

**Universidade Federal Rural de Pernambuco**  
**Departamento de Agronomia**  
**Pós-Graduação em Melhoramento genético de Plantas**

**Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.**

Recife, 2018

**João Carlos Cezar de Albuquerque Filho**

**Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.**

Tese defendida no Programa de Pós Graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas.

Orientação: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Vivian Loges (DEPA/UFRPE)

Coorientação: Dr<sup>a</sup>. Simone Santos Lira Silva

Recife, 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A345r Albuquerque Filho, João Carlos Cezar de  
Repetibilidade e estabilidade de características agrônômicas de  
Heliconia spp. / João Carlos Cezar de Albuquerque Filho. –  
Recife, 2018.  
71 f. : il.

Orientador: Vivian Loges.

Coorientador: Simone Santos Lira Silva.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento  
Genético de Plantas, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências e anexos.

1. Plantas perenes 2. Plantas ornamentais – Melhoramento  
genético 3. Seleção de plantas - Melhoramento genético  
4. Fitotecnia 5. Heliconia 6. Métodos estatísticos  
I. Loges, Vivian, orient. II. Silva, Simone Santos Lira, coorient. III.  
Título

CDD 664

# **Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.**

**João Carlos Cezar de Albuquerque Filho**

Tese Defendida e Aprovada em 10/08/2018

**Orientadora:**

---

Professora Doutora Vivian Loges (DEPA-UFRPE)

**Coorientadora:**

---

Doutora Simone Santos Lira Silva (DEPA-UFRPE)

**Examinadores**

---

Professora Doutora Rosimar dos Santos Musser (DEPA-UFRPE)

---

Professor Doutor Mário de Andrade Lira Júnior (DEPA-UFRPE)

---

Professor Doutor Antônio Francisco de Mendonça Júnior (DEPA-UFRPE)

---

Professora Doutora Gheysa Coelho Silva (DEPA-UFRPE)

## **Agradecimentos**

Meus sinceros agradecimentos ao nosso Pai Celestial que me guia e me ilumina com todo seu esplendor todos os dias, dando-me saúde e força para seguir o caminho servindo-o.

A minha família pelo apoio, convivência e ensinamentos, nas personalidades das minhas irmãs Januária Cavalcanti Cezar de Albuquerque e Juliana Cavalcanti Cezar de Albuquerque, ao meu Pai João Carlos Cezar de Albuquerque, o qual me deu seus ensinamentos e sustento. E principalmente a minha mãe, Janete Barbosa Cavalcanti Cezar de Albuquerque, que meu deu a vida, carinho, exemplo e amor sublime.

Ao meu sobrinho/filho, Joaquim Emanuel de Albuquerque Braz, que mesmo tão pequeno, já se mostra um grande guerreiro na vida.

À minha linda filha Maria Luz Campos Cezar de Albuquerque, que me ensinou a educar, respeitar a amar como jamais poderia imaginar ocorrer na vida.

À minha orientadora Vivian Loges que me direcionou nessa caminhada, com amizade, companheirismo e respeito, que levarei como exemplo na minha vida profissional e pessoal.

Aos meus amigos Fabian Santana, Robson Ramos, Rhuan Pastoriza, Luciana Herculano dentre tantos outros (as), que são meus irmãos/irmãs de farda.

A todos (as) integrantes do Laboratório de Floricultura, Kessyana Leite, Paula Guimarães, Simone Lira, Sueynne Bastos, Stella Áurea e tantas outras e outros que sempre espelharam a beleza e o perfume das flores que tanto estudam.

À minha Universidade Federal Rural de Pernambuco, minha segunda casa, onde cresci, criei amigos e aprendi a arte que sempre me encantou e que me desafia, lugar do qual nunca esquecerei e terei sempre profundo carinho e respeito.

Ofereço e dedico isto a todos vocês.

**Peço a Deus que os guarde e abençoe sempre!**

## O Silêncio Das Estrelas

(Lenine)

Solidão, o silêncio das estrelas, a ilusão

Eu pensei que tinha o mundo em minhas mãos

Como um deus e amanheço mortal

E assim, repetindo os mesmos erros, dói em mim

Ver que toda essa procura não tem fim

E o que é que eu procuro afinal?

Um sinal, uma porta pro infinito, o irreal

O que não pode ser dito, afinal

Ser um homem em busca de mais, de mais

Afinal, feito estrelas que brilham em paz, em paz

Solidão, o silêncio das estrelas, a ilusão

Eu pensei que tinha o mundo em minhas mãos

Como um deus e amanheço mortal

Um sinal, uma porta pro infinito, o irreal

O que não pode ser dito, afinal

Ser um homem em busca de mais

## Sumário

Resumo.....	ix
Abstract.....	x
Capítulo I.....	12
1. Introdução Geral .....	13
2. Referencial Teórico.....	14
2.1 Aspectos Botânicos.....	14
2.2 Cultivo de Helicônias para Flor de Corte.....	15
2.3 Seleção e Melhoramento .....	17
3. Repetibilidade .....	19
3.1 Metodologias de Estimação do Coeficiente de Repetibilidade.....	21
3.1.1 Modelo de Análise de Variância (ANOVA I) .....	21
3.1.2 Modelo de Análise de Variância (ANOVA II) .....	21
3.1.3 Modelo de Componentes Principais Baseado na Matriz de Correlações (CPCOR).....	21
3.1.4 Modelo Componentes Principais Baseado na Matriz de Covariâncias (CPCOV).....	22
3.1.5 Modelo de Análise Estrutural Baseado na Matriz de Correlações (AECOR) .....	23
3.1.6 Modelo de Análise Estrutural Baseado na Matriz de Covariâncias (AECOV) .....	23
3.2 Discussões Sobre os Modelos de Estimação do Coeficiente de Repetibilidade.....	23
4. Interação Genótipo x Ambiente .....	26
5. Estabilidade e Adaptabilidade.....	26
5.1 Metodologias Empregadas .....	27
5.1.1 Eberhart e Russel (1966).....	27
5.1.2 Annicchiarico (1992) .....	29
5.1.3 Lin e Binns (1988) .....	29
5.1.4 Centroide (Rocha 2005).....	30
5.2 Comparações Entre as Metodologias .....	31
6. Referências Bibliográficas .....	34
Capítulo II .....	41

Estimação do Coeficiente de Repetibilidade em características agronômicas em Helicônias .....	42
Resumo.....	42
Abstract .....	42
Introdução .....	43
Material e Métodos .....	43
Resultados e Discussão .....	46
Conclusões .....	53
Referências Bibliográficas .....	53
Capítulo III.....	56
Estimação de Estabilidade Temporal para Produção de Hastes Florais em Espécies de Helicônias.	57
Resumo.....	57
Abstract .....	57
Introdução .....	58
Material e Métodos .....	59
Resultados e discussão .....	63
Conclusões.....	67
Referências Bibliográficas .....	67

## Resumo

Existe uma grande demanda de mão-de-obra pela quantidade de características estudadas e pelo tempo despendido nelas em estudos de caracterização de plantas perenes. A seleção das características mais importantes e o número de medições para ter-se certeza da correta avaliação dos indivíduos é essencial. Quando sucessivas avaliações são realizadas em um mesmo indivíduo, pode-se fazer a verificação do desempenho manifesto pelo genótipo através do coeficiente de repetibilidade, sendo este dependente da característica estudada, das propriedades genéticas que o rege na população e das condições ambientais as quais são submetidas, sendo útil no auxílio da quantificação de observações fenotípicas a serem feitas em um mesmo indivíduo para que se tenha maior acurácia na seleção, menor viés entre a medida obtida e o valor real do indivíduo, bem como na identificação da influência ambiental na característica estudada e seleção confiável com diminuição do custo em mão de obra. Em estudos de plantas perenes, quando ocorre interação genótipoxambiente, tem-se que a ordem produtiva dos acessos não se repetirá ao longo do tempo, fazendo-se necessário o uso de metodologias para avaliação da adaptabilidade e estabilidade temporal, a definição de ambientes neste sentido é muito ampla, podendo ser considerado diferentes localidades, épocas de plantio, anos, diferentes formas de cultivo etc. Estudos ligados à estabilidade podem ser realizados no começo de um programa de melhoramento, quando a finalidade deste estudo se dá na identificação de espécies e/ou variedades com potencialidade para este fim, como em estágios finais de um programa, quando a finalidade se dá para a seleção de espécies e/ou variedades pré-selecionadas para continuação do programa. Assim, foi realizado um agrupamento quanto ao porte de 18 acessos de *Helicônias* através de 11 características analisadas por três anos consecutivos, a determinação de características que mais contribuíram para a diversidade entre os grupos e a verificação da proporção da expressão genética e ambiental pelo coeficiente de repetibilidade por diferentes métodos em cada grupo. Também foi feito um estudo de adaptabilidade e estabilidade temporal por diferentes metodologias, sabendo que estas apresentam diferentes resultados, fez-se uma comparação entre similaridades e divergências entre elas. Verificou-se que o uso da metodologia de componentes principais baseada na matriz de covariância foi mais eficiente na análise dos dados por apresentar maiores coeficientes repetibilidade e de determinação. As características comprimento e diâmetro da haste, bem como comprimento e largura das inflorescências possuem pouca influência ambiental. Enquanto que para o estudo de adaptabilidade e estabilidade, concluiu-se que para início de processo de melhoramento visando a característica produção de hastes florais, os acessos *H. psittacorum* e seus híbridos juntamente com *H. × nickeriensis*, de pequeno e médio porte e os acessos *H. rostrata* e *H. caribaea* ‘Brazilian Bomber’, de grande porte, são os mais indicados. O modelo com ajuste de matrizes Auto

Regressivas Heterogêneas, foi o que mais se adequou para estudos de Helicônias e pode-se escolher entre o uso do método Annicchiarico e Lin e Binns, visto que produzem resultados semelhantes para uso concomitante com o método Eberhart e Russell.

Palavras-Chave: Modelos Mistos, Subdividida no Tempo, Agrupamento, Plantas Perenes, Covariância

### **Abstract**

There is a great demand of manpower for the number of characteristics studied and for the time spent in them in studies of characterization of perennial plants. The selection of the most important characteristics and the number of measurements to be sure of the correct evaluation of the individuals is essential. When successive evaluations are performed on the same individual, the performance of the genotype can be checked by the coefficient of repeatability, being this one dependent of the studied characteristic, of the genetic properties that governs it in the population and of the environmental conditions which are submitted, being useful in the aid of the quantification of phenotypic observations to be made in the same individual so that one has greater accuracy in the selection, smaller bias between the measure obtained and the real value of the individual, as well as in the identification of the environmental influence in the studied trait and reliable selection with a decrease in the cost of labor. In studies of perennial plants, when there is interaction genotype-environment, it is observed that the productive order of the accessions will not be repeated over time, making it necessary the use of methodologies to evaluate the adaptability and stability, the definition of environments in this sense is very broad, being able to be considered different localities, planting times, years, different forms of cultivation, etc. Studies related to stability can be carried out at the beginning of an breeding program, when the purpose of this study is to identify species and/or varieties with potential for this purpose, as in the final stages of a program, when the purpose is to select pre-selected species and/or varieties for a continuation of the program. Thus, a grouping was carried out regarding the size of 18 *Heliconia* accessions through 11 characteristics analyzed for three consecutive years, the determination of characteristics that contributed the most to the diversity among the groups and the verification of the proportion of the genetic and environmental expression by the coefficient of repeatability by different methods in each group. A study of adaptability and temporal stability was also made by different methodologies, knowing that these have different results, a comparison was made between similarities and divergences. It was found that the use of principal components methodology based on the covariance matrix was more efficient in the data analysis due to the higher coefficients of determination and repeatability. The characteristics length and diameter of the stem, as well as the

length and width of the inflorescences, have little environmental influence. While for the study of adaptability and stability, it was concluded that for beginning of improvement process aiming at this characteristic, production of floral stems the accessions *H. psittacorum* and its hybrids along with *H. × nickeriensis*, of small and medium size, and the accesses *H. rostrata* and *H. caribaea* 'Brazilian Bomber', of large size, are the most indicated. The model with Heterogeneous Auto Regressive matrix was the most suitable for Heliconia studies and it is possible to choose between the use of the Annicchiarico method and Lin and Binns since they produce similar results for use concomitant with the Eberhart and Russell method.

Keys-words: Mixed Models, Spli Splot, Grouping, Perenials Plants, Covariance

## Capítulo I

---

### **Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.**

## 1. Introdução Geral

O Brasil possui elevado potencial para aumentar sua área de produção e exportação de flores e plantas ornamentais. Pernambuco é o segundo polo produtivo da floricultura do nordeste e sua produção distribuem-se por três regiões: Zona da Mata e Sertão, onde predomina a exploração da floricultura tropical; e o Agreste, onde se concentra o cultivo das espécies temperadas. Dentre as principais espécies tropicais de corte estão o Antúrio, Helicônias, Alpínias, Bastão-do-imperador, Sorvetão, Tapeinóquilo, além das Musas (Sebrae, 2015). Destacando-se as tropicais as Helicônias, por apresentar cores intensas e boa durabilidade pós-colheita.

As Helicônias pertencem ao gênero *Heliconia*, único gênero da família Heliconiaceae. São plantas herbáceas, rizomatosas, perenes, com caule ereto, aéreo, formado por bainhas de folhas sobrepostas, denominado pseudocaulo. No ápice do pseudocaulo se forma uma inflorescência terminal, ereta ou pendente, com brácteas coloridas (Criley e Broschat 1992, Berry e Kress 1991). São conhecidas pelos nomes regionais de bananeira-de-jardim, bananeirinha-de-jardim, falsa-ave-do-paráiso, bico-de-guará e paquevira (Loges et al. 2014a).

Por serem plantas perenes, em um estudo sobre o seu potencial agronômico, são realizadas sucessivas avaliações em um mesmo indivíduo por vários anos, como realizado por Costa et al. (2006), Castro et al. (2007a), Loges et al. (2012), Loges et al. (2013a), Loges et al. (2013b), Loges et al. (2014) e Beckmann-Cavalcante et al. (2015). A herdabilidade é muito usada em estudos de melhoramento genético de culturas, pois auxilia na determinação da proporção das forças genéticas e ambientais que influenciam na manifestação de determinada característica, como esta não é plenamente adequada para estudos em plantas perenes deve-se fazer a verificação da veracidade do desempenho manifesto pelo genótipo através do coeficiente de repetibilidade. Este coeficiente, segundo Cruz et al. (2012) é dependente da característica estudada, que por sua vez é dependente das propriedades genéticas na população e das condições ambientais as quais são submetidas.

Da mesma forma, como estes estudos demandam muito tempo, deve-se ter noção do comportamento de cultivares ao longo de diferentes anos em um mesmo local ou em vários. O comportamento em um mesmo local apresenta maior inclinação ao interesse do agricultor, pois mostra se pode ocorrer mudança de comportamento significativo ao longo do tempo, tornando determinado genótipo indesejável, este comportamento é chamado de estabilidade temporal. Este estudo pode ser realizado no começo de um programa de melhoramento, quando a finalidade é a identificação de espécies e/ou variedades com potencial para este fim, como também em estágios finais de um programa, quando a finalidade se dá para a seleção de espécies e/ou variedades pré-selecionadas para uma continuação do programa (Vencovsky e Barriga, 1992).

