blocos (fixos) somados à média geral;

$a$ : vetor dos efeitos genotípicos individuais (aleatórios);

$c$ : vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios);

$e$ : vetor de erros (aleatórios)  $e$ ;

$X$ ,  $Z$  e  $W$ : representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Foram realizadas análises de *deviance* (ANADEV) para testar a significância dos componentes de variância conforme os efeitos aleatórios do modelo. Em modelos mistos, a ANADEV substituiu o teste F da ANOVA no caso de experimentos desbalanceados (BORGES et al., 2010).

Por meio dos componentes de variância empregou-se o teste da razão de verossimilhança (LRT), em que a significância do modelo foi avaliada pelo teste do qui-quadrado com um grau de liberdade. Para isso, foram obtidas as deviances com o modelo completo e reduzido. Em seguida, foi subtraída da deviance completa a deviance do modelo reduzido de cada efeito e comparado com o valor do qui-quadrado com um grau de liberdade, a 1% e 5% de probabilidade (RESENDE, 2007).

A partir das variâncias genotípicas e fenotípicas, de acordo com Resende (2007), foram estimados os parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido amplo ( $h^2g$ ), herdabilidade da média de genótipos em oito safras ( $h^2mg$ ), repetibilidade individual ( $r_1$ ), repetibilidade ao nível de oito safras ( $r_8$ ), acurácia na seleção de genótipos em uma safra ( $Ac_1$ ) e acurácia da seleção de genótipos em oito safras ( $Ac_8$ ), para verificar o número de avaliações necessárias para predizer o valor real dos genótipos com precisão.

Para as análises individuais foi adotado o modelo estatístico 20 que se refere a avaliação de genótipos não aparentados obtidos em blocos ao acaso, contendo uma planta por parcela e para a análise conjunta foi utilizado o modelo 55 referente a genótipos no delineamento em blocos casualizados com estabilidade e adaptabilidade temporal em um só local e em várias épocas, com o auxílio do software Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2016).



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS

As estimativas do coeficiente de repetibilidade, acurácia seletiva e herdabilidade média obtidas para quatro variáveis, por meio dos modelos mistos via REML/BLUP são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativas de parâmetros genéticos de número de frutos por planta (NFP), número de frutos por m<sup>2</sup> (NFR/m<sup>2</sup>), massa média do fruto (MMF) e produtividade, em genótipos de laranjeiras-doce, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre

Parâmetros	Variáveis			
	NFP	NFR/m <sup>2</sup>	MMF (kg)	Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )
$h^2g$	0,0662	0,0808	0,1138	0,0659
$h^2mg$	0,5673	0,5924	0,6786	0,4974
$r_1$	0,0718	0,1002	0,1459	0,1206
$r_8$	0,3823	0,4711	0,5775	0,5231
$Ac_1$	0,3805	0,4101	0,4921	0,3740
$Ac_8$	0,7532	0,7697	0,8238	0,7053
Média geral	614,6123	8,2951	0,1802	1,4768

Herdabilidade individual no sentido amplo ( $h^2g$ ), herdabilidade média de oito safras ( $h^2mg$ ), repetibilidade individual ( $r_1$ ), repetibilidade ao nível de oito safras ( $r_8$ ), acurácia seletiva em uma safra ( $Ac_1$ ) e acurácia seletiva em oito safras ( $Ac_8$ ).

De acordo com Cruz et al. (2014), no melhoramento de plantas perenes, é de fundamental importância a interpretação das estimativas de parâmetros genéticos para identificar a natureza dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos, bem como avaliar a eficiência de seleção de diferentes estratégias de melhoramento visando maximizar os ganhos com a seleção, além de manter uma base genética adequada. A predição de parâmetros genéticos como herdabilidade e repetibilidade é uma das mais importantes contribuições da genética quantitativa para o melhoramento (RESENDE, 2015).

Para a produção de frutos, as estimativas da herdabilidade individual no sentido amplo foi de 6% (Tabela 2). De acordo com a classificação descrita por Resende (2002), a herdabilidade pode ser considerada de magnitudes baixa ( $h^2 < 0,15$ ), média ( $0,15 < h^2 < 0,50$ ) ou alta ( $h^2 > 0,50$ ). Portanto, as herdabilidades individuais encontradas nesse estudo foram de baixa magnitude, o que indica a necessidade de várias repetições de cada genótipo e a colheita de várias safras para que a seleção seja mais precisa.

Segundo Fonseca et al. (2018), quando a herdabilidade é baixa, é necessário avaliar um número maior de frutos. No entanto, se o número de frutos aumentar muito,

o processo de avaliação será mais longo e, possivelmente, isso aumentará o tempo e os custos da seleção.

Segundo Resende (2002), é comum obter herdabilidades individuais de baixa magnitude para caracteres quantitativos governados por muitos genes e com elevada influência ambiental. De acordo com Pompeu Júnior et al. (2013), é difícil quantificar precisamente essa variável ao contrário daquelas que permitem medições mais exatas como a altura, por exemplo, pois, a herdabilidade depende de vários fatores como da população e das condições ambientais.

Como as herdabilidades estimadas foram de baixas magnitudes, é indicada a utilização de métodos mais precisos de seleção. De acordo com Ferreira et al. (2016), os estimadores BLUP são recomendados para as características de baixa herdabilidade e trazem valores consideráveis de ganho com a seleção. Pompeu Júnior et al. (2013) obtiveram coeficiente de herdabilidade individual no sentido amplo para produção de laranjeiras de 9,3%, isto é, próximos aos resultados encontrados nesse trabalho.

Nota-se que os coeficientes de herdabilidade média indicam a possibilidade de seleção para todos os caracteres, principalmente para a massa média do fruto, com valor em torno de 68% (Tabela 2). Borges et al. (2017) também encontraram herdabilidades moderadas (0,25) para a massa média dos frutos de pupunheira.

As herdabilidades médias encontradas nesse estudo foram de magnitudes moderadas a altas, variando de 49,74% para produtividade a 67,86% para massa média do fruto. Pompeu Júnior et al. (2013) obtiveram herdabilidade média de 71,57% para a produção de laranjeiras em cinco safras. Portanto, os resultados encontrados são ótimos para a seleção, pois conduzem também a maiores acurácias seletiva, haja visto que este parâmetro depende da herdabilidade e da repetibilidade do caráter, refletindo a quantidade e a qualidade das informações e dos procedimentos utilizados para prever valores genéticos (BRUNA et al., 2014).

Conforme observado neste estudo, os valores altos de herdabilidade conduziram a acurácias de alta magnitude, variando de 70% a 82% para produtividade e massa média do fruto, respectivamente. Esses valores indicam que a avaliação e o valor genético predito do indivíduo são confiáveis (STURION; RESENDE, 2005). Sanchez et al. (2017) em estudos com gravioleira (*Annona muricata* L) também observaram acurácia seletiva baseada na média das safras de alta magnitude (0,95), indicando alta precisão e confiabilidade na seleção genotípica.

No contexto da avaliação genotípica, a acurácia seletiva é considerada o parâmetro mais importante (POMPEU JÚNIOR et al., 2013). Este parâmetro está associado à precisão na seleção e refere-se à correlação entre valores genéticos preditos e valores genéticos verdadeiros dos indivíduos. Portanto, quanto menores forem os desvios entre os valores verdadeiros e os genéticos estimados ou preditos, maior será a acurácia (RESENDE, 2007).

O objetivo da acurácia é informar sobre o correto ordenamento das cultivares para fins de seleção de plantas. Segundo Resende (2007), acurácia superior a 50% pode ser considerada como ideal, indicando uma boa precisão na seleção dos genótipos. A acurácia pode ser alterada pelo melhorista visando maximizar o ganho genético (STURION; RESENDE, 2005).

De acordo com os valores obtidos da acurácia, observa-se uma certa regularidade na repetição dos valores em cada safra, permitindo selecionar genótipos superiores em poucos ciclos de produção baseando-se nessas variáveis (Tabela 2). Esse resultado está de acordo com Leão et al. (2018) que aplicaram a metodologia dos modelos mistos (REML/BLUP) em híbridos de uva e encontraram alta herdabilidade para produção, número de frutos por planta e massa média do fruto.

Neste estudo, um dos parâmetros genéticos mais importantes é a repetibilidade. Uma vez que existem poucas pesquisas com laranjeiras-doce visando estimá-la. O coeficiente de repetibilidade possibilita determinar a quantidade de observações fenotípicas a serem realizadas em cada indivíduo para que a seleção dos genótipos seja otimizada, reduzindo o custo e a mão de obra (CRUZ et al., 2014).

Segundo Bruna et al. (2012), é importante conhecer o coeficiente de repetibilidade, pois com ele é possível prever o tempo necessário para que a seleção de indivíduos geneticamente superiores seja realizada com a acurácia desejada. Resende (2002) classifica a repetibilidade como alta ( $r \geq 0,60$ ), média ( $0,30 < r < 0,60$ ) ou baixa ( $r \leq 0,30$ ). Como esperado para variáveis quantitativas, o coeficiente de repetibilidade individual em uma safra foi de baixa magnitude, variando de 0,07 para número de frutos por planta a 0,14 para massa média do fruto (Tabela 2).

Os valores de repetibilidade baixos em uma safra indicam que é necessário realizar uma experimentação mais adequada, com maior o número de avaliações no mesmo indivíduo, ou com mais repetições para incrementar a acurácia e alcançar valores de determinação genotípica satisfatórios (BRUNA et al., 2012; PEREIRA et al., 2013). Esses valores também podem indicar que a variável possui baixa herdabilidade já que a repetibilidade expressa o máximo que a herdabilidade no sentido amplo pode

atingir (FALCONER; MACKAY, 1996). Além disso, também podem indicar alta variância ambiental para as características avaliadas, comparada com a variância existente entre plantas.

### 3.3 EFICIÊNCIA NO NÚMERO DE MEDIÇÕES PREDITAS PELO BLUP

Na Tabela 3 são apresentadas as acurácias e as herdabilidades média que seriam obtidas utilizando-se um maior número de medições que o utilizado no presente estudo. O coeficiente de determinação e a eficiência seletiva entre o uso de M medidas em comparação com o uso de apenas uma medida foram calculados para estabelecer o número ótimo de medidas necessários para selecionar genótipos de laranjeiras-doces de alta produtividade.