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Diferentes metodologias são usadas para determinação em estudos de repetibilidade e estabilidade e estes podem mostrar resultados diferentes, isso faz com que sejam necessários estudos sobre as diferenças de cada metodologia para nortear decisões que podem ser tomadas em um programa de melhoramento na cultura.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Aspectos Botânicos

O gênero *Heliconia*, antes classificado como pertencente à família das musáceas (Berry e Kress, 1991), em consequência de suas características próprias de individualização passou a constituir a família monotípica Heliconiaceae (Castro et al. 2007b). As Helicônias pertencem à ordem Zingiberales, é composta por oito famílias: Musaceae; Strelitziaceae; Lowiaceae; Zingiberaceae; Costaceae; Cannaceae; Marantacea e Heliconiaceae (Berry e Kress 1991). São conhecidas pelos nomes regionais de bananeira-de-jardim, bananeirinha-de-jardim, falsa-ave-do-paráiso, bico-de-guará e paquevira (Loges et al. 2014a).

As Helicônias são plantas herbáceas, variando de 0,5 m a 10,0 m de altura, formando touceiras com perfilhamento mais agrupado e adensado ou mais separados e abertos. As folhas geralmente verdes, possuem pecíolo e limbo que podem apresentar cerosidade na face abaxial (Loges et al. 2014a), e são classificadas como: musóides (folhas verticais em relação ao pseudocaule e com longos pecíolos, ocorrendo na maioria das espécies); canóides (pecíolos curtos ou de médio comprimento, com posição oblíqua ao pseudocaule); zingiberóide (folhas dispostas horizontalmente com pecíolos curtos) (Berry e Kress 1991).

A inflorescência é terminal, ereta ou pendente, constituída de brácteas arranjas disticamente ou em espiral, com número variado de flores hermafroditas amarelas ou brancas. As brácteas são folhas modificadas com coloração, tamanho, formato, disposição, textura, número e outros detalhes que podem variar, apresentando colorações distintas, com predominância do amarelo, vermelho e alaranjado. Estas brácteas são unidas por meio da ráqui, que pode apresentar torção, conferindo uma forma espiralada à inflorescência (Loges et al. 2014a; Criley e Broschat 1992; Berry e Kress 1991).

Ocorrem predominantemente nas bordas das florestas, matas ciliares e nas clareiras ocupadas. O centro de diversidade do gênero é encontrado ao longo norte dos Andes (Colômbia e Equador) estendendo-se para sul da América Central (Panamá e Costa Rica). Embora as Helicônias atinjam o seu crescimento mais exuberante nas terras baixas tropicais úmidas e em altitudes

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

inferiores a 500 metros, o maior número de espécies são encontradas a 800-1500 metros. Poucas espécies ocorrem acima de 2000 metros (Kress 1990b; Castro e Graziano et al. 1997).

São encontradas a pleno sol ou em áreas sombreadas de florestas primárias, adaptadas predominantemente para regiões úmidas, porém há espécies que ocorrem em áreas de secas periódicas (Criley e Broschat 1992). A maior parte habita em locais abertos e ao longo das estradas, nas margens dos rios e em clareiras. Com o aumento da destruição da floresta tropical, estas espécies facilmente invadem e colonizam as áreas recém-abertas. Enquanto que outras espécies nunca atingem tão extenso crescimento vegetativo e são restritas a habitats mais sombreados. Estas últimas espécies são muitas vezes endêmicas e estão se tornando rapidamente extintas (Kress 1990b).

Castro (2007a) faz um extenso estudo sobre sinonímias e correta nomenclatura de espécies do gênero, em consulta ao Index Kewensis, no período de 1995 a 2000, o que permitiu elencar 176 espécies, separando o gênero em vários subgêneros, de ocorrência na região neotropical e seis espécies nas Ilhas do Pacífico, perfazendo 182 espécies válidas, distribuídas em cinco subgêneros e 23 seções. Concluindo que seu centro de origem é na América do Sul.

Essa variação natural que existe entre indivíduos e populações de Helicônias tem causado muita confusão na identificação entre colecionadores e produtores comerciais (Berry e Kress 1991). Um estudo sobre sua fenologia pode dar mais subsídios aos produtores e pesquisadores sobre as melhores formas de diferenciá-las. Ter a região da América do Sul como seu centro de origem nos obriga a identificarmos as espécies, sua diversidade e métodos de melhoramento para o grande mercado potencial da cultura.

## 2.2 Cultivo de Helicônias para Flor de Corte

Dependendo da espécie, as touceiras de Helicônias podem apresentar uma produtividade ótima, durante três anos e até no máximo aos seis após o plantio devendo então ser replantadas. A produção pode variar de 10 a 160 hastes florais por touceira entre as espécies e até mesmo entre as cultivares de uma mesma espécie (Loges et al. 2014b). Normalmente, elas mantêm a cor das brácteas e forma de 14-15 dias após a colheita em água deionizada a 23°C (Broschat e Donselman, 1983).

Costa et al. (2006), em avaliação realizada aos 316 dias após o plantio, perceberam que os genótipos cultivados apresentaram médias de número de perfilhos por touceira variando entre 18,3 (*H. bihai* cv. Kamehameha) e 57,0 (*H. psittacorum* cv. Red Opal, concluindo que as Helicônias de pequeno porte como cultivares e híbridos de *H. psittacorum* perfilham mais que as de grande porte.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Os autores classificaram o porte em pequeno, com altura da touceira inferior a 1,50 m, médio com altura entre 1,51 m a 2,50 m e de grande porte, com altura superior a 2,51 m.

Loges et al. (2012) registraram produção de inflorescências de uma haste por touceira/ano em *H. orthotricha* 'She' enquanto que em *H. psittacorum* × *H. spathocircinata* 'Golden Torch', foi de 303, ambas cultivadas sob as mesmas condições. Este exemplo mostra como existe uma grande variabilidade de produção entre as espécies, o que é influenciado também pelo porte da planta, como visto anteriormente.

Beckmann-Cavalcante et al. (2015), estudando *H. psittacorum* × *H. spathocircinata* 'Golden Torch' de pequeno porte, encontrou uma variação de produção de hastes florais de 44 a 59. Machado Neto et al. (2011), em estudo com *H. bihai* e *H. stricta*, ambas de médio a grande porte, constatou uma produção de hastes florais de 185 em 15 meses e 142 em nove meses, respectivamente, para essas espécies. Loges et al. (2013a) observou uma produção acumulada de hastes florais em *H. rauliniana* de 227 em 54 meses após o plantio.

Castro et al. (2007a), verificou que o número de dias para a colheita da inflorescência a partir da sua emissão foi de aproximadamente 16 dias; diâmetro da haste 20 cm abaixo da inflorescência de aproximadamente seis milímetros; comprimento da haste, medido da base do pseudocaulo ao ápice da inflorescência com aproximadamente 82 cm; comprimento da inflorescência, medido da parte colorida do pedúnculo ao ápice da inflorescência de 17 cm na cultivar Golden Torch (*Heliconia psittacorum* × *H. spathocircinata*) cultivada em diferentes soluções de nutrientes.

Loges et al. (2013a) observou em *H. rauliniana* um intervalo de 19 dias entre a emergência e a colheita de inflorescências. As hastes florais colhidas apresentaram 135 cm de comprimento; 35 cm e 34 cm de largura e comprimento, respectivamente; 31 mm de diâmetro de haste; massa fresca da haste com 80 cm com 230 g, com mais de 10 brácteas e durabilidade pós-colheita de 12 dias.

Castro (2007b), avaliando as espécies de Helicônias ofertadas ao mercado interno de flores de corte, usando 30 genótipos para esse fim, levando em consideração o período de florescimento, produção por touceira, rigidez da haste, durabilidade pós-colheita, facilidade de manuseio, embalagem e transporte, bem como a resistência a esse processo e o valor de mercado como espécies pouco adequadas, as *H. collinsiana*, *H. pseudoaemygdiana*, *H. spathocircinata*, *H. marginata*, *H. lingulata*, *H. metallica*, *H. rivularis*, *H. subulata* ssp. *subulata* e *H. pendula*. Os genótipos considerados moderadamente adequados, *H. hirsuta*, *H. bourgaeana*, *H. foreroi*, *H. X rauliniana*, *H. angusta* var. *flava*, *H. caribaea*, *H. chartaceae*, *H. latispatha*, *H. angusta* 'Holiday',

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

*H. episcopalis*, *H. rostrata*, *H. aurea*, *H. sampaioana*, *H. librata* e *H. velloziana*. E, os genótipos enquadrados como muito adequados foram *H. orthotricha*, *H. bihai*, *H. stricta*, *H. psittacorum*, *H. aurea* e *H. wagneriana*.

### 2.3 Seleção e Melhoramento

Por ser uma cultura que conta com muita coleta em ambientes silvestres, isto é, ainda não passaram por um programa extenso de melhoramento, os produtores são dependentes do desempenho destas em seu estado natural. Desta forma vê-se uma variação grande em produção de hastes florais a depender da espécie utilizada.

Atehortua (1997) elenca uma série de características para Helicônias que visa uma seleção de variedades de plantas geneticamente superiores em termos de adaptação a diferentes ambientes físicos e biológicos. Uma redução de tamanho e peso das flores para diminuir os custos de frete e torná-los mais fáceis de manusear. Uma modificação dos processos fisiológicos e genéticos para alterar o período de floração natural a fim de atender a demanda do mercado de todo o ano. O desenvolvimento de novas variedades anão e híbrido comercial de acordo com as características exigidas pelo consumidor.

Costa et al. (2009a) apontam o genótipo *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* 'Golden Torch' como o de maior produção de perfilhos por touceira dentre os genótipos avaliados pelos autores com um número de dias para colheita de aproximadamente 14 dias, enquanto que *H. pendula*, *H. episcopalis* e *H. bihai* 'Nappi Yellow' tiveram o menor número de perfilhos por touceira, com um número de dias para colheita de aproximadamente 26 dias. Estes mesmos autores afirmam que os genótipos *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* 'Golden Torch' e *H. bihai* são classificados como precoces (com floração antes de 240 dias da data de plantio). Os demais genótipos foram classificados em ciclo tardio de floração (após 240 dias da data de plantio).

Costa et al. (2009a) definem mais características agronômicas ideais para genótipos de helicônia com floração precoce, produtividade durante todo o ano e alto rendimento de inflorescências por touceira. Com base nessas características, indicam os genótipos *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* 'Golden Torch', seguido de *H. bihai* como mais indicados para produção. Enquanto que *H. bihai* 'Nappi Yellow', *H. caribaea* x *H. bihai* 'Carib Flame', *H. collinsiana*, *H. episcopalis*, *H. pendula*, *H. rostrata*, *H. stricta I* e *H. stricta II*, demonstraram baixa produtividade, longo ciclo de produção ou sazonalidade.

Costa et al. (2009b) classificaram os genótipos estudados por eles com base no peso fresco da haste, classificando-os em leves a *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* 'Golden Torch', em

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

medianos a *H. rostrata* e *H. stricta I* e em pesados a *H. bihai* e *H. collinsiana*. Indicando os mais leves como mais adequados para comercialização como flores de corte. Classificaram também com base no diâmetro do caule, em finos a *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* 'Golden Torch', médios *H. rostrata*, *H. collinsiana* e *H. stricta II* e grossos a *H. bihai*. Verificaram que os genótipos apresentaram em sua maioria, o comprimento de haste entre 71,60 e 121,51 cm (comprimento médio), exceto para *H. bihai* 'Nappi Yellow' e *H. stricta II*, indicando que esses dois genótipos não tenham conseguido produzir hastes mais longas, pois podem exigir períodos de estabilização maiores que os 18 meses considerados neste estudo.

Costa et al. (2009b) observaram que os maiores valores de comprimento de inflorescência foram observados em *H. bihai* (longo comprimento), *H. stricta II* (comprimento médio), *H. collinsiana* (longa) e *H. rostrata* (classificada como longa), enquanto que os menores comprimentos de hastes foi observado em *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* 'Golden Torch'.

Loges et al. (2013a) em estudo com *H. pogonantha*, indicou que esta pode ser usada como planta ornamental e em paisagismo. O aspecto ornamental da touceira indicou que há muita possibilidade de se conseguir boas composições de paisagismo com outras plantas ornamentais. No entanto, mesmo com a característica promissora das brácteas de inflorescência de cor vermelha escura e do arranjo da bráctea em espiral, *H. pogonantha* não pareceu ser adequada para uso como flor de corte. Um programa de melhoramento para reduzir o intervalo do ciclo de floração, aumentar a produção de inflorescências durante todo o ano, reduzir o peso do caule da inflorescência, retirada de cera das folhas e dos pelos bem como a disposição das brácteas dispostas em um mesmo plano para facilitar o manuseio e aumentar a vida útil pós-colheita para mais de sete dias permitiriam que essa espécie fosse adequada como flor de corte.

Loges et al. (2013b) avaliaram a *H. rauliniana* como apta a uso no paisagismo e como flor de corte, a mesma foi classificada como planta alta, com 3,40 m de altura o que poderia ser usado em cercas, pois apresentam uma visão mais agradável ou criam um ambiente confortável para que a inflorescência pendente seja facilmente visualizada. Sua produção é sazonal e ocorre principalmente de setembro a dezembro, com emissão de mais de 34 inflorescências por touceira em novembro. Contudo, os autores apontam que o período de produção da inflorescência em alguns meses por ano poderia ser um aspecto negativo para este genótipo, mas a durabilidade da inflorescência na touceira garante a beleza por mais de três meses. Os mesmos ressaltam que a combinação da cor verde das folhas, das brácteas vermelhas em espiral, dos pelos na inflorescência e da ausência de cera nas folhas conferem os aspectos ornamentais exóticos dessa planta e permite diferentes composições.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Loges et al. (2012) sugerem padrões de seleção de Helicônias com base no número de produção de hastes florais e número de perfilhos anuais, a depender do porte da planta, tendo uma produção anual estimada de hastes florais acima de 100 hastes e 200 perfilhos para Helicônias de pequeno porte e 50 hastes florais e 80 perfilhos para Helicônias de médio e grande porte. Os mesmos autores sugerem como padrões de seleção, genótipos que apresentarem hastes florais com 80 e 150 cm de comprimento, diâmetro menor que 3 cm, e massa fresca menor que 200g. Especificamente em relação às inflorescências, a largura e comprimento menores que 30 e 50 cm respectivamente e durabilidade pós-colheita maior que 10 dias.

Loges et al. (2014b) também elencam características indesejáveis para comercialização que podem ser usadas no melhoramento genético para fins de seleção, como: reduzida produção de hastes florais em relação ao número de perfilhos emitidos; e ciclo produtivo longo e/ou tardio. Em relação às inflorescências, são menos indicadas Helicônias que apresentam: presença de ceras, pelos ou brácteas dispostas em vários planos (maior massa); inflorescências com comprimento e largura que dificultam o embalagem e transporte; presença de número elevado de flores no interior das brácteas; e acúmulo de água que pode favorecer a ocorrência de odor desagradável e insetos.