Tabela 3 - Eficiência das medidas repetidas previstas pelo BLUP de número de fruto por planta, número de fruto por m<sup>2</sup>, produtividade e massa média do fruto em genótipos de laranjeiras-doce, avaliadas em oito safras, em Rio Branco, Acre

Número de frutos por planta					Número de frutos por m <sup>2</sup>			
M	h <sup>2</sup> med	R	Acurácia	Eficiência	h <sup>2</sup> med	r	Acurácia	Eficiência
1	0,1448	0,0718	0,3805	1,00	0,1682	0,1002	0,4101	1,00
2	0,2521	0,1340	0,5021	1,3360	0,2827	0,1822	0,5335	1,3483
3	0,3348	0,1884	0,5786	1,5547	0,3701	0,2504	0,6084	1,5809
4	0,4004	0,2363	0,6328	1,7139	0,4355	0,3082	0,6599	1,7537
5	0,4538	0,2790	0,6736	1,8366	0,4870	0,3558	0,6979	1,8893
6	0,4981	0,3117	0,7057	1,9347	0,5289	0,4005	0,7272	1,999
7	0,5354	0,3513	0,7317	2,0153	0,5634	0,4380	0,7506	2,0909
8	0,5673	0,3823	0,7532	2,0828	0,5924	0,4711	0,7697	2,1684
9	0,5948	0,4105	0,7712	2,1403	0,6117	0,5006	0,7856	2,3551
10	0,6188	0,4362	0,7866	2,1899	0,6384	0,5269	0,7990	2,2931
Massa média do fruto (kg)					Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )			
M	h <sup>2</sup> med	R	Acurácia	Eficiência	h <sup>2</sup> med	r	Acurácia	Eficiência
1	0,2422	0,1459	0,4921	1,00	0,1399	0,1206	0,3740	1,00
2	0,3828	0,2547	0,6188	1,3211	0,2374	0,2152	0,4872	1,3360
3	0,4749	0,3389	0,6891	1,5239	0,3092	0,2914	0,5561	1,5547
4	0,5397	0,4060	0,7346	1,6679	0,3644	0,3542	0,6037	1,7139
5	0,5878	0,4607	0,7667	1,7768	0,4080	0,4067	0,6388	1,8366
6	0,6250	0,5062	0,7906	1,8625	0,4435	0,4513	0,6659	1,9347
7	0,6546	0,5446	0,8091	1,9318	0,4728	0,4897	0,6876	2,0153
8	0,6786	0,5775	0,8238	1,9893	0,4974	0,5231	0,7053	2,0828
9	0,6986	0,6059	0,8358	2,0377	0,5185	0,5524	0,7200	2,1403
10	0,7155	0,6308	0,8458	2,0791	0,5367	0,5782	0,7326	2,1899

Número de medidas/avaliações (M), coeficiente de determinação da repetibilidade (r), acurácia dos valores fenotípicos permanentes baseados em m anos de avaliação (Acm) e eficiência das m avaliações, comparadas com a situação em que apenas uma avaliação é realizada (Ef).

Conforme já esperado, observa-se que o coeficiente de determinação, a acurácia e a eficiência seletiva aumentaram à medida que elevou o número de medidas (Tabela 3). Sanchez et al. (2017) ao estimarem o coeficiente de repetibilidade e o número ótimo de medidas na seleção de genótipos superiores de gravioleira também verificaram esse aumento.

De acordo com a predição feita pelo Blup para 10 safras, observa-se que houve um aumento significativo do coeficiente de determinação genético. Para a variável número de frutos por planta o aumento do coeficiente de determinação genética foi 0,07 para 0,43; para o número de frutos por m<sup>2</sup> foi 0,10 para 0,53; para a massa média do fruto foi de 0,15 para 0,63 e para a produtividade (kg/m<sup>2</sup>) esse aumento foi de 0,12 para 0,58.

Em relação à produção de frutos, a repetibilidade individual em uma safra foi baixa, em torno de 7% (Tabela 3). Segundo Pompeu Júnior et al. (2013), é difícil quantificar precisamente essa variável, principalmente por se tratar de um caráter quantitativo. Por isso, para que a seleção seja precisa são necessárias várias repetições de cada genótipo, além da colheita em diversas safras. Caso a repetibilidade fosse alta, o aumento do número de medições, pouco elevaria a precisão experimental (CRUZ et al., 2014).

Para o número de frutos por planta, Pompeu Júnior et al. (2013) observaram, em cinco safras, que o coeficiente de repetibilidade elevou-se de 10% (em uma safra) para 35,15%, com acurácia seletiva de 84,59%.

Para a massa média do fruto foi verificado o maior valor do coeficiente de repetibilidade (14,59%), embora seja de baixa magnitude. Em oito safras a acurácia seletiva elevou-se de 49,21% para 82,38%. Assim, em oito safras avaliadas, praticamente já maximizaram a acurácia seletiva. Negreiros et al. (2014) observaram que seriam necessárias 11 safras para se obter acurácia de 90% para a MMF em laranjeiras-doces. Pedrozo et al. (2015) em estudos com castanheira verificaram que para as variáveis número de frutos por planta e massa média do fruto são necessárias nove safras, a fim de alcançar acurácia superior a 80% e assim, aumentar a eficiência da seleção.

A produtividade também apresentou baixo coeficiente individual de repetibilidade. Nesse sentido, considerando a colheita de oito safras, o coeficiente de repetibilidade aumentou de 12% para 52,31% e a acurácia seletiva obtida foi de 70,53% (Tabela 3).

Trabalhos visando estimar o coeficiente de repetibilidade em laranjeiras foram desenvolvidos por Negreiros et al. (2008). O coeficiente de repetibilidade variou de 0,29 a 0,67, necessitando de aproximadamente 13 medições para predizer com 85% de

eficiência quais seriam os genótipos mais produtivos. Os coeficientes obtidos para número total de frutos por planta (0,26) produção de frutos por planta (0,29) e para massa média do fruto (0,31) foram diferentes ao do presente estudo. Entretanto, vale ressaltar que tais estimativas foram obtidas pela análise de variância (ANOVA), e não via modelos mistos. Os autores verificaram ainda o comportamento cíclico da laranjeira, ou seja, a presença da alternância de produção ao compararem diferentes metodologia.

Portanto, uma possível explicação para os baixos valores do coeficiente de repetibilidade encontrados nesse estudo pode ser a alternância de produção ou as variações sistemáticas e aleatórias da produção de frutos entre os anos (ABEYWARDENA, 1972). Outro fator a ser considerado são as variações climáticas ao longo do período experimental (Figura 1) já que a herdabilidade média foi alta. No entanto, esses valores são consideráveis quando se trata de espécies perenes (VIANA; RESENDE, 2014).

Quintal et al. (2017), após avaliarem a produtividade de 95 genótipos de goiabeira em três colheitas, obtiveram coeficiente de repetibilidade variando de 0,14 a 0,29, não sendo possível seleção dos genótipos, mas apontaram que a partir de cinco colheitas seria possível obter um coeficiente de 0,50.

Sánchez et al. (2017) em estudos com gravioleira (*Annona muricata* L.) obtiveram estimativas da repetibilidade individual para a produção de frutos de magnitudes moderadas a altas e repetibilidade média de magnitude alta. Resultados semelhantes também foram relatados em outras culturas frutíferas como pessegueiro (BRUNA et al. 2012), laranjeiras-doce (NEGREIROS et al., 2014), diploides de bananeira (LESSA et al., 2014) e pupunheira (BORGES et al., 2017).

Valores médios de repetibilidade indicam que não é vantajoso aumentar o número medições para selecionar plantas (CRUZ et al., 2014). Por outro lado, valores altos do coeficiente de repetibilidade do caráter indicam que é possível predizer o valor real dos indivíduos com um número pequeno de medições, e que haverá pouco ganho em acurácia com o aumento do número de medidas (FALCONER, 1987).

Foi verificado que ao considerar as repetibilidades individuais estimadas, a adoção de sete colheitas conduz a acurácias em torno de 70% na inferência sobre os valores fenotípicos permanentes dos indivíduos, para todas as características avaliadas (Tabela 3). Vale ressaltar que todas as variáveis avaliadas são altamente influenciadas pelo ambiente, principalmente pelas condições climáticas e nutricionais da planta, a exemplo da disponibilidade hídrica (AMARAL, 2018).

A eficiência do uso de seis colheitas em relação ao uso de apenas uma é de 1,93, ou seja, cerca de 93% para os caracteres avaliados, corroborando com os resultados obtidos por Pompeu Júnior et al. (2013) os quais afirmam que a estabilidade de produção do laranja é alcançada na quinta colheita.

Segundo Souza (2010) a seleção de citros baseada em cinco avaliações deve ser realizada com cautela, principalmente quando se considera as avaliações a cada ano, pois nem sempre há correção entre as produções anuais e as acumuladas por um longo período. Além disso, a posição das cultivares pode ser alterada nos primeiros anos devido à época de produção de cada copa.

Coefficientes de determinação superiores a 60% foram observados para massa média do fruto, a partir de 10 medições. Para predição de valores reais dos indivíduos, com 80% de certeza, são necessárias seis medições (Tabela 3). Esses resultados estão de acordo com Souza (2010) em ensaios de seleção de clones de laranjeira 'Pera', os quais verificaram que para atingir 85% de eficiência seriam necessárias, em média, sete avaliações.

Negreiros et al. (2008) obtiveram coeficiente de determinação superior a 90% para massa média do fruto, em laranjeiras, a partir de cinco medições, pelo método dos componentes principais obtidos da matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas (CPCOV) e verificaram que para predizer os valores reais dos indivíduos, com grau de certeza acima de 95%, são necessárias dez medições. Por essa mesma metodologia, Souza (2010) observou que para atingir 95% de eficiência na seleção de laranjeiras-doce seriam necessárias 25 colheitas.

Portanto, o número ideal de avaliações a ser realizado em laranjeiras-doce deve ser definido pelo pesquisador, de acordo com a fase em que o programa de melhoramento se encontra e da acurácia desejada. Em estágios iniciais de um programa de melhoramento, Sturion e Resende (2011) recomendam a utilização de coeficiente de determinação superior a 0,80 para seleção de genótipos para compor uma população e coeficiente de determinação superior a 0,90 para seleção de genótipos em ensaios de valor de cultivo e uso. Porém, a redução do número de safras implica também na redução da acurácia seletiva. O número menor de safras a serem estudadas possibilita o lançamento mais rápido da cultivar, resultando em menores custos com mão-de-obra, avaliações e manutenção do experimento.

Nesse estudo, verifica-se que para aos caracteres número de frutos por planta e produtividade foi necessário um maior número de medições, em razão das menores

estimativas obtidas para o coeficiente de repetibilidade. Porém, de acordo com Souza (2010), o coeficiente de repetibilidade para a produção de laranja 'Pera' já pode ser determinado nas cinco primeiras safras, pois nessas avaliações há uma maior estabilização da produção de frutos.

Estudos desenvolvidos com pupunheira por Bergo et al. (2013) indicam que sete safras são suficientes para predizer o valor real das progênies, com acurácia de 85% pela metodologia dos componentes principais. Por outro lado, Rodrigues et al. (2017) observaram baixos valores do coeficiente de repetibilidade com a utilização de sete safras e concluíram que são necessárias várias medidas das características de produção do palmito da pupunha para obter valores confiáveis de repetibilidade.

Sanchez et al. (2017) utilizaram dados de plantas individuais de gravioleira e observaram que oito safras foram suficientes para obter o coeficiente máximo de determinação de 80% com alta precisão e eficiência seletiva. Alves et al. (2018) verificaram que seriam necessários dez anos de avaliação para obter 80% do coeficiente de determinação em pinhão manso (*Jatropha curcas*) pela metodologia REML/BLUP.

Portanto, neste estudo, observou-se que para selecionar genótipos com maior eficiência, com coeficiente de determinação superior a 80%, são necessárias mais de 10 medições. Porém, a seleção também pode ser realizada utilizando-se em média 6 a 8 avaliações, com menor dispêndio de dinheiro e tempo.



## **4 CONCLUSÕES**

A acurácia preditiva da seleção para as quatro variáveis avaliadas nos genótipos de laranjeiras-doce revelou significativo grau de certeza nas inferências, precisão e ganho com a seleção.

A avaliação por seis safras pode elevar a acurácia a 70% na seleção de genótipos de laranjeiras-doce para as características relacionadas à produção. Para a massa média do fruto, sete safras são suficientes para se obter 80% de acurácia.

## REFERÊNCIAS

- ABEYWARDENA, V. **An application of principal components analysis in genetics.** Journal of Genetics, Bangalore, v.61, p.27-51, 1972.
- Agritempo. Sistema de monitoramento agrometeorológico. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em: 05 de abril 2019.
- ALCOFORADO, T. A. W.; PEDROZO, C. A.; MAYER, M. M.; LIMA-PRIMO, H. E. Repeatability of morpho-agronomic characters of *Theobroma grandiflorum* fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n.2, (e-142), 2019.
- ALVES, R. S.; PEIXOTO, L. A.; TEODORA, P. E.; SILVA, L. A.; RODRIGUES, E. V.; RESENDE, M. D. V.; LAVIOLAB, B. G.; BHERINGA, L. L. election of *Jatropha curcas* families based on temporal stability and adaptability of genetic values. **Industrial Crops & Products** v.119, n.1, p.290–293, 2018.
- AMARAL, C. O. **Déficit hídrico no pre-florescimento da laranjeira ‘Folha Murcha’ e a influência na produção e na qualidade dos frutos.** 93 f. 2018. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte do Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.
- ARRIEL, D. A. A.; GUIMARÃES, L. M. S.; RESENDE, M. D. V.; LIMA NETO, F. P.; SILVA, D. F. S. H. S.; SIQUEIRA, D. L.; ALFENAS, A. C. Genetic control of resistance on *Mangifera indica* to ceratocystis wilt. **Scientia Horticulturae**, v.211, p.312-318, 2016.
- BERGO, C. L.; NEGREIROS, J. D. S.; MIQUELONI, D. P.; LUNZ, A. M. P. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em pupunheiras para palmito da raça putumayo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.829-836, set. 2013.
- BORGES, V.; FERREIRA, P. V. F.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.643-649, 2010.
- BORGES, C. V.; FERREIRA, F. M.; SOUZA, V. F.; ATROCH, A. L.; ROCHA, R. B. Seleção entre e dentro de progênies para a produção de frutos de pupunha. **Revista Ciências Agrárias**, v.60, n.2, p.177-184, abr./jun. 2017.
- BRUNA, D. E.; MORETO, A. L.; DALBO, M. A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n.1, p.206-215, mar. 2012.
- CARGNIN, A. Repetibilidade e número de colheita de características para seleção de clones de variedades viníferas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.2, p.221-226, fev. 2016.
- CARIAS, C. M. O. M.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, R. G.; GONÇALVES, L. S. A. Produtividade de grãos de cafeeiro conilon de diferentes grupos de maturação pelo procedimento REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 707-718, mar./abr. 2014.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético.** 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.

- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279p.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. New York: Longman, 1996. 464 p.
- FONSECA, C. E. L. da; MORAIS, F. M. de; GONÇALVES, H. M.; AQUINO, F. de G.; ROCHA, F. S. Repeatability of fruit traits from two *Hancornia speciosa* populations from the core region of the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.53, n.6, p.710-716, Jun. 2018.
- GONDIM, T. M. de S.; RTZINGER, R.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da. Seleção e caracterização de laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.451-454, 2001.
- HENDERSON, C. R. Beste Linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, Alexandria, v. 31, n. 2, p. 423-447, June, 1975.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normas climatológicas. [2017]. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em: 20 set. 2018.
- LEÃO, P. C. S.; NUNES, B. T. G.; SOUZA, E. M. C. Repeatability coefficients and genetic gains in table grape progenies for the Brazilian semi-arid region. **Scientia Agricola**, v.75, n.5, p.387-392, Sep/Oct, 2018.
- LEDO, A. da S.; RITZINGER, R.; AZEVEDO, F. F. de. Avaliação de cultivares e portaenxertos de citros em Rio Branco-Acre, no período de 1991 a 1995. Rio Branco: Embrapa-CPAF-AC, 1996. 7 p. (Embrapa-CPAF-Acre. Pesquisa em Andamento, 74).
- LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; AMORIN, E. P.; SILVA, S. O. Estimativa de repetibilidade de híbrido diploides (AA) de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, p. 109-117, 2014.
- LIRA JUNIOR, J. S. de; BEZERRA, J. E. F.; MOURA, R. J. M. de; SANTOS, V. F. dos. Repetibilidade da produção, número e peso de fruto em cirigueleira (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 36, n. 1, p. 214-220, 2014.
- MAIA, M.C.C.; MACEDO, L.M.; VASCONCELOS, L.F.L.; AQUINO, J.P.A.; OLIVEIRA, L.C.; RESENDE, M.D.V. Estimates of genetic parameters using RELM/ BLUP for intra-population genetic breeding of *Platonia insignis* Mart. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 3, p. 561-573, 2016.
- MAIA, C. M C.; OLIVEIRA, L. C. de; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA NETO, F. P.; YOKOMIZO, G. K.; ARAÚJO, L. B. de. Repetibilidade de características quantitativas de frutos em seleções elite de manga rosa. **Revista Agro@ambiente**, v. 11, n. 1, p. 56-62, jan-mar, 2017.
- MARÇAL, T. de S.; GUILHEN, J. H. S.; OLIVEIRA, W. B. dos S.; FERREIRA, M. F. da S.; RESENDE, M. D. V. de; FERREIRA, A. Repeatability of biometric characteristics of juçara palm fruit. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 4, p. 890-898, July/Aug. 2016.
- NEGREIROS, J. R. da S.; SARAIVA, L. L.; OLIVEIRA, T. K. de; ÁLVARES, V. de S.; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em

laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1763-1768, dez. 2008.

NEGREIROS, J. R. D. S.; ANDRADE NETO, R. D. C.; MIQUELONI, D. P.; LESSA, L. S. Estimativa de repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de laranja-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, p. 40-48, jan. 2014.

PEDROZO, C. A.; TONINI, H.; RESENDE, M. D. V.; JORDÃO, S. M. S. Repeatability of fruits and seeds production and selection of Brazil nut genotypes in native populations in Roraima. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.863-871, 2015.

PEREIRA, T. B.; CARVALHO, J. P.; F. BOTELHO, C.E.; RESENDE, M.D.V.; REZENDE, J. C.; MENDES, A.N. G. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, v.72, n.3, 2013.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Laranjeiras e seus porta-enxertos nos viveiros de mudas cítricas do Estado de São Paulo em 2004-2007. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, v.29, n.1, p.35-50, 2008.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S.; RESENDE, M. D. V. Avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras Valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticaba, v.35, n.1, p.199-209, 2013.

QUINTAL, S.S.R.; VIANA, A.P.; CAMPOS, B.M.; VIVAS, M.; DO AMARAL JÚNIOR, A.T. Analysis of structures of covariance and repeatability in guava segregating population. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.30, n.4, p.885-891, 2017.

RADAELLI, J. C.; PORTO, A. H.; WAGNER JÚNIOR, A; DOMINGUES, L. da S.; MAZARO, S. M.; CITADIN, I. Repeatability based on growth behavior of jaboticabeira tree genotypes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 2018, v. 40, n. 5: (e-462).

RAMOS, H. C. C.; PEREIRA, M. G.; VIANA, A. P.; LUZ, L. N.; CARDOSO, D. L.; FERREGUETTI, G. A. Combined selection in backcross population of Papaya (*Carica papaya* L.) by the mixed model methodology. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, p.2973-2983, 2014.

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

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 359p. 2007.

RESENDE, M. D. V.; SILVA, F. F.; AZEVEDO, C. F. **Estatística Matemática, Biométrica e Computacional: modelos mistos, multivariados, categóricos e generalizados (REML/BLUP), inferência bayesiana, regressão aleatória, seleção genômica, QTL-GWAS, estatística espacial e temporal, competição, sobrevivência**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2014. v. 1. 881p.

RESENDE, M. D. V. **Genética quantitativa e de populações**. Suprema, Visconde do Rio Branco, 2015, 452p.

RESENDE, M.D.V. Software selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding, **Crop Breed. Appl. Biotechnol.** v.16, n.4, pp. 330-339, 2016.

RODRIGUES, H. S.; CRUZ, C. D.; MACÊDO, J. L. V. de. RESENDE, M. D. V.; BORÉM, A. Genetic variability and progeny selection of peach palm via mixed models (REML/BLUP). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 165-173, jun. 2017.

SALES, W. da S.; ISHIKAWA, F H.; SOUZA, E. M. de C.; NASCIMENTO, J. H. B.; SOUZA, E. R. de; LEÃO, P. C. de S. Estimates of repeatability for selection of genotypes of seedless table grapes for Brazilian semiarid regions. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p.131-136, fev. 2019.

SANCHÉZ, C. F. B. ALVES, R. S.; GARCIA, A. P.; TEODORO, P. E.; SILVA, L. A.; BHERING, L.L.; RESENDE, M.D.V. Estimates of repeatability coefficients and the number of the optimum measure to select superior genotypes in *Annona muricata* L. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.3, pp. 1-8, 2017.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; FREITAS, J. C. O.; RODRIGUES, D. L.; TAVARES, R. F.; PAIVA, C. L.; SOUZA, M. M. Genotype selection by REML/BLUP methodology in a segregating population from an interspecific *Passiflora* spp. Crossing. **Euphytica**, v.204, p.1–11, 2015.

SANTOS, P. R. dos; PREISIGKE, S. C. da; VIANA, A. P.; SOUSA, C. M. B. de; AMARAL JÚNIOR, A. T. do. Associations between vegetative and production traits in guava tree full-sib progenies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.5, pp. 303-310, 2017.