Tudo isso mostra que o gênero possui uma gama de qualidades a serem adicionadas e características indesejadas em muitos dos genótipos que podem ser objeto de estudo de programas de melhoramento, mas para isso, como se trata de uma cultura perene, faz-se necessário identificar o tempo necessário para avaliação dessas características.

### **3. Repetibilidade**

Atividades para a coleta, identificação de características, funções biológicas em materiais não adaptados, semi-adaptados ou que não sofreram nenhuma forma de seleção e uso como fonte de variabilidade genética, são atividades essenciais no começo dos programas de melhoramento (Manfio et al. 2011). Isso afirma a necessidade de estudos para saber se o período de coleta de informações é adequado para uma correta avaliação das características.

A correta discriminação dos genótipos depende de sua avaliação em condições e intensidades que permitam precisão (menor dispersão) e acurácia (pequeno viés entre a estimativa e o parâmetro) das estimativas. Logo, o dimensionamento adequado do número de medições a serem realizadas é fundamental para a caracterização dos genótipos, pois, vários anos podem ser necessários para quantificar a expressão de uma característica que se manifesta ao longo do tempo (Teodoro 2016).

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Quando sucessivas avaliações são realizadas em um mesmo indivíduo, pode-se fazer a verificação da veracidade do desempenho manifesto pelo genótipo através do coeficiente de repetibilidade. Este é dependente da característica estudada, que por sua vez é dependente das propriedades genéticas que os rege na população e das condições ambientais (Cruz et al. 2012).

Para Falconer (1987), a repetibilidade representa o limite superior do coeficiente de herdabilidade e permite indiretamente, quantificar as observações fenotípicas que devem ser feitas em cada indivíduo para que a seleção seja realizada com eficiência, sendo bem mais simples de ser estimada, pois não exige cruzamentos controlados e estudo de progênies.

Toda a variância observada, quando se fazem sucessivas avaliações para um mesmo caráter no mesmo indivíduo, pode ser dividida em uma variância atribuída a diferenças de desempenho do indivíduo ao longo do tempo e uma variância atribuída a uma diferença entre os indivíduos. Esta última ainda pode ser subdividida em diferenças genotípicas e variações ambientais permanentes entre os indivíduos, que por muitas vezes são tratados apenas como variações genotípicas, deve-se considerar que as estimativas de repetibilidade não só variam em relação à natureza da característica que está sendo analisada, mas também em relação às propriedades genéticas da população e das condições às quais os indivíduos são submetidos (Cruz et al. 2012).

A diferença entre a repetibilidade e a herdabilidade se deve ao fato de que a variância genotípica utilizada para estimar a repetibilidade não é somente de origem genética, pois o componente de variância do ambiente permanente entre indivíduos permanece confundido com esta. Assim, a repetibilidade aproxima-se da herdabilidade à medida que a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do ambiente é minimizada. Se a variância genotípica estimada fosse puramente de natureza genética, os coeficientes de repetibilidade estimados corresponderiam a herdabilidade das características (Costa 2003; Lopes 2001).

O coeficiente de repetibilidade mede o grau de determinação genética da característica. A variância causada pelo ambiente permanente é uma fonte de erro que reduz a precisão nos estudos genéticos, devendo-se ressaltar que o melhorista sempre procura reduzi-la ao máximo possível por meio de um manejo cuidadoso, permitindo, dessa forma, que o valor do coeficiente de repetibilidade torne-se o mais próximo possível da estimativa da herdabilidade (Shimoya).

Este coeficiente varia de 0 a 1, sendo  $r=1$  a repetibilidade máxima, que ocorre quando o caráter se manifesta com muita constância. Com  $r=1$  os dados de uma só safra seriam suficientes para selecionar os indivíduos, pois as outras safras levariam a uma seleção semelhante àquela feita com uma só medição (Resende 2001).

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Sendo assim, útil no auxílio na identificação proporção da influência genética e ambiental na característica estudada e na quantificação de observações fenotípicas a serem realizadas na discriminação ou seleção confiável com diminuição do custo em mão de obra (Cruz et al. 2012).

### 3.1 Metodologias de Estimação do Coeficiente de Repetibilidade

Existem muitos métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade, um deles é pelo método de análise de variância, obtido pela correlação intraclassa da análise de variância, que pode ser realizado de duas formas (Cruz et al. 2012).

#### 3.1.1 Modelo de Análise de Variância (ANOVA I)

$Y_{ij} = \mu + g_i + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $Y_{ij}$  é a observação referente ao  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente (anos);  $\mu$  é a média geral;  $g_i$  é o efeito aleatório do  $i$ -ésimo genótipo sob a influência do ambiente permanente; e  $\varepsilon_{ij}$  é o efeito do ambiente temporário associado a  $i$ -ésima medição no  $i$ -ésimo genótipo (Cruz 2006a).

#### 3.1.2 Modelo de Análise de Variância (ANOVA II)

Outra forma usando a análise de variância para se determinar o coeficiente de repetibilidade é através do modelo  $Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $Y_{ij}$  é a observação referente ao  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente (anos);  $\mu$  é a média geral;  $g_i$  é o efeito aleatório do  $i$ -ésimo genótipo sob a influência do ambiente permanente;  $a_j$  é o efeito fixo do ambiente temporário na  $j$ -ésima medição; e  $\varepsilon_{ij}$  é o efeito do ambiente temporário associado a  $i$ -ésima medição no  $i$ -ésimo genótipo. A diferença entre os dois é que no primeiro, o efeito ambiental é retirado do efeito residual e no segundo, o efeito do ambiente está incluído no resíduo (Cruz 2006a).

Assim, em ambos os métodos, o coeficiente de repetibilidade é dado por:

$$r = \hat{\rho} = \frac{C\hat{\sigma}_{\text{variância}}(Y_{ij}, Y_{ijr})}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\text{variância}}(Y_{ij})\hat{\sigma}_{\text{variância}}(Y_{ijr})}} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_Y^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}; \text{ onde } \hat{\sigma}_Y^2 \text{ é a variância fenotípica; } \hat{\sigma}^2 \text{ a variância}$$

ambiental e  $\hat{\sigma}_g^2$  a variância genotípica.

#### 3.1.3 Modelo de Componentes Principais Baseado na Matriz de Correlações (CPCOR)

Estatisticamente, o índice de repetibilidade utilizado pelos geneticistas, é uma correlação intraclassa. Sendo afetado por qualquer alteração regular, irregular, ou sistemática, ao longo dos anos. Como exemplo, considerando o caráter de produção de coco, café, etc., estando esta sujeita a

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

mudanças irregulares, como flutuações devido ao clima ou mudanças regulares, efeitos bienais ou alterações crescentes ou decrescentes, como degeneração devido à senilidade (Abeywardena 1972).

Neste método proposto por Abeywardena (1972), que certificou que quando o fator bienalidade foi observado, ambos os métodos (variância e componentes principais) produziram índices igualmente eficientes, mas onde existia um ritmo bienal (não regular), a abordagem da análise de variância falhou. Com o uso do método de análise de componentes principais, no entanto, identificou-se dois vetores significativos, um dos quais era uma expressão do ritmo bienal, permitindo uma estimativa da verdadeira repetibilidade desprovida do fator bienal.

O método dos componentes principais com base na matriz de correlações consiste na obtenção de uma matriz de correlação entre os clones ou cultivares, em cada par de medições. São determinados então, na matriz, os autovalores e os respectivos autovetores normalizados associados. O autovetor, cujos elementos apresentam mesmo sinal e magnitudes próximas, é aquele que expressa à tendência dos clones em manter, ao longo dos anos, suas posições relativas em relação aos demais (Abeywardena 1972; Cruz et al. 2012). Assim, partindo de medições em  $p$  genótipos,

obtêm-se uma matriz de correlação paramétrica dada por:  $R = \eta \begin{bmatrix} 1 & \rho & \dots & \rho \\ \rho & 1 & \dots & \rho \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho & \rho & \dots & 1 \end{bmatrix} \eta$ , sendo o

coeficiente de repetibilidade representado por:  $r = \frac{\lambda_1 - 1}{\eta - 1}$ , onde  $\lambda_1$  é o maior autovalor, associado ao autovetor com elementos que apresentam mesmo sinal a magnitudes próximas, obtido de  $\hat{R}$ , que é a matriz de correlações obtidas dos dados e  $\eta$ , o número de observações (Cruz 2006a).

### 3.1.4 Modelo de Componentes Principais Baseado na Matriz de Covariâncias (CPCOV)

Outro método ainda baseado na análise de componentes principais, porém aplicado na

matriz de covariâncias fenotípica parametrizada é dado por:  $\Gamma = \sigma_Y^2 \begin{bmatrix} 1 & \rho & \dots & \rho \\ \rho & 1 & \dots & \rho \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho & \rho & \dots & 1 \end{bmatrix}$ , obtendo uma

matriz  $\hat{\Gamma}$  em que:  $\hat{V}(Y_{ij}) = \hat{V}(Y_{ij'}) = \hat{\sigma}^2 + \sigma_g^2 = \sigma_Y^2$  e  $C\hat{ov}(Y_{ij}, Y_{ij'}) = (\hat{\sigma}^2 + \sigma_g^2)\hat{\rho} = \hat{\rho}\hat{\sigma}_Y^2$ , sendo o estimador do coeficiente de repetibilidade  $r = \hat{\rho} = \frac{\lambda_1 - \hat{\sigma}_Y^2}{\hat{\sigma}_Y^2(\eta - 1)}$ , onde  $\lambda_1$  é o maior autovalor, associado ao autovetor com elementos que apresentam mesmo sinal a magnitudes próximas, obtido de  $\hat{\Gamma}$  (Rutledge 1974).

### 3.1.5 Modelo de Análise Estrutural Baseado na Matriz de Correlações (AECOR)

O modelo de Análise Estrutural, proposto por Mansour et al. (1981) é uma modificação do método de componentes principais, onde considera o coeficiente de repetibilidade como sendo a média aritmética das correlações fenotípicas entre genótipos em cada medição, considerando a matriz paramétrica de correlações entre os genótipos (Cruz et al. 2012). O autor afirma que o estimador de repetibilidade de Abeywardena era inadequado, propondo uma escala de seu estimador que remove o viés para corrigi-lo, proposto por Rutledge (1974).

Mansour et al. (1981), consideram  $R$  a matriz paramétrica de correlações entre tratamentos em cada par de avaliações e  $\hat{R}$ , o seu estimador (Cruz 2006a).

Assim, representado seu estimador através de  $r = \frac{\alpha' \hat{R} \alpha - 1}{\eta - 1}$ , sendo  $\alpha' = [1/\sqrt{\eta} \dots 1/\sqrt{\eta}]$ , o autovetor com os elementos paramétricos associados ao maior autovalor de  $R$  (Cruz 2006a).

### 3.1.6 Modelo de Análise Estrutural Baseado na Matriz de Covariâncias (AECOV)

O modelo de Análise Estrutural, também pode ser obtido através da matriz de covariâncias, onde utiliza o autovetor paramétrico ( $\alpha$ ) e a matriz de covariância  $\hat{\Gamma}$  empregando a fórmula  $r = \frac{\alpha' \hat{\Gamma} \alpha - \hat{\sigma}_y^2}{\hat{\sigma}_y^2 (\eta - 1)}$ , sendo este modo equivalente ao modo do qual é obtido na análise de variância  $r = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}$  (Cruz 2006a).

Para o cálculo do coeficiente de determinação genotípico, faz o uso da fórmula  $R^2 = \rho_{\infty}^2 = \frac{\eta \rho}{1 + \rho (\eta - 1)}$ , podendo avaliar a eficiência da predição do valor real do indivíduo com base na média de  $\eta$  medições (Cruz 2006a).

## 3.2 Discussões Sobre os Modelos de Estimação do Coeficiente de Repetibilidade

Apesar das diferenças estatísticas entre os modelos, vários autores encontraram concordância entre as estimativas obtidas (Ferreira et al. 1999; Shimoya 2002; Ferreira et al. 2004; Manfio et al. 2011; Lessa et al. 2014).

Porém outros autores apontam que o uso da metodologia baseada em componentes principais foi o modelo mais eficiente devido a sua característica de analisar melhor o índice quando são usados dados de culturas com comportamento cíclico. Assim a estimativa do coeficiente de repetibilidade por componentes principais com base na matriz de covariância é mais apropriada, devido à minimização do efeito do comportamento bienal sobre o rendimento (Vasconcellos et al.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

1985; Negreiros et al. 2008; Danner et al. 2010; Bergo et al. 2013; Negreiros 2014; Teodoro 2016), o que ocorre em menor grau na matriz de correlação pela padronização dos valores e por consequência, obtenção de valores maiores que os demonstrados para o método de análise de variância (Bergo et al. 2013)

Lopes et al. (2001) concordam com os autores citados mas ponderam que não foram constatadas grandes diferenças entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidos pelo método da ANOVA e pelos métodos de análise multivariada.

Vasconcellos et al. (1985), explicam o motivo deste tipo de observação, afirmando que o coeficiente de repetibilidade pode ser mais eficientemente estimado por meio da técnica de componentes principais, em situações em que o fator periodicidade ocorre, pois este não pode ser isolado na análise de variância. Com isto, este componente é incluído no erro experimental, elevando seu valor e levando a estimativas não verdadeiras deste componente, subestimando a repetibilidade. Em Nascimento et al. (2009), o método baseado em componentes principais da matriz de covariância foi o que apresentou os maiores valores de coeficiente de repetibilidade, explicando que os baixos valores do coeficiente de repetibilidade obtidos com a ANOVA eram devido aos altos valores do quadrado médio do resíduo, evidenciados pelos elevados coeficientes de variação experimental, portanto, evidenciando que o método baseado na análise de variância também é muito influenciado pela precisão experimental.

Quando os valores das estimativas do coeficiente de repetibilidade são menores, a diferença entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos aumenta (Lopes 2001). Assim, espera-se um comportamento diferente dos estimadores quando  $r$  é pequeno.

Portanto, o método de análise estrutural é mais adequado quando as variâncias nas diversas medições não são homogêneas (Mansour et al. 1981). Estimativas idênticas foram obtidas com os métodos ANOVA com erro removido e Estudo estrutural - matriz de covariância, em pesquisa com Umbu, onde o autor percebeu que ambos os estimadores são, de fato, idênticos (Santos 1999).

Della Bruna et al. (2012), afirma que a acurácia seletiva depende da herdabilidade e da repetibilidade do caráter, da quantidade e da qualidade de informações e dos procedimentos utilizados na predição dos valores genéticos, sendo uma medida que está associada à precisão na seleção (correlação entre valores genéticos preditos e valores genéticos verdadeiros), quanto maior a acurácia na avaliação de um indivíduo, maior é a confiança na avaliação. Sendo assim, o coeficiente de determinação genotípica ( $R^2$ ), representa a porcentagem de certeza da predição do valor real dos indivíduos selecionados com base em  $n$  medições (Lopes 2001).