SILVA, F. H. L.; VIANA A. P.; SANTOS, V. E. A.; FREITAS, J. C. O.; RODRIGUES, D. L. R.; AMARAL júnior, A. T. do A. Prediction of genetic gains by selection indexes and REML/BLUP methodology in a population of sour passion fruit under recurrent selection. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 183-190, Apr. - June, 2017.

SOUZA, E. F. M. **Métodos estatísticos aplicados a seleção de clones de laranja 'Pêra'**. 80 f, 2010. Tese (Doutorado em Fitotecnia (Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 2010.

STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. Seleção de progênies de ervamate (*Ilex paraguarensis* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.50, p.37-51, 2005.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Número necessário de safras para avaliar com eficiência a biomassa foliar em erva-mate. Série Documentos Embrapa Florestas, v. 213, p. 1-23, 2011.

VALENTE, M. S. F.; LOPES, M. T. G.; CHAVES, F. C. M.; OLIVEIRA, A. M.; FREITAS, D. R. B. Repeatability of biometric and fruit and seed yield traits of sachá inchi. **Acta Amazônica**, v.47, n.3, p.195-202, 2017.

VIANA, A.P.; RESENDE, M. D. V. **Genética Quantitativa no Melhoramento de Fruteiras**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014, v.300. 282p.

**5 CAPÍTULO III**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE TEMPORAL EM LARANJEIRAS-DOCE,  
VIA MODELOS MISTOS**

## RESUMO

Inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas para identificar genótipos superiores de laranjeiras-doce, com vistas a possibilitar o aumento da diversidade genética dos cultivos e reduzir os custos. No Acre, apesar da laranja ser uma das frutas de maior área cultivada, existem poucos trabalhos com o objetivo de selecionar genótipos mais produtivos e adaptados à região. Para garantir que a seleção seja eficiente, é necessário utilizar modelos estatísticos e biométricos acurados. O objetivo deste trabalho foi estimar a adaptabilidade e a estabilidade temporal de genótipos de laranjeiras-doce cultivados em oito safras nas condições edafoclimáticas de Rio Branco, Acre. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, contendo 55 genótipos e três repetições. Foram avaliadas quatro características agrônômicas durante oito safras. Os parâmetros genéticos foram estimados pela metodologia REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor preditor linear não viesado). Após detectar a presença da interação significativa entre genótipos e ambientes foram realizadas as análises de estabilidade e adaptabilidade pelos métodos da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), performance relativa dos valores genotípicos (PRVG) e média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG). Estas metodologias classificaram os genótipos estudados de forma bastante semelhante e indicaram que os genótipos de laranjeiras-doce 5 e 48 apresentam maiores estabilidade (MHVG) e adaptabilidade (PRVG) e que os genótipos 48, 19 e 5 apresentam ótima performance pela MHPRVG, sendo estes recomendados para serem cultivados em condições ambientais similares as testadas.

**Palavras-chave:** genética quantitativa; melhoramento genético; interação genótipo x ambiente, metodologia REML/BLUP

## ABSTRACT

Numerous research has been conducted to identify superior genotypes of sweet orange trees to increase crop genetic diversity and reduce costs. In Acre, although orange is one of the fruits with the highest cultivated area, there are few studies with the objective of selecting genotypes that are more productive and adapted to the region. To ensure that the selection is efficient, it is necessary to use accurate statistical and biometric models. The objective of this work was to estimate the adaptability and temporal stability of genotypes of sweet orange trees grown in eight seasons in Rio Branco, Acre, Brazil. The experimental design was in randomized blocks, containing 55 genotypes and three replicates. Four agronomic characteristics were evaluated during eight harvests. The genetic parameters were estimated by the REML / BLUP methodology (maximum restricted likelihood / best non-biased linear predictor). After detecting the presence of significant interaction between genotypes and environments, stability and adaptability analyzes were performed using the harmonic mean values of genotypic values (MHVG), relative performance of genotypic values (PRVG), and harmonic mean relative performance of genotypic values (MHPRVG). These methodologies classified the studied genotypes in a very similar way and indicated that the genotypes of sweet orange 5 and 48 presented greater stability (MHVG) and adaptability (PRVG) and that genotypes 48, 19 and 5 presented excellent performance by the MHPRVG, recommended to be grown under similar environmental conditions as those tested.

**Key words:** quantitative genetics; genetical enhancement; interaction genotype x environment, REML/BLUP methodology.



## 1 INTRODUÇÃO

A laranja doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) é uma das frutas de maior importância econômica no Brasil. No País, o maior produtor mundial da fruta, com aproximadamente 71 milhões de toneladas, a produção concentra-se no Sudeste e o Estado de São Paulo é o maior produtor nacional (FAO, 2018). Na região Norte, a citricultura é incipiente, devido a diversos fatores, destacando-se a baixa disponibilidade de cultivares produtivas e adaptadas as condições edafoclimáticas da região.

O melhoramento genético é uma das principais alternativas para se obter cultivares de laranjeiras-doce mais produtivas e adaptadas. Porém, por se tratar de uma espécie perene é mais difícil atingir esse objetivo devido algumas peculiaridades. Dentre elas, destaca-se a utilização dos indivíduos selecionados para produção durante vários anos e/ou ambientes. A avaliação de genótipos em diversos ambientes tem como objetivo verificar seu comportamento diferenciado diante das variações ambientais nos quais os experimentos estão instalados (MALOSETTI et al., 2013).

O comportamento diferenciado dos genótipos pode ser explicado pela interação genótipo x ambiente (G x A) (OLIVEIRA, 2015). Porém, a análise da interação não assegura informações confiáveis sobre desempenho de cada genótipo em várias condições ambientais, podendo gerar resultados inconsistentes de alguns genótipos em relação a outros, e resultar em alterações na classificação genotípica (ARAÚJO et al., 2012). Por isso, para garantir que a recomendação de novas cultivares seja realizada com o mínimo de equívocos possíveis são necessários estudos de adaptabilidade e estabilidade genotípica (OLIVEIRA et al., 2014; ROSADO et al., 2019).

Geralmente, os melhoristas procuram por genótipos estáveis, isto é, com comportamento constante e uma adaptação ao maior número de ambientes possíveis, além de genótipos com performance superior em relação a uma determinada característica. Por meio dos estudos de adaptabilidade e estabilidade é possível identificar os genótipos com comportamento previsível e que respondam às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (RAMALHO et al., 2012; CRUZ et al., 2014).

Atualmente, existem diversas metodologias para quantificar a estabilidade e adaptabilidade, as quais se diferem em termos conceituais e procedimentos biométricos (KHALILI et al., 2016; FARIAS NETO et al., 2018; ALVES et al., 2018; ROCHA et al., 2017; LUZ et al., 2018; SANTOS et al., 2018; YUE et al., 2019). Dentre elas, destacam-

se a análise de variância conjunta (ANOVA) ou por meio do ajuste de regressão linear. Porém, essas metodologias são limitadas no caso de desbalanceamento de dados.

Em citros, durante a fase experimental, é bastante comum o desbalanceamento do conjunto de dados. Nesses casos, para que os métodos tradicionais possam ser utilizados é necessário excluir genótipos e/ou repetições, a fim de promover o balanceamento. Além disso, as análises tradicionais não explicam grande parte da interação ou não informam sobre interações específicas com ambientes (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

Nesse sentido, é necessário adotar metodologias mais eficazes que explorem de maneira adequada o potencial genético dos genótipos, que sejam capazes de lidar com as adversidades da experimentação de campo e que forneçam estimativas mais próximas da realidade possível. A metodologia dos modelos mistos (REML/BLUP) (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não-viesada) é uma forma ótima e eficiente para analisar dados desbalanceados e selecionar genótipos avaliados em diversos ambientes, fazendo uso adequado de todas as informações contidas nos experimentos e fornecendo estimativas precisas de valores genéticos (RESENDE, 2005).

A metodologia REML/BLUP permite estimar os componentes de variância e parâmetros genéticos, além de prever os valores genotípicos. As estatísticas baseadas na média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), desempenho relativo dos valores genéticos (PRVG) e da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) permitem prever a estabilidade, a adaptabilidade e ambos os parâmetros simultaneamente (RESENDE, 2007). Assim, os genótipos são ordenados simultaneamente para adaptabilidade, estabilidade e produtividade com base em seus valores genéticos, sem subestimar os efeitos da interação (RESENDE, 2004).

Na literatura, constam trabalhos utilizando a MHPRVG para interpretação da estabilidade e adaptabilidade genotípica de diversas culturas como cajueiro (MAIA et al. 2009); mamoeiro (LUZ et al., 2018); algodoeiro (CARVALHO et al., 2016); eucalipto (ROSADO et al., 2012), guaraná (NASCIMENTO FILHO et al., 2009), arroz (STRECK et al. 2019) e pinhão manso (ALVES et al., 2018). Porém, estudos que visem selecionar genótipos mais produtivos de laranjeiras-doce, com ampla adaptabilidade e estabilidade temporal de valores genéticos são inexistentes.

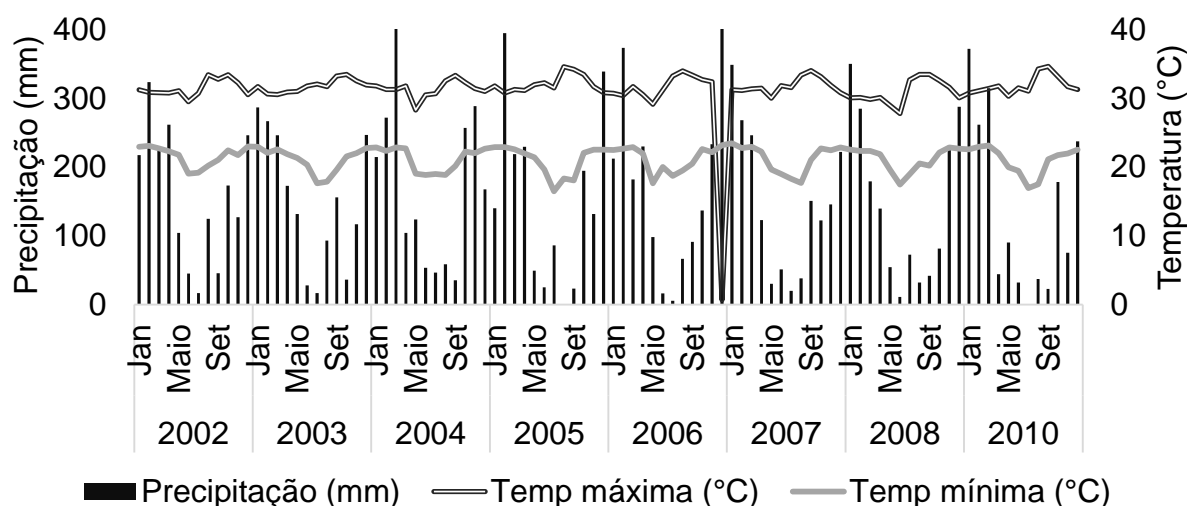
O objetivo deste trabalho foi estimar a adaptabilidade e a estabilidade temporal de genótipos de laranjeiras-doce nas condições edafoclimáticas de Rio Branco, Acre, com auxílio da metodologia dos modelos mistos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Acre, no município de Rio Branco, Acre, entre os anos de 2002 a 2010. O município está localizado a 9°58'29" de latitude S e 67°49'44" de longitude W, a 160 m de altitude. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW (quente e úmido, com um período seco anual de 3 meses), com temperaturas máxima de 30,9 °C e mínima de 20,8 °C, precipitação anual de 1.700 mm e umidade relativa do ar em torno de 83% (AGRITEMPO, 2016).

Os dados referentes a temperatura e a precipitação pluviométrica, durante a condução do experimento estão disponíveis na Figura 1 (INMET, 2019).

Figura 1 – Temperatura (°C) e precipitação pluviométrica (mm) durante o período experimental (2002 a 2010) em Rio Branco, Acre



O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura média/argilosa, bem drenado e de topografia plana (SANTOS, 2006). A análise química do solo indicou, até 40 cm de profundidade, as seguintes características: pH: 5,2; K: 0,17 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Ca: 3,70 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Mg: 1,49 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Al: 0,14 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; H+Al: 2,57 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; soma de bases: 5,36 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; carbono orgânico: 7,27 g kg<sup>-1</sup>; CTC: 5,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> e saturação de bases: 68%.

O material vegetal utilizado foi coletado no período de março a junho de 1999, em propriedades de projetos de assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Foram selecionadas 54 plantas matrizes de laranjeiras-doces, ainda em fase de produção, oriundas da Mesorregião do Vale do Acre, mais a cultivar local 'Aquiri' (recomendada pela Embrapa Acre), totalizando 55 genótipos (Tabela 1).

Tabela 1 – Locais de coleta dos genótipos de laranjeiras-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] no Estado do Acre

Municípios	Coordenadas	Genótipos
Plácido de Castro	10°19'43"S, 67°10'44"W	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Senador Guiomard	10°09'03"S, 67°44'13"W	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
Capixaba	10°34'29"S, 67°40'38"W	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
Xapuri	10°39'11"S, 68°30'03"W	24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Sena Madureira	09°04'10"S, 68°39'30"W	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
Brasiléia	11°00'01"S, 68°44'59"W	39, 40, 41, 42
Epitaciolândia	11°01'56"S, 68°43'54"W	43, 44, 45, 46, 47
Porto Acre	09°35'42"S, 67°32'36"W	48, 49, 50, 51, 52
Rio Branco	09°58'29"S, 67°49'44"W	53, 54, 55 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cultivar local 'Aquiri' (RITZINGER, 2000).

As matrizes selecionadas foram provenientes de plantas pé-franco (produzidas a partir de sementes), vigorosa, aparentemente sadias, com idade média de 22 anos, produtivas e com frutos de qualidade a atender as exigências do mercado consumidor. A época de colheita da maioria desses genótipos distribui-se de fevereiro a outubro, com concentração nos meses de abril a julho (GONDIM et al., 2001).

De cada genótipo foram coletadas cinco hastes, cada um contendo dez gemas, com auxílio de uma tesoura de poda. As hastes foram acondicionadas em caixa térmica, envolvidas com papel umedecido e levadas para o laboratório de sementes da Embrapa Acre. Foram retiradas duas gemas vegetativas de cada haste e enxertadas sobre porta-enxertos de limoeiro 'cravo' (*Citrus limonia* (L.) Osbeck) para, posteriormente, serem avaliadas em ensaio de competição de clones.

O plantio dos genótipos foi realizado em fevereiro de 2000, adotando-se o espaçamento de 8 x 8 m e como bordadura foi utilizada a cultivar de laranja 'Aquiri'. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 55 tratamentos (54 genótipos coletados mais a cultivar 'Aquiri') e 3 repetições. Devido à grande quantidade de material e do tamanho reduzido da área experimental disponível foi utilizada uma planta útil por parcela (GONDIM et al., 2001).

As avaliações foram realizadas durante as safras de 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 e 2010. O cultivo das laranjeiras foi conduzido sem irrigação, as adubações foram feitas de acordo com a análise de solo. O manejo da cultura foi realizado conforme as recomendações descritas por Ledo et al. (1996). As características avaliadas foram número total de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média de fruto (kg) e a produtividade (kg/m<sup>2</sup>).

## 2.2 ANÁLISES GENÉTICO-ESTATÍSTICAS

As análises genético-estatísticas foram realizadas pela metodologia dos modelos mistos, em que os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (*Restricted Maximum Likelihood* – REML) (RESENDE, 2016) e os valores genotípicos preditos pelo método da melhor predição linear não viesada (*Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP) (HENDERSON, 1975).

Os dados foram submetidos às análises de variância individual e conjunta. O modelo estatístico adotado para a análise de variância individual está representado na seguinte equação:

$$y = Xb + Zg + e, \text{ em que:}$$

$y$ : vetor de dados;

$b$ : vetor de dados dos efeitos fixos de bloco, somados a média geral;

$g$ : vetor de dados dos efeitos aleatórios de genótipo;

$e$ : vetor de erros aleatórios; e

$X$  e  $Z$ : representam as matrizes de incidência para os vetores  $b$  e  $g$ .

Para os casos em que foi verificado a variação dos coeficientes de herdabilidades no sentido amplo foi efetuada a padronização dos dados, por meio do fator de correção obtido, de acordo com a seguinte expressão descrita por Resende (2007):

$$\frac{\sqrt{h_{ik}^2}}{\sqrt{h_t^2}}, \text{ em que:}$$

$h_{ik}^2$ : herdabilidade individual no sentido amplo para o caráter  $i$  na avaliação  $k$ ; e

$h_t^2$ : média das herdabilidades individuais no sentido amplo das  $k$  avaliações para o caráter  $i$ .

Após a padronização dos dados, foi realizada a análise conjunta de variância considerando os genótipos e as épocas de colheita, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xb + Za + Wc + e, \text{ em que:}$$

$y$ : vetor de dados;

$b$ : vetor dos efeitos dos blocos (fixos) somados à média geral;

$a$ : vetor dos efeitos genotípicos individuais (aleatórios);

$c$ : vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios);

$e$ : vetor de erros (aleatórios) e;

$X$ ,  $Z$  e  $W$ : representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Foram realizadas análises de *deviance* (ANADEV) para testar a significância dos componentes de variância conforme os efeitos aleatórios do modelo. Em modelos mistos, a ANADEV substituiu o teste F da ANOVA no caso de experimentos desbalanceados (BORGES et al., 2010).

Por meio dos componentes de variância empregou-se o teste da razão de verossimilhança (LRT), em que a significância do modelo foi avaliada pelo teste do qui-quadrado com um grau de liberdade. Para isso, foram obtidas as deviances com o modelo completo e reduzido. Em seguida, foi subtraída da deviance completa a deviance do modelo reduzido de cada efeito e comparado com o valor do qui-quadrado com um grau de liberdade, a 1% e 5% de probabilidade (RESENDE, 2007).

A classificação dos genótipos considerando a produtividade e a estabilidade simultaneamente, foi realizada pela média harmônica dos valores genéticos (MHVG), obtida da seguinte forma:

$$MHVG_i = \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{VG_{ij}}},$$

onde  $n$  é o número de anos/safras ( $n = 8$ ) em que o genótipo  $i$  foi avaliado;  $VG_{ij}$  é o valor genético do genótipo  $i$  no ano/safra  $j$  expresso pela razão da média neste ano/safra (RESENDE, 2007).

A seleção dos genótipos considerando o rendimento e a adaptabilidade simultaneamente foi realizada por meio do desempenho relativo dos valores genéticos (PRVG) ao longo dos anos/safras, obtido por:

$$PRVG_i = \frac{1}{n} \left( \frac{\sum_{j=1}^n VG_{ij}}{M_j} \right),$$

em que  $M_j$  é o rendimento médio de frutos no ano/safra  $j$ .

A classificação simultânea de genótipos de laranjeiras-doce para rendimento, estabilidade e adaptabilidade foi realizada pela média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos (MHPRVG), obtidos conforme a expressão:

$$MHPRVG_i = \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{PRVG_{ij}}}.$$

Os valores de  $PRVG_{\mu}$  e  $MHPRVG_{\mu}$  foram obtidos multiplicando PRVG e MHPRVG pela média geral de cada característica, considerando todos os anos/safra. Dessa forma, foram fornecidos os valores genotípico médio penalizado pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade. A acurácia seletiva e os ganhos com a seleção foram obtidos conforme Resende (2016).

Para as análises individuais foi adotado o modelo estatístico 20 que se refere a avaliação de genótipos não aparentados obtidos em blocos ao acaso, contendo uma planta por parcela e para a análise conjunta foi utilizado o modelo 55 referente a genótipos no delineamento em blocos casualizados com estabilidade e adaptabilidade temporal em um só local e em várias épocas, com o auxílio do software Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2016).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de deviance (ANADEV) para as variáveis relacionadas à produção e à produtividade de genótipos de laranjeiras-doce em oito anos de avaliação é apresentada na Tabela 2. Verificou-se que os efeitos de genótipos e da interação G x A foram altamente significativos ( $p < 0,01$ ) pela LRT para todas as variáveis. No ambiente permanente o efeito só foi significativo para a produtividade. Logo, o desempenho entre genótipos e ambientes avaliados são distintos.

Tabela 2 - Análise de *deviance* (ANADEV) de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto e produtividade, em genótipos de laranjeiras-doce avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre

Fonte	Número de frutos por planta		Número de frutos por m <sup>2</sup>		Massa média do fruto (kg)		Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )	
	Deviance	LRT ( $\chi^2$ )	Deviance	LRT ( $\chi^2$ )	Deviance	LRT ( $\chi^2$ )	Deviance	LRT ( $\chi^2$ )
Genótipo (G)	15331,43	16,16**	4710,66	17,28**	-7122,92	22,37**	409,63	9,7**
G x Anos	15331,31	16,04**	4715,89	22,51**	-7135,22	10,07**	423,33	23,4**
Ambiente permanente	15315,44	0,17 <sup>ns</sup>	4694,91	1,53 <sup>ns</sup>	-7141,8	3,49 <sup>ns</sup>	409,73	9,8**
Modelo completo	15315,27		4693,38		-7145,29		399,93	

<sup>ns</sup> e \*\*: não significativo e significativo a 1% de probabilidade, pela análise de deviance com base no teste LRT ( $X^2$ ) com 1 grau de liberdade ( $\chi^2$  tabelado: 6,63 para o nível de significância a 1%).