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Considerando o padrão de duas medições, Resende (2002) classifica para o coeficiente de repetibilidade em alto, com valores acima de 0,60; valores médios quando estão no intervalo de 0,30 a 0,60 e baixos quando menores que 0,30. Valores considerados por Cedillo et al. (2008) e Manfio et al. (2011).

Resende (2002) também destaca que, quando se seleciona para uma formação de população de melhoramento, valores de coeficiente de determinação acima de 80% podem ser considerados adequados, enquanto que quando se faz seleção de indivíduos para propagação clonal ou formação de pomares, este coeficiente deve chegar próximo dos 100%.

Em Negreiros (2014), o autor optou por considerar como confiáveis dados com certeza de 90%, valor também seguido por Degenhardt et al. (2002) enquanto que Sobrinho et al. 2010, considerou ótimos, coeficientes de determinação iguais ou superiores a 67%, Oliveira e Moura (2010) indicaram, valores desejáveis, acima de 75%.

Santos (1999) observou relação de valores dos coeficientes de repetibilidade com o índice de confiabilidade no sentido de que quando os valores de  $r$  foram superiores a 0,80, os métodos apresentaram resultados geralmente mais próximos.

Shymoya et al. (2002), analisando características de produção de capim-elefante consideram razoáveis, valores de coeficiente de repetibilidade acima de 0,5, uma vez que expressaram valores acima de 80% para  $R^2$ . Explicando que assim, valores de variância entre genótipos apresentaram valores superiores ao da variância residual e, portanto, valores de repetibilidade acima de 0,5, já que esta medida representa uma razão entre as duas. Afirmando também que quando variâncias residuais alcançam valores maiores que as obtidas entre genótipos, os valores de repetibilidade são inferiores a 0,5, o que indica maior influência ambiental e necessidade de maior número de medições para melhor acurácia.

Por fim, deve-se considerar no valor de  $R^2$  ideal, além da confiabilidade das informações geradas, a disponibilidade de recursos e, também, que números exagerados de medidas poderiam inviabilizar as avaliações de experimentos (Lessa et al. 2014).

Como o índice de repetibilidade é dependente de vários fatores genéticos e ambientais, ao se ter modificações de comportamento de um indivíduo ou população ao longo do tempo, podemos nos aprofundar em estudos que identifiquem os fatores ambientais que influenciam esta variação e modos de atenuá-los ou podemos nos aprofundar em estudos que identifiquem indivíduos ou populações que possuem a faculdade de manter-se produtivos mesmo em condições de flutuações climáticas.

#### **4. Interação Genótipo x Ambiente**

É importante observar as magnitudes das interações genótipos x ambientes, pois isto orienta a recomendação de cultivares, além de ser determinante na questão da estabilidade fenotípica, pois sendo a interação significativa, sabe-se a partir daí que sua variação não é nem de origem genética, nem de origem ambiental (Vencovsky e Barriga 1992).

Resende (2007) define que quando um grupo de genótipos é avaliado em um ambiente ou um local, tem a média geral aumentada pelo efeito do ambiente e o genotípico aumentado pelo efeito da interação genótipo x ambiente, c

Concluindo que quando um genótipo é avaliado em um ambiente e utilizado no mesmo, o efeito ambiental é adicionado á seleção, enquanto que quando ele é selecionado em um local e utilizado em outro, seu valor genotípico diminui.

Resende et al. (2001) explica que na presença de interação genótipo x ambiente, existem duas estratégias de melhoramento que podem ser empregadas, a utilização de genótipos específicos para cada ambiente podendo ser usada a estratificação ambiental e/ou a utilização de genótipos com alta estabilidade fenotípica.

Na área de plantas perenes, a estratégia de melhoramento a ser adotada deve ser determinada da maneira mais correta e científica possível, em função da grande responsabilidade da seleção nessa área, devido aos ciclos reprodutivos longos das espécies, alto custo das operações de melhoramento e extensas e heterogêneas áreas que são abrangidas pelos plantios. Assim, os estudos relativos à estabilidade fenotípica são essenciais dentro dos programas de melhoramento (Resende et al. 2001).

#### **5. Estabilidade e Adaptabilidade**

A metodologia de adaptabilidade e estabilidade torna possível a identificação de um comportamento previsível e de boa resposta a mudanças ambientais. Essa metodologia possui uma gama de métodos que podem ser empregados, que mudam de acordo com os conceitos de estabilidade e dos métodos estatísticos empregados (Cruz et al. 2012). Resende (2007) define estabilidade como sendo um genótipo que apresenta pequenas variações em seu comportamento geral quando é avaliado em diversas condições do ambiente e adaptabilidade como sendo a capacidade de resposta à melhoria do ambiente, sendo o genótipo ideal, aquele que responde de maneira previsível ou proporcional ao estímulo ambiental, tendo um bom comportamento em uma grande amplitude de condições ambientais.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Vencovsky e Barriga (1992) definem o termo estabilidade como sendo a referência entre uma maior e uma menor habilidade dos genótipos de se adaptarem a flutuações climáticas ao longo dos anos agrícolas, dentro de um local ou ecologia. Os mesmos autores reforçam que a ideia de estabilidade é um caráter tipicamente de controle genético. Estes mesmos autores afirmam que o comportamento de cultivares ao longo de diferentes anos em um mesmo local é chamado por alguns autores de estabilidade temporal (sendo esta mais interessante ao produtor), enquanto que a observada em vários ambientes, em um mesmo intervalo de tempo, é chamada de adaptabilidade (estabilidade geográfica), sendo estas não correlacionadas, podendo ter base genética distinta, concluindo que uma seleção baseada em uma maior estabilidade geográfica não garante uma boa estabilidade temporal.

## 5.1 Metodologias Empregadas

### 5.1.1 Eberhart e Russel (1966)

Este método é uma modificação do método de Finlay & Wilkinson, com a modificação da não transformação logarítmica das médias visando à indução de uma maior linearidade na regressão. Vencovsky e Barriga (1992), relatam que este método se baseia em um coeficiente de regressão linear e em uma variância dos desvios de regressão para todos os tratamentos genéticos, este modelo é representado por  $Y_{ij} = m_i + b_i l_j + d_{ij}$ , ( $i=1, 2, \dots, t$  e  $j=1, 2, \dots, s$ ) sendo  $Y_{ij}$  a média da cultivar  $i$  no local  $j$ , o valor  $l_j$ , fazendo o papel da variável  $x$ , na regressão, sendo este o índice ambiental (podendo ser positivo ou negativo), o parâmetro  $b_i$ , um coeficiente de regressão linear, indicando o quanto do cultivar  $i$  se altera com a alteração de  $l_j$ . Sendo  $l_j = 0$  (ambiente nem favorável nem desfavorável), o valor de  $Y_{ij}$  fica sendo a soma de  $m_i + d_{ij}$ , onde  $m_i$  é o valor esperado da cultivar  $i$  em condições ambientais médias e o valor  $d_{ij}$ , a medição dos desvios de regressão e os erros ambientais. Isso caracteriza a cultivar pelo coeficiente  $b_i$ , e pela variância dos desvios da regressão  $d_{ij}$ .

O método de Eberhart & Russell, combina dois tipos de estabilidade: estabilidade biológica, pela ordem dos coeficientes de regressão, da menor para a maior estimativa, e estabilidade agrônômica, pela ordem das estimativas  $\sigma_{d_i}^2$  (Silva e Duarte, 2006).

Segundo Cruz et al. (2012), neste modelo, os coeficientes de regressão dos valores fenotípicos de cada genótipo em relação ao índice ambiental e os desvios dessa regressão proporcionam estimativas de parâmetros de estabilidade e adaptabilidade. Assim, o genótipo ideal seria o de alta produção média e coeficiente de regressão igual a um, com desvios de regressão tão

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

pequenos quanto possíveis. Sendo o parâmetro de adaptabilidade, o coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do genótipo a variação ambiental, classificado em  $\beta_{ii}=1$ , genótipos com adaptabilidade geral ou ampla;  $\beta_{ii}>1$ , genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e  $\beta_{ii}<1$ , genótipos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. O parâmetro de estabilidade é o componente de variância atribuído aos desvios de regressão  $\sigma_{di}^2$ , sendo os genótipos de alta previsibilidade ou estabilidade, os que possuírem  $\sigma_{di}^2 = 0$ , enquanto que os genótipos de baixa previsibilidade ou estabilidade os que possuírem  $\sigma_{di}^2 > 0$ . Pode ocorrer que cultivares, com rendimento médio superior, apresentem  $\sigma_{di}^2$  estatisticamente diferente de zero. Nesses casos, pode ser necessário a seleção das cultivares do grupo em que a estabilidade foi baixa, assim, como alternativa pode-se utilizar o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) como medida auxiliar, sendo esta acima de 80%.

O parâmetro estabilidade ( $\sigma_{di}^2$ ) é estimado pelo método da análise de variância, a partir do quadrado médio do desvio da regressão de cada cultivar (QMDi) e do quadrado médio do resíduo (QMR), onde  $\sigma_{di}^2 = (QMDi - QMR)/r$ . A estabilidade refere-se à previsibilidade da cultivar em relação ao modelo de regressão linear. São considerados estáveis as cultivares com desvios de regressão não-significativo e instáveis aquelas com desvios significativos (Ferreira et al. 2004).

A classificação de ambiente em favorável ou desfavorável é obtida considerando-se a média geral de todos os experimentos em que aquele com média maior que a média geral constitui-se como ambiente favorável e aquele com média menor que a média geral é o desfavorável. Nesse procedimento, se houver dois experimentos conduzidos no mesmo local e tipo de solo, um ao lado do outro, tomando-se todos os cuidados para manter o máximo de uniformidade na condução dos experimentos, as médias de cada experimento certamente não serão as mesmas, de modo que sempre ter-se-á um deles como favorável e outro, desfavorável. Assim, a simples classificação de ambientes em favorável ou desfavorável não é suficiente para a discriminação da estabilidade e adaptabilidade genotípica, ou seja, pode não refletir a existência de divergência agro-ecológica (ambiental). No entanto, essa classificação dá uma ideia de como os genótipos se comportarão frente a certas variações ambientais e, desse modo vem sendo utilizada (Murakami et al. 2004).

Logo esta metodologia baseia-se na análise de regressão linear, medindo a resposta de cada genótipo em cada ambiente e computada uma regressão linear simples da variável resposta, em relação a um índice ambiental, obtido pela diferença entre a média de cada ambiente e a média geral. Assim, os mesmos apresentam limitações, dentre as quais se destaca o uso da média de todas as cultivares em cada condição como medida do índice ambiental, não havendo independência entre o rendimento e o índice ambiental.

### 5.1.2 Annicchiarico (1992)

O método de Annicchiarico baseia-se no chamado índice de confiança genotípico. Nesta metodologia não paramétrica, a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo, em relação a média de cada ambiente, estima o índice de confiança de determinado genótipo apresentar desempenho abaixo ou acima da média do ambiente. Os dados são transformados em percentual em referência a média dos genótipos, em cada local, sendo estes classificados em favoráveis. Serão desfavoráveis, se obtiverem valores acima ou abaixo da média geral dos ambientes. Assim, são considerados superiores e estáveis, os genótipos que possuem maiores índices de recomendação ( $\omega_i$ ), maiores médias percentuais ( $\hat{z}_i$ ) e menor desvio ( $\hat{\sigma}_{z_i}$ ) (Cruz et al. 2014). O método de Annicchiarico é calculado através do seguinte modelo  $I_{i(g)} = \hat{\mu}_{i(g)} - z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{z_i(g)}$ , em que  $\hat{\mu}_{i(g)}$  é a média percentual dos genótipos  $i$ ;  $z_{(1-\alpha)}$  é o percentil da função de distribuição normal padrão;  $\hat{\sigma}_{z_i(g)}$  é o desvio-padrão dos valores  $Z_{ij}$ , associado ao  $i$ -ésimo genótipo. Normalmente o coeficiente de confiança adotado é de 75%, isto é,  $\alpha = 0,25$  (Cruz et al. 2012).

Estimando a probabilidade de uma determinada cultivar apresentar desempenho abaixo da média do ambiente, recomendando genótipos estáveis para ambientes em geral, favoráveis e desfavoráveis. Valores superiores a 100 para o índice de confiança são aceitáveis, sendo os melhores aqueles que tiveram os mais altos valores. Considerando que  $\omega_i$  expressa a estabilidade e, também, a adaptabilidade genotípica (Cruz et al. 2014).

### 5.1.3 Lin e Binns (1988)

Nesta metodologia não paramétrica, estimam-se as cultivares com base no quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente, assim obtendo uma propriedade de variância, ponderando eficientemente os desvios de comportamento dos cultivares nos ambientes (Cruz et al. 2014). Estima a estatística  $P_i$ , que é a medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento em um único parâmetro.  $P_i$  é estimado pela seguinte fórmula

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} + M_j)^2}{2n}, \text{ em que } P_i \text{ é a estimativa de adaptabilidade e estabilidade da cultivar } i;$$

$X_{ij}$  é a produtividade da cultivar  $i$  no ambiente  $j$ ;  $M_j$  é a resposta máxima observada entre todas as cultivares no ambiente  $j$ ;  $n$  é o número de ambientes. Logo, o parâmetro  $P_i$  relaciona a distância da cultivar avaliada à cultivar que apresentou maior produtividade obtida em cada ambiente, de modo que quanto menor o seu valor, maior será a adaptabilidade e estabilidade de comportamento da cultivar em questão. Assim sendo, é uma medida que representa a superioridade de um genótipo

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

para o conjunto de ambientes avaliados. Mede o desempenho de um dado genótipo em relação ao genótipo com melhor desempenho, em cada um dos ambientes avaliados, sendo mais estável o que apresentar menores  $P_i$ 's.

#### 5.1.4 Centroide (Rocha 2005)

Técnica multivariada de componentes principais para representar a informação de desempenho diferencial dos genótipos em uma comparação da resposta individual dos cultivares com a resposta de quatro cultivares ideais, em relação ao conjunto de dados avaliados. Essa comparação de valores consiste da distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), o ideótipo de máxima adaptabilidade geral, são aqueles que apresentam os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). Os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados (ideótipo IV) (Rocha 2005).

Nascimento et al. (2009), pondera que apesar da grande facilidade de recomendação proporcionada pelo método centroide, ele tem como pressuposto a existência de genótipos com desempenho elevado em determinado ambiente e muito baixo em outro, não considerando a possibilidade de existência de genótipos com desempenhos alto e médio ou baixo e médio, ressaltando que esta polarização nas classes alto e baixo pode não ser observada em análises de caracteres quantitativos.