Para aumentar a eficiência na seleção de plantas perenes, as avaliações são realizadas em várias safras. Nos modelos biométricos, as diferentes safras são consideradas como ambientes (ROSADO et al, 2019). Pelo fato do experimento ter sido conduzido em diferentes anos/safras, já se imaginava que as interações seriam significativas. De acordo com Moraes et al. (2008), resultados altamente significativos para genótipos, ambientes e sua interação, indicam que os genótipos sofreram influências diferenciadas dos ambientes e isso dificulta a recomendação de apenas uma cultivar para toda a região em estudo.

Apenas o resultado da interação não permitiria uma correta escolha de genótipos superiores de laranjeiras-doce para a região, pois os ganhos genéticos poderiam ser superestimados. Por outro lado, interações positivas associadas a características ambientais previsíveis podem levar a maiores rendimentos (PUPIN et al., 2018). Por isso, evidenciou-se a necessidade de estudar a adaptabilidade e estabilidade de cada um dos genótipos. A interação significativa para todas as características avaliadas é extremamente importante para trabalhos que visam



encontrar materiais adaptados a uma região, especialmente, visando seus aspectos produtivos (CANCELLIER et al., 2011). Efeitos significativos de cultivares, ambientes e interações também foram relatados para a cultura do mamoeiro (LUZ et al., 2018), cana de açúcar (REGIS et al., 2018) e arroz (FIDELIS et al., 2018).

Peixoto et al. (2018) observaram interação G x A significativas em pinhão-manso (*Jatropha curcas*) avaliados em cinco anos de produção. De acordo com os autores, como os ambientes avaliados foram os anos de produção, o desempenho do genótipo pode ser atribuído a fatores climáticos durante os anos e, conseqüentemente, esses fatores resultaram na significância da interação. Portanto, nesses casos são necessários estudos de adaptabilidade e estabilidade temporal para que a seleção dos materiais superiores seja realizada com maior precisão.

Na Tabela 3 é apresentado o ordenamento de 11 genótipos superiores de laranjeiras-doce, dos 55 genótipos testados em oito safras, referentes à estabilidade (MHVG - média harmônica dos valores genotípicos), adaptabilidade (PRVG - performance relativa dos valores genotípicos), adaptabilidade, estabilidade e produtividade simultaneamente (MHPRVG - média harmônica de performance relativa dos valores genéticos) pelo método REML/BLUP, para características relacionadas à produção e à produtividade. Apenas 20% dos genótipos foram expostos para simplificar na apresentação e na discussão dos resultados.

Tabela 3 - Estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG e PRVG $\mu$ ), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG e MHPRVG $\mu$ ) de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto (kg) e produtividade (kg/m<sup>2</sup>), obtidos para 55 genótipos de laranjeiras-doce, avaliados em oito safras em Rio Branco, Acre

(continua)

Ordem	Número de frutos por planta							
	Estabilidade		Adaptabilidade			Estabilidade e Adaptabilidade		
	Genótipo	MHVG <sup>1</sup>	Genótipo	PRVG <sup>2</sup>	PRVG $\mu$ <sup>3</sup>	Genótipo	MHPRVG <sup>4</sup>	MHPRVG $\mu$ <sup>5</sup>
1	20	3566,3928	5	1,7040	1047,2893	10	2,1678	1332,3504
2	21	2126,0317	48	1,5562	956,4545	5	1,5285	939,4367
3	35	1796,3380	43	1,3994	860,0649	48	1,4449	888,0794
4	22	848,7534	2	1,3792	847,6879	43	1,3319	818,8954
5	5	379,3811	37	1,3588	835,1539	2	1,3003	799,1772
6	48	347,3900	33	1,3506	830,1107	37	1,2937	795,1262
7	43	301,8765	4	1,3425	825,1265	33	1,2789	786,0332
8	2	301,0098	39	1,3017	800,0312	4	1,2565	772,2409
9	54	294,1251	14	1,2952	796,0551	39	1,2491	767,6915
10	33	292,8591	47	1,2884	791,8552	14	1,2482	767,1393
11	37	286,7204	19	1,2609	774,9573	47	1,2311	756,6799

Tabela 3 - Estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG e PRVG $\mu$ ), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG e MHPRVG $\mu$ ) de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto (kg) e produtividade (kg/m<sup>2</sup>), obtidos para 55 genótipos de laranjeiras-doce, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre

(continuação)

Número de frutos por m <sup>2</sup>								
Ordem	Estabilidade		Adaptabilidade			Estabilidade e Adaptabilidade		
	Genótipo	MHVG	Genótipo	PRVG	PRVG $\mu$	Genótipo	MHPRVG	MHPRVG $\mu$
1	5	6,1029	5	1,5465	12,8285	5	1,4829	12,3011
2	48	5,5901	48	1,4102	11,6975	48	1,3680	11,3478
3	37	5,1791	37	1,3279	11,0147	37	1,2714	10,5460
4	2	5,0501	2	1,2880	10,6840	2	1,2573	10,4293
5	19	4,8431	43	1,2565	10,4231	43	1,2325	10,2235
6	43	4,7722	47	1,2510	10,3772	47	1,2245	10,1574
7	33	4,7406	19	1,2390	10,2778	19	1,2074	10,0152
8	47	4,7375	4	1,2383	10,2718	33	1,2039	9,9867
9	31	4,6312	33	1,2265	10,1741	4	1,9993	9,9485
10	4	4,6222	31	1,2046	9,9925	46	1,1789	9,7788
11	46	4,5659	46	1,1967	9,9267	31	1,1885	9,7756
Massa média do fruto (kg)								
Ordem	Estabilidade		Adaptabilidade			Estabilidade e Adaptabilidade		
	Genótipo	MHVG	Genótipo	PRVG	PRVG $\mu$	Genótipo	MHPRVG	MHPRVG $\mu$
1	22	0,1493	10	1,2096	0,2179	10	1,1981	0,2159
2	10	0,1426	22	1,1688	0,2106	22	1,1548	0,2081
3	12	0,1374	14	1,1028	0,1987	14	1,1006	0,1983
4	15	0,1368	12	1,1020	0,1986	12	1,0988	0,1980
5	14	0,1366	15	1,0958	0,1974	15	1,0919	0,1967
6	16	0,1336	16	1,0786	0,1943	16	1,0762	0,1939
7	1	0,1322	1	1,0726	0,1933	1	1,0711	0,1930
8	52	0,1301	52	1,0593	0,1909	52	1,0580	0,1906
9	32	0,1293	28	1,0580	0,1906	28	1,0570	0,1904
10	13	0,1291	32	1,0545	0,1900	32	1,0536	0,1898
11	28	0,1289	13	1,0489	0,1890	13	1,0475	0,1887
Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )								
Ordem	Estabilidade		Adaptabilidade			Estabilidade e Adaptabilidade		
	Genótipo	MHVG	Genótipo	PRVG	PRVG $\mu$	Genótipo	MHPRVG	MHPRVG $\mu$
1	19	1,0139	48	1,2617	1,8632	48	1,2525	1,8497
2	48	0,9916	19	1,2534	1,8510	19	1,2266	1,8115
3	5	0,9502	5	1,2255	1,8099	5	1,1926	1,7612
4	31	0,9468	31	1,1906	1,7583	14	1,1800	1,7426
5	2	0,9328	46	1,1877	1,7539	31	1,1703	1,7283
6	46	0,9275	14	1,1849	1,7499	46	1,1698	1,7276
7	14	0,9163	2	1,1692	1,7266	2	1,1528	1,7024
8	47	0,9034	37	1,1657	1,7216	47	1,1389	1,6820

Tabela 3 - Estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG e PRVG $\mu$ ), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG e MHPRVG $\mu$ ) de número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto (kg) e produtividade (kg/m<sup>2</sup>), obtidos para 55 genótipos de laranjeiras-doce, avaliados em oito safras, em Rio Branco, Acre

(conclusão)

Ordem	Produtividade (kg/m <sup>2</sup> )							
	Estabilidade		Adaptabilidade			Estabilidade e Adaptabilidade		
	Genótipo	MHVG	Genótipo	PRVG	PRVG $\mu$	Genótipo	MHPRVG	MHPRVG $\mu$
9	13	0,9031	47	1,1605	1,7138	13	1,1376	1,6801
10	1	0,8877	1	1,1519	1,7011	37	1,1323	1,6722
11	37	0,8858	13	1,1475	1,6946	1	1,1301	1,6690

<sup>1</sup>MHVG - média harmônica dos valores genéticos; <sup>2</sup>PRVG - performance relativa dos valores genéticos; <sup>3</sup>PRVG $\mu$  - Performance dos genótipos com base em médias genéticas livres da interação, onde  $\mu$  é a média geral do experimento; <sup>4</sup>MHPRVG - média harmônica da performance relativa dos valores genéticos; <sup>5</sup>MHPRVG $\mu$  - Média harmônica da performance dos genótipos a partir de médias genéticas livres da interação.

A média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) calcula a estabilidade e a produtividade, simultaneamente. Com essa metodologia é possível selecionar os genótipos mais produtivos e estáveis ao mesmo tempo. Nas condições tropicais do Estado do Acre, onde a ocorrência de variações climáticas e de tipos de solos são maiores, é necessário recomendar cultivares que além de serem mais produtivas, apresentem também maior estabilidade. Portanto, essa metodologia atender exatamente essas duas premissas que a cultivar deve apresentar (BORGES et al., 2010).

Pelos resultados da MHVG, verificou-se que, dentre os genótipos, os que melhor associam produtividade com estabilidade, considerando o número de frutos por planta, em ordem decrescente são 20, 21, 35, 22, 5, 48, 43, 2, 54, 33 e 37 (Tabela 3). Para o número de frutos por m<sup>2</sup> os genótipos mais estáveis foram 5, 48, 37, 2, 19, 43, 33, 47, 31, 4 e 46. Para a massa média do fruto os genótipos 22, 10, 12, 15, 14, 16, 1, 52, 32, 13 e 28 se destacaram. Para a produtividade verificou-se que os 11 genótipos mais estáveis foram 19, 48, 5, 31, 2, 46, 14, 47, 13, 1 e 37. Esses genótipos se destacaram pois, além de terem apresentado produtividade superior, dentre os 55 materiais testados, também demonstraram baixa sensibilidade às mudanças climáticas. Segundo Scapim et al. (2000), a maior estabilidade está associada, obrigatoriamente, à maior produtividade. Além disso, como MHVG penaliza os valores genotípicos de cada genótipo pela instabilidade, isso garante maior precisão e acurácia no ordenamento dos genótipos dentro e entre locais (RESENDE, 2007; BORGES et al., 2010).