Então, o mesmo autor indicou uma modificação no método, com a inclusão de ideótipos que apresentassem comportamento médio ao conjunto de genótipos avaliados conferindo maior sentido biológico ao método. Em que foram adicionados o ideótipo V (média adaptabilidade geral), cujos valores, em cada ambiente, são representados pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudado, o ideótipo VI (média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis), cujos valores nos ambientes favoráveis são representados pelos valores máximos e, nos desfavoráveis, pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudado e o ideótipo VII (média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis), cujos valores, nos ambientes favoráveis, são representados pelas médias e, nos desfavoráveis, pelos valores máximos obtidos pelo conjunto de genótipos estudado. Tendo como finalidade a obtenção de um gráfico fornecido que possibilita comparação direta em relação a um gradiente de produtividade, onde genótipos mais próximos à ponta da seta são mais produtivos.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

O conceito de adaptabilidade e estabilidade utilizado no método centroide se diferencia dos demais uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (Rocha 2005)

Nascimento et al. (2009), detalham este ordenamento para utilização do método centroide, os ambientes devem ser classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental proposto por Finlay & Wilkinson (1963), sendo  $I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..}$ , onde em que:  $Y_{ij}$ : média do genótipo  $i$ , no ambiente  $j$ ;  $Y_{..}$  : total das observações;  $a$ : número de ambientes; e  $g$ : número de genótipos.

A posição dos genótipos em relação aos centroides (ideótipos) no gráfico de dispersão e os valores de distância cartesiana entre os pontos (genótipos) e cada um dos quatro centroides possibilitam a sua classificação quanto à adaptabilidade e à estabilidade. Uma medida de probabilidade espacial é calculada com uso do inverso da distância entre um tratamento e os quatro ideótipos:  $P_{d(i,k)} = \frac{1}{d_{ik}} / \sum_l \frac{1}{d_{il}}$  em que:  $P_{d(i,k)}$  é a probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao  $k$ -ésimo centroide e  $d_{ik}$  é a distância do  $i$ -ésimo genótipo ao  $k$ -ésimo centroide no plano gerado a partir da análise de componentes principais.

Além da ocorrência de genótipos de maior proximidade a um dos quatro ideótipos, observa-se a distribuição de pontos na região central do gráfico. Pontos que apresentam menor semelhança com os ideótipos de comportamento desejado, e por isso sua classificação é menos precisa. Assim, faz-se a utilização do inverso do valor de distância entre um ponto aos quatro centroides como estimativa da confiabilidade de agrupamento dos genótipos. Dessa maneira, um ponto equidistante aos quatro pontos referenciais, que representam os genótipos de comportamento invariante, apresenta valores de probabilidade de 25% de pertencer a qualquer um dos grupos e, portanto, quanto mais o valor de probabilidade diferir de 25%, maior será a certeza em concluir o agrupamento do genótipo. Então, estima-se que valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento (Rocha 2005).

## 5.2 Comparações Entre as Metodologias

Em Resende (2007), o autor relata que a escolha do procedimento é muito importante, pois alguns conduzem a resultados semelhantes, sendo algumas com propriedades estatísticas superiores enquanto outros com fácil interpretação, sabendo que os mesmos são dependentes dos dados

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

analisados. Como exemplo, diz que o método Lin e Binns (1988) fornece resultados que não são interpretados diretamente como valores genéticos e então não permite computar ganhos no caráter composto pela produtividade, estabilidade e adaptabilidade. E o de Annicchiarico (1992), depende de suposições de valores de  $\alpha$  associados a  $z$  ( $1 - \alpha$ ), que se refere ao percentil da função da distribuição normal padrão associado ao nível de significância.

Rocha (2005), afirma que o método centroide (ideótipo I) e de Linn e Binns apresentam semelhanças, os dois métodos comparam as diferenças entre o comportamento dos genótipos nos diversos ambientes com ideótipos de resposta desejada. Essa semelhança faz com que haja valores de correlação de alta magnitude como os observados entre o ordenamento dado por Linn Binns e pelo centroide (ideótipo I). Enquanto que, para os outros ideótipos II, III e IV não são esperados valores de correlação tão elevados uma vez que a filosofia do método centroide difere da tradicional considerando que os ideótipos de comportamento desejado são aqueles que apresentam máxima resposta em um grupo de ambientes (favorável ou desfavorável) e mínima em outro grupo.

Santos et al. (2011) enfatiza que a análise pelo método centroide permite a classificação de um genótipo não apenas para a adaptabilidade, mas também para a estabilidade, e o último é mais preciso quando o valor de probabilidade do agrupamento é próximo ou superior a 40%.

Albrecht et al. (2007) faz alusão a modificação do método de Lin e Binns (1988), proposta por Carneiro (1998), que preconiza a decomposição da medida  $P_{ig}$ , nas suas partes relativas a ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ) e a ambientes desfavoráveis ( $P_{id}$ ). A classificação dos ambientes em favoráveis ou desfavoráveis é efetuada por meio do índice de ambiente, que é a diferença entre a média dos genótipos avaliados em dado ambiente e a média geral dos experimentos, permitindo a recomendação imediata dos genótipos, pela avaliação do comportamento de cada genótipo e de sua resposta em função da variação de ambiente. Assim faz-se uma relação ao ideótipo, dando a ambientes similares menor peso, onde as diferenças são elevadas ao quadrado tomando propriedade de variância, tornando este método em uma avaliação de estabilidade de comportamento.

Silva e Duarte (2006) em trabalho com a cultura da soja, identificaram que métodos Annicchiarico e Lin & Binns possuem forte associação entre si, fato corroborado por Cargnelutti Filho et al. (2009), em trabalho com a cultura do milho, Pereira et al. (2009) em trabalho com a cultura do feijão, Silva Filho et al. (2008) em trabalho com algodão também afirmam que a similaridade entre as metodologias, Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992) é esperada, visto que ambas metodologias tem finalidade medir a superioridade dos genótipos, sendo que a primeira toma como referência o desempenho dos melhores genótipos em cada ambiente e a segunda a média de cada um dos ambientes, assim, alguns autores afirmam que seu uso simultâneo não é recomendado.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Silva Filho et al. (2008) e Silva e Duarte (2006) afirmam que o uso de Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992) em combinação com o de Eberhart e Russell pode agregar informação à análise de estabilidade, estes últimos viram ainda que este último método, apresenta forte associação com vários outros no estudo deles, corroborando para o sucesso de sua utilização no estudo de adaptabilidade e estabilidade.

Pereira et al. (2009), observa que os métodos de Lin e Binns e Annicchiarico não apresentaram correlação com Eberhart e Russel em seu trabalho, inferindo que a utilização de um desses métodos em conjunto com Eberhart e Russel pode fornecer informações complementares sobre a estabilidade fenotípica.

Ferreira et al. (2004) faz uma comparação entre as metodologias de Lin e Binns e Eberhart e Russell em alfafa e descreve que ambas as metodologias apresentaram boa concordância, fato também observado por Gouvêa et al. (2011).

Ferreira et al. (2004) ainda afirma que ocorreu apenas uma diferença no ordenamento das cultivares, onde no método de Lin e Binns, uma cultivar apresentou melhor adaptabilidade e estabilidade, com o menor valor de  $P_i$ , enquanto que pelo método de Eberhart e Russell, ela foi classificada como de comportamento melhor nos cortes realizados em condições ambientais favoráveis. Explicando que a discordância se deve ao conceito de adaptabilidade das duas metodologias, sendo o de Eberhart e Russell baseado em um coeficiente de regressão linear da produção da cultivar em função do índice ambiental, enquanto que o de Lin e Binns consiste numa comparação com a maior média em cada ambiente. Concluindo que pela metodologia de Lin & Binns, a cultivar de produtividade que em cada ambiente, estiver mais próxima da máxima produtividade obtida, obterá um  $P_i$  de baixa magnitude, obtendo alta estabilidade e adaptabilidade.

Esta associação também é comentada por Mohebodini et al. (2006), Yousefi et al. (2010) e Farias et al. (1997), que ainda aponta a preferência pelo método de Lin e Binns (1988), ressaltando que o mesmo sempre associa maior estabilidade com maior produtividade. Enquanto que Murakami et al. (2004) relata que a metodologia de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998) foi mais discriminante do que Eberhart e Russell (1966) e por isso, mais eficiente e mais indicada para análises de estabilidade e adaptabilidade.

Nascimento, (2010) afirma que metodologias baseadas em análise de regressão, as metodologias de Lin e Binns (1988) e Carneiro (1998) de avaliação da performance genotípica com base em medidas não paramétricas e as metodologias dos centroides múltiplos e centroide ampliado, baseadas em componentes principais sofrem a ação de pontos extremos. Podendo

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

proporcionar estimativas inadequadas, que não refletem a verdadeira relação existente entre a variação ambiental e a resposta genotípica, e superestimar ou subestimar o parâmetro de adaptabilidade, sugerindo o uso de regressões não paramétricas quando se tem claramente um ambiente contrastante com os demais.

Franceschi et al. (2010) também constatou que cultivares com alto rendimento apresentaram maior adaptabilidade e estabilidade pelo método Lin e Binns (1988) e ainda que este método assemelha-se ao método de Eberhart e Russell (1966) para a condição de ambientes favoráveis, explicando que a estatística  $P_i$  do Lin e Binns (1988), considera as cultivares cujas as produtividades, em cada ambiente, estejam mais próximas da máxima produtividade e indicando que este método apresenta superioridade para a recomendação de cultivares tanto para ambientes favoráveis quanto desfavoráveis, concluindo ainda que o método de é o que discrimina melhor o conjunto de cultivares.

Enquanto Caierão et al. (2006) verificou em sua pesquisa que ambos os métodos Lin e Binns (1988) e Eberhart e Russell (1966) foram coerentes entre si na maioria das interpretações, discriminando as populações avaliadas de trigo quanto à produtividade e à capacidade de expansão nos ambientes estudados.

## 6. Referências Bibliográficas

Abeywardena V (1972) An application of component analysis in genetics. *Journal of Genetics*, Sadashivanagar. v. 61, p. 27-51.

Albrecht JC, Vieira EA, Silva MS e, Andrade JMV de, Scheeren PL, Trindade MG, Soares Sobrinho J, Sousa CNA, Reis WP, Ribeiro Júnior WQ, Fronza V, Cargnin A, e Yamanaka CH (2007) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1727-1734.

Annicchiarico P (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics & Breeding*, Madison, v.46, p.269-278.

Atehortua L (1997). *Heliconias: A new challenge for the Colombian floricultural industry*. *Biotechnology and Development Monitor*, v.31, p.2021.

Beckmann-Cavalcante MZ, Amaral GC, Avelino RC, Silva AA, Silva AS, Oliveira JBS (2015) Produção de inflorescências de *Heliconia* cv. Golden Torch sob adubação nitrogenada e potássica. *Comunicata Scientiae*, v.6, p.65-73.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Bergo CL, Negreiros JRS, Miqueloni, DP e Lunz AMP (2013) Estimativa de repetibilidade de caracteres de produção em pupunheiras para palmito da raça Putumayo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 3, p. 829-836.

Berry F e Kress WJ. (1991). *Heliconia: An identification guide*. Smithsonian Institution Press. Washington and London. 334p.

Broschat TK, Donselman HM (1983). Production and postharvest culture of *Heliconia psittacorum* flowers in south Florida. In *Proc. Fla. State Hort. Soc.* Vol. 96, pp. 272-273.

Caierão E, Silva MS, Scheeren PL, Del Duca, LJA, Junior NA and Pires JL (2006) Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. *Ciência Rural* 36: 1112-1117

Cargnelutti Filho A, Storck L, Riboldi J, e Guadagnin JP (2009) Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. *Ciência Rural*, v. 39, n. 2, p. 340-347.

Carneiro PCS (1998) Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento. 168f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa

Castro ACR, Loges V, Costa AS, Castro MFA, Aragão FAS, Willadino LG (2007a). Hastes florais de *Heliconia* sob deficiência de macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 9, p. 1299-1306.

Castro CEF, Gonçalves C, May A (2007b) Atualização da nomenclatura de espécies do gênero *Heliconia* (Heliconiaceae). *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v. 13, p. 38-62.

Castro CEF, Graziano TT. (1997). Espécies do Gênero *Heliconia* (Heliconiaceae) no Brasil. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*. Campinas, v.3, n.2, p.15.

Costa AS, Loges V, Castro ACR Guimarães WNR e Nogueira LC (2009a) *Heliconia* genotypes under partial shade: I. Shooting and blooming. *Acta Horticulture*. 813, 609–614.

Costa AS, Loges V, Castro ACR, Guimarães WNR e Nogueira LC (2009b) *Heliconia* genotypes under partial shade: II. Evaluation of flowering stems. *Acta Horticulture*. 813, 171–176.

Costa AS, Loges V, Castro ACR, Verona AL, Pessoa CO, Santos VF (2006) Perfilhamento e expansão de touceiras de *Helicônias*. *Horticultura Brasileira* 24: 460-463.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Costa JG (2003) Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. *Ciência Rural*, v33, p263-266.

Criley RA e Broschat TK (1992). *Heliconia: botany and horticulturæ of new floral crop*. *Horticulturæ Review*, v.14, p.1-55.

Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2012) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. ed. Viçosa, MG: UFV. v. 1, 514 p.

Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2014) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v. 2, 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.

Cruz, CD (2006a) Programa Genes - Biometria. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV. v.1. 382 p.

Danner MA, Raseira MDCB, Sasso, SAZ, Citadin I, & Scariot S (2010) Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. *Ciência Rural*, v 40, n 10, p 2086-2091.

Degenhardt J, Ducroque JP, Dos Reis MS, Guerra MP, & Nodari RO (2002) Efeito de anos e determinação do coeficiente de repetibilidade de características de frutos de goiabeira-serrana. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v 37, n 9, p 1285-1293.

Eberhart SA, Russell WA (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v.6, p.36-40.

Falconer DS. (1987). *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa : UFV, 279p.

Farias FJC, Ramalho MAPR, Carvalho LP, Moreira JAN, Costa JN (1997) Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, p.407-414.

Ferreira RP, Botrel MA, Ruggieri AC, Pereira AV, Coelho ADF, Léo FJS, Cruz CD (2004) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. *Ciência Rural*, v.34, p.265-269.

Ferreira RP, Botrel MA, Vander Pereira A & Cruz CD (1999) Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v 34, n 6, p 995-1002.

Finley KW, Wilkinson GN (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding progame. *Australian Journal of Agricultural Research* 14: 342-354.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Franceschi L, Benin G, Marchioro VS, Martin TN, Silva RR, Silva CL (2010) Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no Estado do Paraná. *Bragantia*, v.69, p797-805.

Gouvêa LRL, Silva GAP, Scaloppi Junior EJ, e Gonçalves PS (2011) Different methods to assess yield temporal stability in rubber. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.491-498.

Kress, J. (1990b). The diversity and distribution of *Heliconia* (Heliconiaceae) in Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 4, n. 1, p. 159-167.

Lessa LS, Ledo CAS, Amorin EP & Silva SO (2014) Estimativas de repetibilidade de híbridos diploides (AA) de bananeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v49, p109-117.

Lin CS, Binns MR (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.68, p.193-198.