O genótipo é adaptado quando responde de forma positiva à melhoria do ambiente (MARIOTTI et al., 1976). Uma das formas utilizadas para capitalizar essa capacidade de resposta de cada genótipo é por meio da performance relativa dos valores genotípicos (PRVG) (BORGES et al., 2010; REGITANO NETO et al., 2013). Na Tabela 3 é apresentado o ordenamento dos 11 genótipos mais adaptados (PRVG) dentre os 55 avaliados durante oito safras.

Os genótipos mais adaptados em ordem decrescente para número de frutos por planta foram 5, 48, 43, 2, 37, 33, 4, 39, 14, 47 e 19. Para número de frutos por m<sup>2</sup> os destaques foram 5, 48, 37, 2, 43, 47, 19, 4, 33, 31 e 46. Em relação a massa média do fruto, desempenho superior foram apresentados pelos genótipos 10, 22, 14, 12, 15, 1, 52, 28, 32 e 13 e para a produtividade maior adaptabilidade foi observada pelos genótipos 48, 19, 5, 31, 46, 14, 2, 37, 47, 1 e 13.

Pela PRVG observa-se que considerando três características (número de frutos por planta, número de frutos por m<sup>2</sup> e produtividade) ao menos nove genótipos (5, 48, 43, 2, 37, 4, 47 e 19) coincidiram, embora o ordenamento não tenha sido o mesmo.

Os valores genotípicos médios capitalizados pela interação PRVG $\mu$  foram obtidos por meio do produto da PRVG pela média geral de cada variável (Tabela 3). Dessa forma, para a produtividade, os valores da PRVG foram multiplicados por 1,4768 kg/m<sup>2</sup> e assim foram obtidas PRVG $\mu$ . De acordo com esses resultados, verificou-se que o genótipo 48, dentre os 55 avaliados, foi o de maior adaptabilidade genotípica associada à produtividade de frutos, respondendo, positivamente à melhoria do ambiente.

Juntamente ao 48, também se destacaram, os genótipos 19, 5, 31, 46, 14, 2, 37, 47, 1 e 13, que além da maior adaptabilidade apresentada, todos estão entre os 11 de maior estabilidade, agregando adaptabilidade e estabilidade genotípicas. A boa performance apresentada por esses genótipos nos quesitos adaptabilidade e estabilidade genotípicas garante maior segurança aos agricultores no plantio desses materiais. Segundo Maia et al. (2009), a capitalização da interação G  $\times$  A depende da seleção dos genótipos de maiores adaptabilidade e estabilidade aos ambientes avaliados.

Segundo Melo et al. (2018), geralmente, os agricultores tentam controlar o meio ambiente para maximizar o potencial produtivo das cultivares, mas quando não têm condições econômicas para fazer isso, confiam na estabilidade e adaptabilidade das cultivares ao local de cultivo.

A média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) é uma metodologia baseada na predição de valores genotípicos que

facilita a seleção de genótipos superiores por agrupar em uma única estatística, a estabilidade, a adaptabilidade e a produtividade (BORGES et al., 2010). Segundo Santos et al. (2013) a seleção simultânea utilizando esta metodologia deve ser preferida nos programas de melhoramento genético devido à combinação das características de interesse avaliadas.

A MHPRVG dos 11 genótipos superiores, dentre os 55 avaliados, durante 8 safras, bem como o produto da MHPRVG pela média geral de cada variável, são apresentados na Tabela 3. Por meio da MHPRVG $\mu$  são fornecidos os valores genotípicos médios de cada material nos ambientes avaliados, penalizados pela instabilidade e capitalizados pela adaptabilidade (BORGES et al., 2010).

Para o número de frutos por planta, os genótipos que apresentaram, simultaneamente, maiores adaptabilidade, estabilidade e quantidade de frutos por planta foram 10, 5, 48, 43, 2, 37, 33, 4, 39, 14 e 47. Observa-se que o ordenamento baseado no número de frutos por planta não coincidiu em nenhuma das metodologias testadas. Destacam-se nesta característica, os genótipos 5, 48, 43, 2, 37 e 33, estando entre os selecionados em todas as metodologias.

Como a seleção dos genótipos, em relação ao número de frutos por planta, não coincidiu pelos critérios MHVG, PRVG e MHPRVG, é possível demonstrar a importância desses atributos para a tomada de decisão na seleção.

Na seleção de progênies de guaranazeiros, Atroch et al. (2013) consideram a estabilidade e a adaptabilidade temporal juntamente com a produtividade (MHPRVG) o critério mais importante a ser utilizado para selecionar os genótipos superiores. Rosado et al. (2012) também consideram a metodologia da MHPRVG mais eficaz na seleção de materiais superiores, pois os materiais que se destacam por apresentarem as três características supracitadas são importantes na formação de populações melhoradas e na recomendação de cultivares para plantios comerciais.

Alves et al. (2018) ao examinarem a aplicabilidade e eficiência do método MHPRVG na seleção de famílias de pinhão manso (*Jatropha curcas*) para rendimento, estabilidade e adaptabilidade, simultaneamente, verificaram que a metodologia apresenta um grande potencial na seleção dessa cultura.

Quanto ao número de frutos por m<sup>2</sup>, destacaram-se pela MHPRVG os genótipos 5, 48, 37, 2, 43, 47, 19, 33, 4, 46 e 31. Verifica-se que a seleção dos genótipos 5, 48, 37 e 2 coincidiram pelas três metodologias, indicando que estes são os que apresentam, maiores produtividades, adaptabilidade e estabilidade genotípica (Tabela 3).

Em relação à massa média do fruto, o ordenamento dos genótipos pela MHPRVG foi 10, 22, 14, 12, 15, 16, 1, 52, 28, 32 e 13, em ordem decrescente. Para essa característica, observa-se que houve concordância dentre todos genótipos pelas três metodologias avaliadas, com uma pequena diferença no ordenamento.

De acordo com o critério da MHPRVG, para a produtividade, destacaram-se os genótipos 48, 19, 5, 14, 31, 46, 2, 47, 13, 37 e 1. Esses genótipos se destacaram por apresentarem simultaneamente em uma única estatística, maiores estabilidade, adaptabilidade e produtividade, dentre os 55 genótipos de laranjeiras-doce testados. Considerando a produtividade também houve concordância dos materiais superiores pelas três metodologias testadas, embora com ordenamentos diferentes.

De maneira geral, observa-se que os genótipos 48, 19 e 5 apresentaram comportamento superior aos demais em função da produtividade, adaptabilidade e estabilidade. Isso indica que esses genótipos possuem alto valor para futuros cultivos comerciais. Os genótipos 48 e 19 alternaram-se entre 1º e 2º lugar nos diferentes critérios. Enquanto que o genótipo 5 foi o único que manteve sua posição, ocupando o 3º lugar, independente da metodologia estudada. Isso indica que esses genótipos apresentaram adaptabilidade e estabilidade fenotípica nos oito anos/safras analisados, além de serem produtivos, isto é, os genótipos mantiveram-se produtivos independente do ano/safra.

Pelos três métodos (MHVG, PRVG e MHPRVG) para número de frutos por m<sup>2</sup>, massa média do fruto e produtividade verifica-se que houve uma pequena alteração no ordenamento, mas todos os genótipos coincidiram dentre os melhores. Portanto, apesar da seleção não ser a mesma de acordo com os métodos avaliados, observa-se que as estimativas classificaram os genótipos de maneira semelhante ao usar cada um dos três parâmetros obtidos pelo procedimento Blup para a produtividade, demonstrando que os materiais selecionados se destacam por apresentarem alta estabilidade e adaptabilidade para o caráter avaliado. Estes resultados corroboram com Maia et al. (2009); Candido et al. (2018); Moiana et al (2014); Carvalho et al. (2016) Regitano Neto et al. (2013); Torres et al. (2015); Santos et al. (2018); Coan et al. (2018) e Rosado et al. (2019), os quais também verificaram ordenamento semelhante dos materiais superiores de acordo com as estatísticas avaliadas.

Segundo Torres et al. (2015) materiais superiores que se destacam por apresentar adaptabilidade e estabilidade, possuem maior sinergismo adaptativo.

A metodologia do REML/BLUP não agrupa ambientes, por isso os resultados fornecidos foram interpretados diretamente como valores genéticos, já penalizados ou capitalizados por estimativas de adaptabilidade e estabilidade (VERARDI et al., 2009; SILVA et al., 2011). Silva et al. (2011) compararam diferentes métodos nos estudos de adaptabilidade e estabilidade e verificaram que a MHPRVG se destacou dentre as demais. Peixoto et al. (2018) também testaram diferentes metodologias para estudar a adaptabilidade e estabilidade em pinhão manso e concluíram que a MHPRVG é a mais eficiente para maximizar o ganho genético e a mais adequada para selecionar genótipos superiores de plantas perenes.

Portanto, observa-se que as metodologias estatísticas MHVG, PRVG e MHPRVG são ferramentas eficientes para auxiliar o melhorista na seleção dos melhores genótipos em programas de melhoramento genético de laranjeiras.

## 4 CONCLUSÕES

Os modelos mistos são adequados para analisar a interação genótipo e ambiente (G x A) e o estudo de adaptabilidade e estabilidade genotípica em laranjeiras-doce.

O método MHPRVG tem grande potencial para a seleção de genótipos de laranjeiras-doce estáveis, adaptados e de alto potencial produtivo.

Os genótipos de laranjeiras-doce 5, 48 e 19 apresentaram ótima performance para estabilidade, adaptabilidade e produtividade, simultaneamente. Por isso, podem ser cultivados com segurança em condições similares às testadas.

Os genótipos 5 e 48 são amplamente adaptados e estáveis e possuem boa previsibilidade, isto é, a manutenção da produtividade frente a ambientes diversos.

Todos os métodos (MHVG, PRVG e MHPRVG) demonstraram que a testemunha (cultivar local 'Aquiri') apresenta índices de adaptabilidade, estabilidade e produtividade inferiores aos genótipos selecionados.



## REFERÊNCIAS

- Agritempo. Sistema de monitoramento agrometeorológico. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em: 05 de abril 2019.
- ALVES, R. S.; PEIXOTO, L. de A.; TEODORO, P. E.; SILVA, L. A.; RODRIGUES, E. V.; RESENDE, M. D. V. de; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Selection of *Jatropha curcas* families based on temporal stability and adaptability of genetic values. **Industrial Crops & Products**, v.119, n.1, p.290 - 293, dec. 2018.
- ARAÚJO, M. F. C.; ARAÚJO, L. B.; FARIA, P. N.; DIAS, C. T.S. Statistical test for genotype and environment contribution in the genotype and environment contribution in the genotypes x environments interaction matrix. **Interciencia**. v.37, n.7, p.515-519, 2012.
- ATROCH, A. L.; NASCIMENTO FILHO, F. J.; RESENDE, M. D. V. Seleção genética simultânea de progênies de guaranazeiro para produção, adaptabilidade e estabilidade temporal. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 4, p. 347–352, 2013.
- BORGES, V.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; RESENDE, M. D. V.; CORNÉLIO, V. M. O.; LEITE, N.A.; VIEIRA, A.R. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, Campinas, v.69, p.833-841, abr. 2010.
- CANCELLIER, E. L.; BARROS, H. B.; KISCHEL, E.; GONZAGA, L. A. M.; BRANDÃO, D. R.; FIDELIS, R. R. Eficiência agrônoma no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p.650-656, 2011.
- CANDIDO, W. dos S.; SOARES, R. S.; FRANCO, C. A.; DINIZ, G. M. M.; SILVA, E. H. C.; MARIN, M. V.; BRAZ, L. T. Stability and adaptability of curled green-leaf lettuce lines using the REML/Blup mixed model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.3, p.298-306, Mar. 2018
- CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; TEODORO, P. E. Uso da metodologia REML/BLUP para seleção de genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p.314-321, 2016.
- COAN, M. M. D.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. de A.; PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A.; BALDISSERA, J. N. C. Determination of Genotypic Stability and Adaptability in Wheat Genotypes Using Mixed Statistical Models. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 20, n.7, p.1525-1540, Jan. 2018.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.
- DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipo x ambientes: uma introdução à análise "AMMI"**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Série Monografias, 9).
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Citrus Fruit Fresh And Processed: annual statistics 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citrus-fruit/en>>. Acesso em: 27 Jan. 2018.

FARIAS NETO, G. K.; YOKOMIZO, I.; OLIVEIRA, M. S. P.; HONGYU, K. GGE Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açaizeiro de Anajás, PA. **Revista Agro@ambiente** On-line, v. 12, n. 1, p. 25-33, janeiro-março, 2018.

FIDELIS, R. R.; TONELLO, L. P.; TAVARES, T. C. de O.; MARQUES, K. R.; SOUSA, S. A. de; MARTINEZ, R. A. S.; Performance of upland rice cultivars on cerrado soil. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.27, n.3, p. 274-287, 2018.

GONDIM, T. M. de S.; RTZINGER, R.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da. Seleção e caracterização de laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.451-454, 2001.

HENDERSON, C. R. Beste Linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, Alexandria, v. 31, n. 2, p. 423-447, June, 1975.

KHALILI, M; POUR-ABOUGHADAREH, A. Parametric and Non-Parametric Measures for Evaluating Yield Stability and Adaptability in Barley Doubled Haploid Lines. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.18, p.789–803, 2016.

LEDO, A. da S.; RITZINGER, R.; AZEVEDO, F. F. de. Avaliação de cultivares e portaenxertos de citros em Rio Branco-Acre, no período de 1991 a 1995. Rio Branco: Embrapa-CPAF-AC, 1996. 7 p. (Embrapa-CPAF-Acre).

LUZ, L. N. da; SANTA-CATARINA, R.; BARROS, G. de B.; BARROS, F. R.; VETTORAZZI, J. C. F.; PEREIRA, M. G. Adaptability and stability of papaya hybrids affected by production seasonality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.18, p.357-364, 2018.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos misto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, 43-50, 2009.

MALOSETTI, M.; RIBAUT, J.M.; EEUWIJK, F.A.V. The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. **Frontiers in Physiology**, v.4, p. 1-17, 2013.

MARIOTTI, I. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronómica del Nordeste Argentino**, vol. 13, n. 14, p. 105-127. 1976.

MELO, P. G. S.; ALVARES, R. C.; PEREIRA, H. S.; BRAZ, A. J. B. P.; FARIA, L. C.; Melo, L. C. Adaptability and stability of common bean genotypes in family farming systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.53, n.2, pp.189-196, 2018.

MOIANA, L. D.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MALEIA, M. P. E MINDO, N. Application of mixed models for the assessment genotype and environment interactions in cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars in Mozambique. **African Journal of Biotechnology**, 13, n. 19, p.1985-1991, maio 2014.

MORAIS, L. K.; SILVA, R. M.; CHIORATO, A. F.; AZZINI, L. E.; VILLELA, O. V.; GALLO, P. B.; SAKAI, M.; BASTOS, C. R.; MALAVOLTA, V. M. A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de arroz irrigado para o Estado de São Paulo. **Revista Biociências**, Pelotas, v. 14, n. 1, p.9-16, 2008.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Adaptabilidade e estabilidade de clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.44, n.9. pp.1138-114, 2009.

OLIVEIRA, A G. de. **Uso de modelos multiplicativos no estudo da interação genótipo x ambiente**. 2015. 40f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba. 2015.

OLIVEIRA, E. J.; FRAIFE FILHO, G. A.; FREITAS, J. P. X. Desempenho produtivo e interação genótipo x ambiente em híbridos e linhagens de mamoeiro. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 402-410, 2014.

PEIXOTO, L. de A.; TEODORO, P. E.; SILVA, L. A.; RODRIGUES, E. V.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Jatropha half-sib family selection with high adaptability and genotypic stability. Jatropha half-sib family selection with high adaptability and genotypic stability. **Plos One**, v.13, n.7, Jul. 2018.

PUPIN, S.; SILVA, P. H. M.; PIOTTO, F. A.; MIRANDA, A. C.; ZARUMA, D. U. G.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T. Genotype x Environment interaction, stability, and adaptability in progenies of Eucalyptus uro-phylla S.T. BLAKE using the AMMI model. **Silvae Genetica**. v.67, p.51–56, 2018.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3.ed. Lavras: UFLA, 2012. 305 p.

REGIS, J. A. V. B.; ANDRADE, J. A. da C.; SANTOS, A. dos; MORAES, A.; TRINDADE, R. W. R.; HENRIQUES, H. J. R.; POLIS, B. H.; OLIVEIRA, L. C. Adaptabilidade e estabilidade fenotípicas de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.53, n.1, pp.42-52, jan. 2018.

REGITANO NETO, A.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; GALLO, P. B.; FREITAS, J. G.; AZZINI, L. E. Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 512-519, 2013.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 359p. 2007.

RESENDE, M.D.V.; THOMPSON, R. Factor analytic multiplicative mixed models in the analysis of multiple experiments. **Revista Matemática e Estatística**. v.22, p. 31-52, 2004.

RESENDE, M.D.V. Software selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding, **Crop Breed. Appl. Biotechnol**. v.16, n.4, pp. 330-339, 2016.

ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; MENEZES JÚNIOR, J. Â N. de; CARVALHO, H. W. L. de; COSTA, A. F. da; LIMA, J. M. P. de; SANTOS, J. F. dos; BERTINI, C. H. C. de M.; PASSOS, A. R.; MORAIS, O. M. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi semieretos no Nordeste do Brasil via REML/BLUP. **Revista Ciência Agrônômica**, vol.48, n.5, 2017.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

ROSADO, R. D. S.; ROSADO, T. B.; CRUZ, C. D.; FERRA, A. G.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; LAVIOLA, B. G. Genetic parameters and simultaneous selection for adaptability and stability of macaw palm. **Scientia Horticulturae**. v.248, p. 291-296, jan. 2019.

SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Adaptability for Eucalyptus multi species hybrids in the State of Rio Grande do Sul: **Revista Árvore**. Viçosa, p. 759-769, 2013.

SANTOS, O. P.; CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; OLIVOTO, T.; PELEGRIN, A. J.; SZARESKI, V. J.; FERRARI, M.; NUNES, A. C. P. DEMARI, G. H.; LAUTENCHLEGER, F.; SOUZA, V. Q.; MAIA, L. C. Methods of adaptability and stability applied to eucalyptus breeding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.53, n.1, p.53-62, Jan. 2018.

SCAPIM, C. A.; OLIVEIRA, V. R.; BRACCINI, A. L.; CRUZ, C. D.; ANDRADE, C. A.; VIDIGAL, M. C. G. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russel, Lin and Binns and Huehn models. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 2, p. 387-393, 2000.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 494-501, 2011.

STRECK, E. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; AGUIAR, G. A.; FACCHINELLO, P. H. K.; FAGUNDES, P. R. R. Genotypic performance , adaptability and stability in special types of irrigated rice using mixed models. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 50, p. 66–75, 2019.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A.M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, v.74, p.255-260, 2015.

VERARDI, C. K.; RESENDE, M. D. V.; COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênes de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 1277-1282, 2009.

YUE, H.; WEI, J.; BU, J.; LI, J.; WANG, X.; ZHENG, S.; XIE, J.; CHEN, S.; PENG, H.; JIANG, X.; XIE, J. Comprehensive Analysis of Genotype by Environment Interaction of Maize Cultivars under Multi-Environment Conditions in North China. **International Journal Agriculture Biology**, v. 21, n. 2, 2019.

## 6 CONCLUSÕES FINAIS

Existe variabilidade genotípica para as características agronômicas avaliadas, indicando possibilidade de seleção de genótipos superiores para produção de laranjas.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade média indicam que para prever o valor real dos genótipos são necessárias em média seis safras. Contudo, a seleção também pode ser realizada na quinta safra, período em que foi verificada a estabilização fenotípica, devido a maior quantidade de frutos produzidos por planta.

O procedimento REML/BLUP é eficiente na classificação e no ordenamento dos genótipos de laranjeiras-doce, conforme evidenciado pela acurácia, especialmente pelo desbalanceamento de dados.

Os genótipos 48, 19 e 5 podem ser recomendados para o plantio em condições similares às testadas por agregarem maiores produtividades, estabilidade e adaptabilidade.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem mista (REML/BLUP) permite ótimas estimativas mesmo com baixos valores de herdabilidade. Como esta metodologia considera os efeitos aleatórios do modelo estatístico associado às observações fenotípicas, e ajusta os dados aos efeitos fixos e ao número desigual de informações na parcela, isso contribuiu para corrigir os problemas relacionados ao desbalanceamento de dados encontrados neste trabalho e, desse modo, os efeitos ambientais foram minimizados.

A metodologia dos modelos mistos (REML/BLUP) permitiu indicar os melhores genótipos para a obtenção de incrementos na produção de laranjeiras-doces, nas das condições edafoclimáticas de Rio Branco, Acre. Além disso, forneceu informações técnicas para a realização da seleção precoce, com base nas características produtivas e indicou os genótipos mais adaptados e estáveis ao ambiente de avaliação.

Vale ressaltar que ainda são poucos os trabalhos na área de genética quantitativa para o caráter produção de laranjeiras-doce, envolvendo a metodologia dos modelos mistos. Neste sentido, novas pesquisas devem ser realizadas, visando utilizar cada vez mais essas ferramentas no processo de seleção. Assim, em trabalhos futuros, a avaliação genotípica de laranjeiras-doce pode ser mais informativa com a inclusão das análises químicas, de forma a agregar subsídios para a seleção.