Loges V, Castro CEF, Guimarães WNR, Costa AS, Lima TLA, Leite KP (2012) Agronomic traits of *Heliconia* for cut flowers use and molecular markers. *Acta Hort.* 937:535-543.

Loges V, Castro CEF, Castro ACR, Costa AS, Gonçalves C. *Heliconia*. In. Paiva PDO, Almeida EFA. *Produção de Flores de Corte*. Lavras: UFLA, 2014a. 206-244 p.

Loges V, Costa AS, Leite KP, Lima TLA, Silva SAGC, Maranhao SRVL, Souza CCF, ae Guimarães, WNR (2013a) *Heliconia rauliniana* as cut flower and ornamental plant. *Acta Horticulture*. 1000, 123–129.

Loges V, Lima TLA, Leite KP e Costa AS (2013b) Use of *Heliconia pogonantha* as cut flower and in landscape design. *Acta Horticulture*. 1000, 115–121.

Loges V, Castro ACR, Texeira MCF, Silva SSL, Lago PGP, Silva SACG, Lima TD (2014b) On farm *Heliconia* cut flower selection in Pernambuco–Brazil. In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes IHC2014: 1104 pp. 455-462.

Lopes R, Bruckner CH, Cruz CD, Lopes MTG & Freitas GB (2001) Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v 36, n 3, p 507-513.

Machado Neto ADS, Jasmim JM, Thiébaud JTL, Xavier PB (2011) Qualidade de inflorescências de *Heliconia stricta* e *Heliconia bihai* produzidas sob adubação química e orgânica. *Ornamental Horticulture*, v. 17, n. 2, p. 133-140.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Manfio CE, Motoike SY, Santos CEM, Duarte Pimentel L, Queiroz VD & Yoshiko Sato A (2011) Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. *Ciência Rural*, v 41, n 1.

Mansour H, Nordheim EV & Rutledge JJ (1981) Estimations of repeatability. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v 60, p 151-156.

Mohebodini M, Dehghani H, Sabaghpour SH (2006) Stability of performance in lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes in Iran. *Euphytica*, v.149, p.343-352.

Murakami DM, Cardoso AA, Cruz CD (2004) Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. *Ciência Rural*, v.34, p.71-78.

Nascimento M, Cruz CD, Campana ACM, Tomaz RS, Salgado CC, Ferreira R de P (2009) Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.263-269.

Nascimento M, Cruz CD, Campana ACM, Tomaz RS, Salgado CC, Ferreira R de P (2009) Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.263-269.

Nascimento M, Ferreira A, Ferrão RG, Campana ACM, Bhering LL, Cruz CD, Ferrão MAG, Fonseca AFA (2010) Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45: 45-48.

Negreiros JR, Neto RDCA, Miqueloni DP & Lessa LS (2014) Estimativa de repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de laranja-doce. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v 49, n 1, p 40-48.

Negreiros JRS, Saraiva LL, Oliveira TK, Álvares VS & Roncatto G (2008) Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v43, p1763-1768.

Oliveira MSP & Moura EF (2010) Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v32, p1173-1179.

Pereira HS, Melo LC, Del Peloso MJ, Faria LC de, Costa JGC da, Díaz JLC, Rava CA, e Wendland A (2009) Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.374-383.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Resende MDV (2002) Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília 975 p.

Resende MDV (2007) Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo: Embrapa Florestas. 362p

Resende MDV, Sturion JA, Higa AR (2001) Comparação entre métodos de avaliação da estabilidade fenotípica e adaptabilidade aplicados a dados de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell). Boletim de Pesquisa Florestal, n.42, p.3-34.

Rocha RB, Muro-Abad JI, Araújo EF, Cruz CD (2005) Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. Ciência Florestal, v. 15, n. 3, p. 255-266.

Rutledge JJ (1974) A scaling which removes bias of Abeywardena's estimator of repeatability Journal Genetics, Sadashivanagar, v 61, p 247-250.

Santos CAF (1999) In situ evaluation of fruit yield and estimation of repeatability coefficient for major fruit traits of umbu tree [*Spondias tuberosa* (Anacardiaceae)] in the semi-arid region of Brazil. Genetic Resources and Crop Evolution, v.46, p.455-460.

Santos EL, Garbuglio DD, Araujo PM, Gerage AC, Shioga PS, Prete CEC (2011) Uni and multivariate methods applied to studies of phenotypic adaptability in maize (*Zea mays* L.). Acta Scientiarum. Agronomy, v.33, p.633-640.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE. Flores e plantas ornamentais do Brasil: volume 1 - O mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais. 2015. Disponível em: [http://www.hortica.com.br/artigos/2015/FPO BR Estudos Mercadológicos 2015 Vol1.pdf](http://www.hortica.com.br/artigos/2015/FPO_BR_Estudos_Mercadol%C3%B3gicos_2015_Vol1.pdf). Acesso em: jul. 2018.

Shimoya A, Pereira AV, Ferreira RDP, Cruz CD & Carneiro PCS (2002) Repetibilidade de características forrageiras do capim-elefante. Scientia Agricola, v 59, n 2, p 227-234.

Silva Filho JL, Morello CL, Farias FJC, Lamas FM, Pedrosa MB, e Ribeiro JL (2008) Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.349-355.

Silva WCJ e Duarte JB (2006) Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.23-30.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Teodoro, PE, Costa, RD, Rocha, RB, & Laviola, BG (2016) Número mínimo de medições para a avaliação acurada de características agronômicas de pinhão-manso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v 51, n 2, p 112-119.

Vasconcellos MEC, Gonçalves PS, Paiva JR & Valois ACC (1985) Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v 20, n 4, p 433-437.

Vencovsky R, Barriga P (1992) *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 496p.

Yousefi B, Tabaie-Aghdaie SR, Assareh, MH, e Darvish, F (2010) Evaluation of stability for discrimination of stable, adaptable and high flower yielding landraces of *Rosa damascena*. *J. Agr. Sci. Tech.* 13: 99-110.

## Capítulo II

---

**Estimação do Coeficiente de Repetibilidade em características agronômicas em Helicônias**

**Artigo a ser submetido à CBAB – CROP BREEDING AND APPLIED BIOTECHNOLOGY  
(ISSN 1518-7853, Versão Impressa e ISSN 1984-7033, Versão On line) – A2**

## **Estimação do Coeficiente de Repetibilidade em Características Agronômicas em Helicônias**

### **Resumo**

Estudos de caracterização de plantas perenes demandam grande mão-de-obra pela quantidade de características estudadas e pelo tempo despendido. Por isso, é essencial a seleção das características mais importantes e o número de medições necessárias para ter-se certeza da correta avaliação dos indivíduos. Dezoito acessos de *Heliconia* spp. foram analisados por três anos consecutivos através de 11 características. Esses acessos foram divididos em dois grupos para a determinação das características que mais contribuíram para a diversidade entre os grupos e a verificação da proporção da expressão genética e ambiental pelo coeficiente de repetibilidade por diferentes métodos em cada grupo. Verificou-se que o uso da metodologia de componentes principais baseada na matriz de covariância foi mais eficiente na análise dos dados por apresentar maiores coeficientes repetibilidade e de determinação. As características comprimento e diâmetro da haste, bem como comprimento e largura das inflorescências possuem pouca influência ambiental.

Palavras-Chaves: Componentes Principais, Análise Estrutural, Número de Medições, UPGMA, Singh.

### **Abstract**

Studies on the characterization of perennial plants require large labor force due to the number of characteristics studied and the time spent. Therefore, it is essential to select the most important characteristics and the number of measurements needed to be sure of the correct assessment of individuals. Eighteen accessions of *Heliconia* spp. were analyzed for three consecutive years through 11 characteristics. These accessions were divided into two groups to determine the characteristics that contributed the most to the diversity among the groups and the verification of the proportion of genetic and environmental expression by the coefficient of repeatability by different methods in each group. It was found that the use of principal components methodology

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

based on the covariance matrix was more efficient in the data analysis due to the higher coefficients of determination and repeatability. Length and diameter of the stem, as well as length and width of inflorescences have little environmental influence.

Keys-Words: Principal Components, Estrutural Análisis, Number of Measurements, UPGMA, Singh.

## **Introdução**

As helicônias são plantas perenes (Berry e Kress 1991), logo, em estudos sobre seu potencial agrônomo, são realizadas avaliações que podem demandar bastante tempo, o que eleva o custo com insumos e mão-de-obra. Quando sucessivas avaliações são realizadas em um mesmo indivíduo, pode-se fazer a verificação do desempenho manifesto pelo genótipo através do coeficiente de repetibilidade. Este é dependente da característica estudada, das propriedades genéticas que o rege na população e das condições ambientais as quais são submetidas. Isso o torna útil no auxílio da quantificação de observações fenotípicas bem como na identificação da influência ambiental na característica estudada e seleção confiável com diminuição do custo em mão de obra (Cruz et al. 2012).

O objetivo desta pesquisa foi estimar o coeficiente de repetibilidade, determinando a proporção de expressão genética e ambiental de onze características, e definindo as características de maior importância e estimação do tempo mínimo necessário para a caracterização de espécies de helicônias.

## **Material e Métodos**

Foram avaliados dados de 11 características obtidos a partir da caracterização de acessos da Coleção de Germoplasma de Helicônias da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CGH/UFRPE), implantada em janeiro 2007 em Camaragibe/PE, a 08°01'19" de latitude Sul, 34°59'33" de longitude Oeste com média de altitude de 100 m, Zona da Mata de Pernambuco

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

realizado no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2010 (banco de dados do Laboratório de Floricultura – LAFLO, UFRPE). No período a temperatura média mensal foi de 25,85 °C, com mínima de 20,4 °C e máxima de 32,2 °C e a precipitação média mensal de 199 mm, com mínimo de 16 mm e máxima de 544 mm (Inmet 2017). O espaçamento usado foi de 3,0 m entre as plantas e 4,0 m entre as linhas. Para a manutenção do experimento foi realizado o manejo recomendado para a cultura (Lamas 2003) e irrigação por aspersão alta, quando necessário.

Os acessos estudados foram: *H. psittacorum* L.f. ‘Red Gold’, *H. psittacorum* L.f. × *H. spathocircinata* Aristeg. ‘Golden Torch Adrian’, *H. × nickeriensis* Maas and DeRooij, *H. psittacorum* L.f. × *H. spathocircinata* Aristeg. ‘Golden Torch’rupo, *H. sarapiquensis* Daniels & Stiles, *H. collinsiana* Griggs, *H. latispatha* Benth. ‘Yellow Gyro’, *H. stricta* Huber ‘Fire Bird’, *H. bihai* (L.) L. ‘Nappi Yellow’, *H. stricta* Huber, *H. stricta* Huber I, *H. episcopalis* Vell., *H. rostrata* Ruiz & Pav., *H. caribaea* Lam. ‘Brazilian Bomber’, *H. latispatha* Benth, *H. bihai* (L.) L., *H. stricta* Huber ‘Tagami’ e *H. rauliniana* Barreiros).

Foi realizado um agrupamento com os acessos baseado na análise multivariada para estimar a divergência genética entre as características com base em valores genotípicos que envolveram medidas de dissimilaridade usando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) (Mahalanobis 1936) e agrupamento subsequente de indivíduos em grupos usando o método UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic). Para estabelecer o número de agrupamentos divergentes por meio do ponto de corte, foi utilizado o procedimento proposto por Mojena (1977), baseado no tamanho relativo dos níveis de distâncias no dendrograma. Também foi utilizado o critério de Singh (1981) para determinar a contribuição relativa de cada característica à divergência genética.

As características avaliadas foram número de perfilhos (NP) e produção de hastes florais (PR), os dados utilizados para essas características foram os acumulados em cada ano de medições. E a partir dos dados coletados em campo, foi obtido o intervalo para colheita da inflorescência a

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

partir da sua emissão (IC), dando uma melhor possibilidade de programação de colheita. Todas as hastes florais emitidas foram colhidas duas vezes por semana e levadas para serem avaliadas em laboratório na Universidade Federal Rural de Pernambuco, quanto as seguintes características: número de folhas (NF), comprimento da haste (CH), medida pela distância da base do pseudocaule até o ápice da inflorescência em centímetros (cm); diâmetro da haste (DH), medida a 20 cm abaixo da inflorescência em milímetros (mm); massa fresca da haste floral (MF) em quilogramas; comprimento da inflorescência (CI), distância da base da inflorescência até o seu ápice em centímetros; largura da inflorescência (LI), sendo a maior distância entre as extremidades das brácteas em centímetros e número de brácteas (NB). Os dados usados para estas características foram obtidos pela média de todas as hastes florais produzidas em cada ano para cada acesso, que foram colhidas semanalmente durante todo o período de avaliação. NF e IC mostram ao produtor, uma aproximação da época de emissão da inflorescência e o tempo de emissão da inflorescência até a colheita.

As hastes foram mantidas em água destilada para avaliar a durabilidade pós-colheita (DD), sendo avaliados a cada dois dias até o descarte, que ocorreu após o aparecimento de sintomas de senescência (manchas e/ou seca da haste e/ou inflorescência). Os dados usados para estas características foram obtidos pela média de todas as hastes florais produzidas em cada ano para cada acesso.

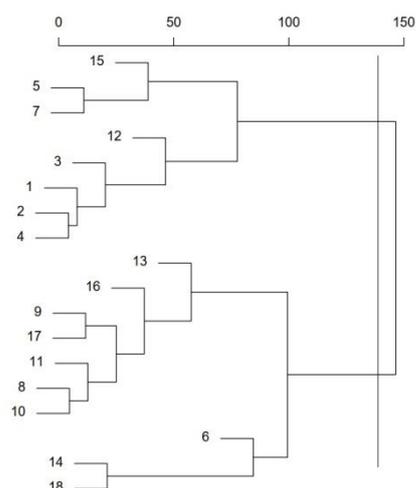
Foram utilizados os métodos para a estimação do coeficiente de repetibilidade de componentes principais, obtido a partir da matriz de correlação (CPCOR), proposto por Abeywardena (1972) e a partir da matriz de covariâncias fenotípicas (CPCOV), proposto por Rutledge (1974). E ainda, uma modificação proposta por Mansour et al. (1981) do método de componentes principais, chamado de análise estrutural, que é obtido a partir do autovalor da matriz de correlação (AECOR) e o obtido a partir do autovetor paramétrico da matriz de covariância (AECOV).

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Obtidos os coeficientes de repetibilidade, calculou-se o coeficiente de determinação genotípica ( $R^2$ ), que representa a porcentagem de certeza da predição do valor real dos indivíduos selecionados com base em  $\eta$  medições (Lopes et al., 2001). Foi calculado através da fórmula  $R^2 = (\eta \cdot r) / [1 + r(\eta - r)]$  onde,  $\eta$  é o número de avaliações e  $r$  o coeficiente de repetibilidade (Cruz 2006), sendo este cálculo realizado para cada método. Avaliando a eficiência da predição do valor real do indivíduo com base na média de  $\eta$  medições (Cruz et al. 2012). Após isso, foi estimado o número mínimo de avaliações para predizer o valor real dos indivíduos levando em consideração, um valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), pré-estabelecido nos valores de 80% (Shimoya et al. 2002) desde que o  $r$  seja maior que 0,5 e 90% (Negreiros et al. 2014; Lessa et al. 2014), com o uso da fórmula  $\eta_0 = R^2(1 - r) / (1 - R^2)r$ . Todas as análises foram realizadas com o auxílio de programa Genes (Cruz 2013; Cruz 2016).

## Resultados e Discussão

A análise de agrupamento pelo método UPGMA baseado na distância generalizada de Mahalanobis reuniu os 18 acessos de *Heliconia* spp. em dois grupos distintos: Grupo I (acessos de pequeno e médio porte) - *H. psittacorum* ‘Red Gold’, *H. psittacorum* ‘Golden Torch Adrian’, *H. × nickeriensis*, *H. psittacorum* ‘Golden Torch’, *H. sarapiquensis*, *H. latispatha* ‘Yellow Gyro’, *H. episcopalis*, *H. latispatha*; Grupo II (acessos de grande porte) - *H. collinsiana*, *H. stricta* ‘Fire Bird’, *H. bihai* ‘Nappi Yellow’, *H. stricta*, *H. stricta* I, *H. rostrata*, *H. caribaea* ‘Brazilian Bomber’, *H. bihai*, *H. stricta* ‘Tagami’, *H. rauliniana*. O grupos formados foram confirmados pela análise discriminante de Fisher e Anderson (Figura 1) e seguiram os critérios de porte preconizados por Costa et al. (2006).



**Figura 1.** 1-*H. psittacorum* 'Red Gold', 2-*H. psittacorum* 'Golden Torch Adrian', 3-*H. × nickeriensis*, 4-*H. psittacorum* 'Golden Torch', 5-*H. sarapiquensis*, 6-*H. collinsiana*, 7-*H. latispatha* 'Yellow Gyro', 8-*H. stricta* 'Fire Bird', 9-*H. bihai* 'Nappi Yellow', 10-*H. stricta* I, 11-*H. stricta* I, 12-*H. episcopalis*, 13-*H. rostrata*, 14-*H. caribaea* 'Brazilian Bomber', 15-*H. latispatha*, 16-*H. bihai*, 17-*H. stricta* 'Tagami', 18-*H. rauliniana*.

O estudo da importância relativa das características fornece estimativas para o descarte daquelas de menor importância para discriminação dos genótipos. As características que mais contribuíram para a divergência genética (Tabela 1) foram diâmetro e comprimento da haste com 38,82 e 11,22% respectivamente, comprimento e largura da inflorescência com 17,20 e 10,97%, respectivamente. Vê-se que são características relativas ao porte, onde os acessos de maior porte apresentam haste de maior diâmetro e comprimento como também comprimento e largura da inflorescência. A produção de hastes florais, sendo uma das características de maior importância para o produtor, apresentou pouca contribuição, mostrando a necessidade de se aprimorar o melhoramento da cultura para esta característica, com o cruzamento de acessos divergentes explorando a variabilidade e a possibilidade de seleções dos melhores, em estudos futuros.

**Tabela 1.** Contribuição relativa dos caracteres para diversidade – Singh (1981), pela Distância Generalizada de Mahalanobis em 11 características quantitativas em 18 acessos de *Heliconia* spp. em Camaragibe-PE-Brasil, de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

Característica	S.j	Valor em %
NPF	596,00	3,67
PR	509,37	3,14
NFLH	306,61	1,89
CH	1821,95	11,22
DH	6303,92	38,82
MF	1044,85	6,43
CI	2793,14	17,20
LI	1781,56	10,97
NBRC	407,35	2,51
DD	421,48	2,60
ICH	251,38	1,55

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Quanto às médias das características estudadas obtidas pela estatística descritiva para cada grupo, foi observado que o diâmetro e massa fresca das hastes florais apresentaram mais que o dobro da média no Grupo II em relação ao Grupo I (Tabela 2), demonstrando que estas características são muito importantes como critério de classificação para Helicônias. Todos os valores estão dentro ou muito próximos aos preconizados por Loges et al. (2012). NF e IC não apresentaram grande variação, com média de cinco folhas e 14 a 19 dias para a colheita da haste. (Tabela 2).

**Tabela 2.** Estatística descritiva dos valores estimados 11 características quantitativas em *Heliconia* spp. em Camaragibe-PE-Brasil, de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

Característica	NPF	PR	NF	CH	DH	MF	CI	LI	NB	DD	ICH
<b>Grupo I</b>											
Média	190	86	5	101	11	79	19	19	3	10	15
LI IC (95%)	160	67	5	98	11	71	18	17	3	9	14
LS IC (95%)	219	104	5	105	12	86	20	21	3	10	16
<b>Grupo II</b>											
Média	219	51	5	100	23	195	30	26	2	11	18
LI IC (95%)	188	45	5	95	22	183	29	24	2	10	17
LS IC (95%)	248	57	5	105	24	207	32	27	3	11	19

Legenda: LI IC (Limite inferior do intervalo de confiança); LS IC (Limite Superior do intervalo de confiança).

Considerando valores relativos ao Grupo I vê-se que para a característica NP apresentou baixos coeficientes de repetibilidade, de 0,07 (AECOV) a 0,42 (CPCOV), e de determinação, de 19,01 (AECOV) a 68,14 (CPCOV), estes últimos valores abaixo do coeficiente padrão adotado nesta pesquisa ( $R^2=90\%$ ) e também do critério de ponderação de Shimoya et al. (2002) (Tabela 3).

Outros autores discutem acerca do valor do coeficiente de determinação padrão a ser adotado em pesquisas, Resende (2002) considerando um padrão de duas medições, classifica o coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) em alto, com valores acima de 0,60, valores médios quando estão no intervalo de 0,30 a 0,60 e baixos quando menores que 0,30. Valores também considerados por Manfio et al. (2011).

Resende (2002) também destaca que, quando se seleciona para formação de população de melhoramento, valores de coeficiente de determinação acima de 80% podem ser considerados adequados, enquanto que quando se faz seleção de indivíduos para propagação clonal ou formação de pomares, este coeficiente deve chegar próximo dos 100%.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

No entanto, valores mais baixos foram sugeridos por Sobrinho et al. (2010) (coeficientes de determinação iguais ou superiores a 67%) e Oliveira e Moura (2010) (iguais ou superiores a 75%).

Coefficientes de repetibilidade, inferiores a 0,4, ressaltam as dificuldades existentes para o melhorista em identificar os melhores valores genotípicos, as inferiores a 70%, não dão garantia na manutenção do comportamento, assim, para garantir maior confiabilidade ao processo de seleção, a melhoria das condições experimentais permite observar as reais diferenças entre as cultivares a partir de um menor número de medições (Ferreira et al. 1999).

Em PR, apenas o método CPCOV apresentou altos valores de  $r$  e  $R^2$ . NF, IC, NB e DD apresentaram de baixos a médios valores de  $r$  e  $R^2$ , para estas características, o método CPCOV apresentou superioridade entre os demais (Tabela 3).

Para as características CH, DH, MF, CI, e LI, os coeficientes de repetibilidade e de determinação foram altos, o que implica em alta correlação entre as medidas coletadas e pouca influência ambiental sobre a manifestação do caráter, portanto, demonstrando menor dificuldade ao melhorista na identificação de superioridade do material em estudo, não demonstrando diferenças marcantes entre os métodos avaliados (Tabela 3). A avaliação do CH e do DH é particularmente importante no sentido de que influencia no suporte ao peso da inflorescência, na resistência da flor ainda no campo em relação aos ventos, ao transporte do campo para o local de tratamento e seleção, à embalagem e à durabilidade pós-colheita além do CI e NB por estarem diretamente ligadas ao produto que será contemplado pelo consumidor (Castro et al. 2007).

Lopes et al. (2001) também observou equivalência entre os métodos quando os valores de  $r$  e  $R^2$  foram altos, identificou também que quando os valores das estimativas do coeficiente de repetibilidade são menores, a diferença entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos aumenta, assim, espera-se um comportamento diferente dos estimadores quando  $r$  é pequeno. Porém, quando os valores foram baixos, o método CPCOV apresentou melhores resultados (Tabela 3). A escolha dos métodos multivariados se baseia em que no método baseado na análise de componentes principais proposto por Abeywardena (1972), o autor certificou que quando o fator

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

bienalidade (não regularidade) foi observado, identificou-se dois vetores significativos, um dos quais era uma expressão do ritmo bienal (não regularidade), permitindo uma estimativa mais verdadeira da repetibilidade, desprovida do fator bienal (não regularidade).

Outros autores apontam que o uso da metodologia baseada em componentes principais foi mais eficiente devido a sua característica de analisar melhor o índice quando são usados dados de culturas com comportamento cíclico, ou seja, não regular. Sendo a estimativa do coeficiente de repetibilidade por componentes principais com base na matriz de covariância mais apropriada, devido à minimização do efeito do comportamento bienal (não regular) sobre o rendimento (Bergo et al. 2013; Negreiros et al. 2014; Teodoro et al. 2016), o que ocorre em menor grau na matriz de correlação pela padronização dos valores (Bergo et al. 2013).

Enquanto o método estrutural baseado na matriz de covariância, apesar de estatisticamente diferente, apresenta resultados iguais ao da análise de variância quando com o efeito temporário retirado do erro (Mansour et al. 1981; Santos 1999).

Através dos coeficientes de repetibilidade apresentados em todos os métodos usados e dos coeficientes de determinação pré-estabelecidos, foi estimado o número de medições ( $\eta$ ) que devem ser realizados para predizer o valor genotípico real dos acessos (Tabela 3).

A PR para o Grupo I pode ser avaliada por apenas um ano (dois após o plantio) levando em consideração valores apresentados pelo CPCOV. Para NP, NF, IC, NB e DD, ainda observando valores do CPCOV, através do  $R^2$  padrão adotado, o tempo de avaliação fica muito grande porém os valores caem pela metade se considerar o valor de 80% (Tabela 3). Deve-se considerar o valor de  $R^2$  ideal, além da confiabilidade das informações geradas, a disponibilidade de recursos e, também, que números exagerados de medidas poderiam inviabilizar as avaliações de experimentos (Lessa et al. 2014).

Para CH, DH, MF, CI e LI, com apenas um ano de avaliação (dois anos após o plantio), foram obtidas medidas confiáveis, levando em consideração valores de ambos os métodos e seus

modelos (Tabela 3). Fato considerado positivo, pois estas foram características de grande valor na diferenciação dos grupos e demonstram demandar pouco tempo de estudo.

**Tabela 3.** Estimativas do coeficiente de repetibilidade ( $r$ ), coeficientes de determinação ( $R^2\%$ ) e número de medições necessárias ( $\eta$ ) para a predição do valor real observados em 11 características agronômicas de acessos de *Heliconia* spp. do Grupo I, em Camaragibe-PE-Brasil de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

		$\eta$ (Número de Medições)								
		CPCOV	CPCOR	AECOR	AECOV	$R^2(\%)$	CPCOV	CPCOR	AECOR	AECOV
NP	$r$	0,42	0,34	0,24	0,07	<b>80</b>	6	8	13	51
	$R^2$	68,14	60,47	48,18	19,01	<b>90</b>	13	18	29	115
PR	$r$	0,87	0,46	0,19	0,18	<b>80</b>	1	5	18	18
	$R^2$	95,42	71,48	40,63	39,93	<b>90</b>	1	11	39	41
NF	$r$	0,77	0,70	0,70	0,64	<b>80</b>	1	2	2	2
	$R^2$	90,86	87,42	87,24	84,40	<b>90</b>	3	4	4	5
IC	$r$	0,64	0,52	0,50	0,34	<b>80</b>	2	4	4	8
	$R^2$	83,96	76,81	74,94	60,20	<b>90</b>	5	8	9	18
CH	$r$	0,91	0,90	0,90	0,89	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	96,97	96,58	96,56	95,96	<b>90</b>	1	1	1	1
DH	$r$	0,90	0,89	0,89	0,88	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	96,47	95,92	95,89	95,73	<b>90</b>	1	1	1	1
MF	$r$	0,94	0,94	0,94	0,94	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	97,93	97,88	97,88	97,79	<b>90</b>	1	1	1	1
CI	$r$	0,97	0,97	0,97	0,97	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	98,93	98,96	98,96	98,91	<b>90</b>	1	1	1	1
LI	$r$	0,99	0,99	0,99	0,98	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	99,53	99,50	99,50	99,35	<b>90</b>	1	1	1	1
NB	$r$	0,64	0,56	0,53	0,55	<b>80</b>	2	3	4	3
	$R^2$	84,44	79,29	76,92	78,25	<b>90</b>	5	7	8	8
DD	$r$	0,65	0,50	0,50	0,46	<b>80</b>	2	4	4	5
	$R^2$	84,54	75,25	74,75	72,08	<b>90</b>	5	9	9	10

Em que: Coeficiente de Repetibilidade ( $r$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ); NP (Número de Perfilhos), PR (Produção de hastes florais), NF (Número de Folhas); intervalo para colheita da inflorescência a partir da sua emissão (IC), Comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), massa fresca da haste floral (MF), Comprimento da inflorescência (CI); Largura da inflorescência (LI); número de brácteas (NB); durabilidade para descarte (DD).

Considerando valores relativos ao Grupo II (Tabela 4), as estimativas de repetibilidade para NP, variaram de 0,69 a 0,70, com valores de  $R^2$  acima de 80% com muita semelhança entre os dados. Em PR e NF, os coeficientes foram baixos, mostrando maior dificuldade de seleção para estas características por estarem sob maior influência ambiental. PR o CPCOV apresentou melhores resultados. Para IC, os métodos foram semelhantes, com valores aceitáveis.

Os métodos foram bastante semelhantes para as características CH, DH, MF, CI, e LI, NB e DD com altos valores de  $r$  e  $R^2$ , iguais ou maiores que 0,79 e 93% respectivamente, mostrando que dentre as características estudadas, são as que possuem maior correlação entre as medidas obtidas, por apresentarem ótima regularidade entre as medições, sendo assim, portanto, necessárias poucas medições para a predição real dos valores dos indivíduos. Em PR, o método CPCOV, os resultados

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

são obtidos com a metade do tempo de avaliação em relação ao método estrutural e ao modelo CPCOR (Tabela 4).

Para as características CH, DH, MF, CI, LI, NB e DD, um ano de medições (dois após o plantio) já são suficientes para ter-se certeza da credibilidade dos dados obtidos, com semelhantes resultados pelos diferentes métodos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Estimativas do coeficiente de repetibilidade ( $r$ ), seus coeficientes de determinação ( $R^2\%$ ) e número de medições necessárias ( $\eta$ ) para a predição do valor real observados em 11 características agronômicas de acessos de *Heliconia* spp. do Grupo II, em Camaragibe-PE-Brasil de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

		$\eta$ (Número de Medições)								
		CPCOV	CPCOR	AECOR	AECOV	$R^2(\%)$	CPCOV	CPCOR	AECOR	AECOV
NP	$r$	0,70	0,69	0,68	0,67	<b>80</b>	2	2	2	2
	$R^2$	87,30	86,92	86,68	86,09	<b>90</b>	4	4	4	4
PR	$r$	0,54	0,40	0,37	0,37	<b>80</b>	3	6	7	7
	$R^2$	77,71	66,72	64,04	63,63	<b>90</b>	8	13	15	15
NF	$r$	0,35	0,31	0,31	0,29	<b>80</b>	8	9	9	10
	$R^2$	61,41	57,29	57,12	54,94	<b>90</b>	17	20	20	22
IC	$r$	0,61	0,57	0,56	0,54	<b>80</b>	3	3	3	3
	$R^2$	82,55	79,87	79,17	77,79	<b>90</b>	6	7	7	8
CH	$r$	0,93	0,93	0,93	0,93	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	97,56	97,48	97,47	97,43	<b>90</b>	1	1	1	1
DH	$r$	0,93	0,93	0,93	0,91	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	97,40	97,41	97,41	96,82	<b>90</b>	1	1	1	1
MF	$r$	0,91	0,91	0,91	0,86	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	96,79	96,91	96,90	94,98	<b>90</b>	1	1	1	1
CI	$r$	0,90	0,90	0,90	0,86	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	96,27	96,55	96,53	94,93	<b>90</b>	1	1	1	1
LI	$r$	0,79	0,79	0,79	0,79	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	91,90	91,96	91,91	91,76	<b>90</b>	2	2	2	2
NB	$r$	0,83	0,83	0,83	0,82	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	93,61	93,44	93,44	93,26	<b>90</b>	2	2	2	2
DD	$r$	0,86	0,84	0,84	0,80	<b>80</b>	1	1	1	1
	$R^2$	94,90	94,19	94,15	92,42	<b>90</b>	1	2	2	2

Em que: Coeficiente de Repetibilidade ( $r$ ), Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ); NP (Número de Perfilhos), PR (Produção de hastes florais), NF (Número de Folhas) intervalo para colheita da inflorescência a partir da sua emissão (IC), Comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), massa fresca da haste floral (MF), Comprimento da inflorescência (CI); Largura da inflorescência (LI); número de brácteas (NB); durabilidade para descarte (DD).

O tempo médio para avaliação de produção de hastes florais do Grupo II foi maior que a apresentada no Grupo I, provavelmente, o maior aporte de energia dedicado ao crescimento vegetativo devido ao maior porte, estenda o tempo de avaliação quanto a produção.

## Conclusões

O uso da metodologia de componentes principais baseada na matriz de covariância foi mais eficiente na análise dos dados por apresentar maiores coeficientes repetibilidade e de determinação em espécies de helicônias.

Para as características comprimento e diâmetro da haste floral e comprimento e largura das inflorescências, com dois anos após o plantio pode-se fazer seleções com certeza na predição do valor real dos indivíduos.

Para seleção de espécies de helicônias de pequeno e médio porte, o número de avaliações é aproximadamente a metade do tempo que para as helicônias de grande porte.

## Referências Bibliográficas

Abeywardena V (1972) An application of component analysis in genetics. **Journal of Genetics, Sadashivanagar**. v. 61, p. 27-51.

Berry F e Kress WJ (1991) **Heliconia: An identification guide**. Smithsonian Institution Press. Washington and London. 334p.

Castro ACR, Costa VLAS, Castro MFA, Aragão FAS e Willadino LG (2007) Hastes florais de helicônia sob deficiência de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1299-1306.

Costa AS, Loges V, Castro ACR, Verona AL, Pessoa CO, e Santos VF (2006) Perfilhamento e expansão de touceiras de helicônias. **Horticultura Brasileira**, 24: 460-463.

Cruz CD (2006). **Programa Genes: biometria**. Viçosa: UFV, v1. 382p.

Cruz CD (2013) GENES- a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v35. n3. p271-276.

Cruz CD (2016) Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Cruz CD, Regazzi AJ, e Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Volume 1, 4ª ed. Viçosa: Editora UFV, 514 p.

Ferreira RP, Botrel MA, Vander Pereira A, e Cruz CD (1999) Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n. 6, p. 995-1002.

Guimarães WNR, Martins LSS, Castro CEF, Carvalho FJ e Loges V (2014) Heliconia phenotypic diversity based on qualitative descriptors. **Genetics and Molecular Research**, v.13, n.2, p.3128-3142.

Inmet (2017) - Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Brasília. DF, Brasil. <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>. Acesso em Maio de 2017.

Lamas AM (2003) Floricultura Tropical – Avanços Tecnológicos. Fortaleza: Instituto Frutal. (CD-ROM).

Lessa LS, Ledo CAS, Amarin EP e Silva SO (2014) Estimativas de repetibilidade de híbridos diploides (AA) de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.109-117.

Loges V, Castro CEF, Guimarães WNR, Costa AS, Lima TLA e Leite KP (2012) Agronomic traits of Heliconia for cut flowers use and molecular markers. **Acta Horticulture**. 937:535-543.

Lopes R, Bruckner CH, Cruz CD, Lopes MTG e Freitas, GB (2001) Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.507-513.

Mahalanobis PC (1936) On the generalized distance in statistics. **Proceedings of the National Institute of Science of India**, New Delhi, v.12, n.1, p.49-55.

Manfio CE, Motoike SY, Santos CEM, Duarte Pimentel L, Queiroz VD e Yoshiko Sato A (2011) Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, v.41, n.1.

Mansour H, Nordheim EV e Rutledge JJ (1981) Estimations of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.60, p.151-156.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Mojena R (1977) Hierarchical grouping method and stopping rules: an evaluation. **Computer Journal**, Oxford, v.20, n.4, p.359-363.

Negreiros JR, Neto RDCA Miqueloni DP e Lessa LS (2014) Estimativa de repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de laranjeira-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.1, p.40-48.

Oliveira, MSP e Moura EF (2010) Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.1173-1179.

Resende MDV (2002) **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília 975 p.

Rutledge JJ (1974) A scaling which removes bias of Abeywardena's estimator of repeatability **Journal Genetics**, Sadashivanagar, v.61, p.247-250.

Santos CAF (1999) In situ evaluation of fruit yield and estimation of repeatability coefficient for major fruit traits of umbu tree [*Spondias tuberosa* (Anacardiaceae)] in the semi-arid region of Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.46, p.455-460.

Shimoya A, Pereira AV, Ferreira RDP, Cruz CD e Carneiro PCS (2002) Repetibilidade de características forrageiras do capim-elefante. **Scientia Agricola**, v.59, n.2, p.227-234.

Singh D (1981) The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, New Delhi, v.41, n.2, p.237-245.

Sobrinho FS, Borges V, Léo FJS e Kopp MM (2010) Repetibilidade de características agronômicas e número de cortes necessários para seleção de *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45: 579-584.

### **Capítulo III**

---

#### **Estimação de Estabilidade Temporal para Produção de Hastes Florais em Espécies de Helicônias**

**Artigo a ser submetido à CBAB – CROP BREEDING AND APPLIED BIOTECHNOLOGY**

**(ISSN 1518-7853, Versão Impressa e ISSN 1984-7033, Versão On line) – A2**

## **Estimação de Estabilidade Temporal para Produção de Hastes Florais em Espécies de Helicônias**

### **Resumo**

Quando ocorre interação genótipo x ambiente, tem-se que a ordem produtiva dos acessos não se repetirá ao longo do tempo, fazendo-se necessário o uso de metodologias para avaliação da adaptabilidade e estabilidade temporal. Como os resultados dependem das metodologias adotadas, avaliou-se a adaptabilidade e estabilidade temporal de 18 acessos de Helicônias por adotando diferentes metodologias. Concluiu-se que para início de processo de melhoramento visando produção, os acessos *H. psittacorum* e seus híbridos juntamente com *H. × nickeriensis*, de pequeno e médio porte e os acessos *H. rostrata* e *H. caribaea* 'Brazilian Bomber', de grande porte, são os mais indicados. O modelo com ajuste de matrizes Auto Regressivas Heterogêneas, foi o que mais se adequou para a estimação da estabilidade temporal para produção de hastes florais de *Heliconia* spp. e o método Annicchiarico ou Lin e Binns, que produzem resultados semelhantes, podem ser para usados concomitantemente com o método Eberhart e Russell.

Palavra chaves: Matrizes, Modelos Mistos, Subdividida no Tempo, Interação Genótipo x Ambiente, MANOVA

### **Abstract**

When genotype-environment interaction occurs, it is observed that the productive order of the accessions will not be repeated over the time, it is necessary to evaluate adaptability and stability. As results depend of the methodologies, it was evaluated 18 accessions of *Heliconia* by different methodologies of adaptability and stability. It was concluded that, as a first step of a breeding program aiming productivity, that the accessions *H. psittacorum* and its hybrids along with *H. × nickeriensis*, of small and medium size and the accesses *H. rostrata* and *H. caribaea* 'Brazilian

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Bomber', of large size, are the most indicated. The model with adjustment of Heterogeneous Auto Regressive matrix was the one that best suited for studies of *Heliconia* spp. and Annicchiarico or Lin and Binns method, with similar results, could be use simultaneously with Eberhart and Russell method.

Key word: Matrix, Mixed Models, Split plot, Genotype-Environment Interaction, MANOVA

## Introdução

A estratégia de melhoramento a ser adotada para plantas perenes deve ser determinada da maneira mais correta e científica possível, devido a grande responsabilidade da seleção devido aos ciclos reprodutivos longos das espécies, alto custo das operações de melhoramento e extensas e heterogêneas áreas que são abrangidas pelos plantios (Resende et al. 2001).

As Helicônias são plantas perenes que apresentam elevado potencial como flores tropicais de corte, no entanto, inúmeros estudos de caracterização são necessários para definir os caracteres e valores para seleção. Loges et al. (2012) sugerem como padrão de seleção para Helicônias de pequeno porte a produção anual acima de 100 de hastes florais e para Helicônias de médio e grande porte acima de 50 hastes florais. Estes valores variam muito entre espécies e locais de plantio. Beckmann-Cavalcante et al. (2015), estudando *H. psittacorum* × *H. spathocircinata* 'Golden Torch', híbrido de pequeno porte, encontrou uma variação de produção de 44 a 59 hastes florais em 12 meses de cultivo. Machado Neto et al. (2011), em estudo com *Heliconia bihai* e *Heliconia stricta*, ambas de médio a grande porte, constatou uma produção de hastes florais de 185 em 15 meses e 142 em nove meses, respectivamente. Loges et al. (2013), observou uma produção acumulada de hastes florais em *Heliconia rauliniana* de 227 em 54 meses após o plantio.

Vencovsky e Barriga (1992) afirmam que o comportamento de cultivares ao longo de diferentes anos em um mesmo local é chamado de estabilidade temporal. Estudos ligados à estabilidade temporal podem ser realizados no início de um programa de melhoramento, quando a finalidade é a identificação de espécies e/ou variedades com potencialidade para permanecerem no

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

programa ou em estágios finais de um programa para definir a continuação ou descarte de espécies e/ou variedades pré-selecionadas.

A fim de subsidiar programas de melhoramento genético de espécies de Helicônias, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade temporal quanto a produção de acessos de Helicônias e comparar métodos de adaptabilidade e estabilidade temporal para indicar as mais estáveis quanto à produção de hastes florais.

## **Material e Métodos**

A produção de hastes florais foi avaliada no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2010 em 18 acessos da Coleção de Germoplasma de Helicônias da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CGH/UFRPE), implantada em janeiro 2007 em Camaragibe/PE, a 08°01'19'' de latitude Sul, 34°59'33' de longitude Oeste com média de altitude de 100 m, Zona da Mata de Pernambuco (banco de dados do Laboratório de Floricultura – LAFLOR, UFRPE). No período a temperatura média mensal foi de 25,85 °C, com mínima de 0,4 °C e máxima de 32,2 °C e a precipitação média mensal de 199 mm, com mínima de 16 mm e máxima de 544 mm (Inmet 2017). O espaçamento usado foi de 3,0 m entre as plantas e 4,0 m entre as linhas. Para a manutenção do experimento foi realizado o manejo recomendado para a cultura (Lamas, 2003) e irrigação por aspersão alta, quando necessário.

Os dezoito acessos avaliados da coleção, que foram divididos em dois grupos, baseados na análise multivariada para estimar a divergência genética entre as características com base em valores genotípicos que envolveram medidas de dissimilaridade usando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) (Mahalanobis 1936) e agrupamento subsequente de indivíduos em grupos usando o método UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic). Para estabelecer o número de agrupamentos divergentes por meio do ponto de corte, foi utilizado o procedimento proposto por Mojena (1977), baseado no tamanho relativo dos níveis de distâncias no dendrograma.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Os 18 acessos de *Heliconia* spp. foram agrupados pelo método UPGMA baseado na distância generalizada de Mahalanobis e posteriormente confirmados pela análise discriminante de Fisher e Anderson, sendo agrupados em: Grupo I (acessos de pequeno e médio porte)- *H. psittacorum* ‘Red Gold’, *H. psittacorum* ‘Golden Torch Adrian’, *H. × nickeriensis*, *H. psittacorum* ‘Golden Torch’, *H. sarapiquensis*, *H. latispatha* ‘Yellow Gyro’, *H. episcopalis*, *H. latispatha*; Grupo II (acessos de grande porte) - *H. collinsiana*, *H. stricta* ‘Fire Bird’, *H. bihai* ‘Nappi Yellow’, *H. stricta*, *H. stricta* I, *H. rostrata*, *H. caribaea* ‘Brazilian Bomber’, *H. bihai*, *H. stricta* ‘Tagami’, *H. rauliniana*. A classificação de porte seguiu critérios de porte preconizados por Costa et al. (2006)

O delineamento experimental usado nos dois grupos foi o de blocos casualizados, avaliado no esquema de parcela subdividida no tempo, com quatro repetições. Os tratamentos das parcelas foram os acessos e das subparcelas, os anos de avaliação. Foi considerada como parcela a touceira originada do plantio de um rizoma. Todas as hastes florais foram colhidas duas vezes por semana das parcelas, sendo considerada a produção de hastes florais acumulada por ano.

A distribuição normal foi verificada através do teste de Kolmogorov-Smirnov. A homogeneidade e uniformidade das variâncias foram verificadas conforme procedimento descrito por Danford et al. (1960), para atender a pressuposição de independência dos erros a nível de sub parcelas (Freitas et al. 2008).

No caso em que a condição de homogeneidade das matrizes de covariâncias foi não significativa e para a uniformidade das matrizes de covariâncias foi significativa como observado para os acessos do Grupo I, utilizou-se da análise de modelos mistos, em que foram avaliadas seis estruturas de covariâncias de dependência dos erros, sendo a de Componentes de Variância (VC), Simetria Composta (CS), Simetria Composta Heterogênea (CSH), Auto Regressiva (AR), Auto Regressiva Heterogênea (ARH) e Não Estruturada (UN). Para a seleção dessas estruturas utilizou-se o Critério de Informação de Akaike (AIC), sendo escolhido o modelo com menor valor de AIC (Tabela 1), adicionalmente foi realizada a análise de variância multivariada (Manova), em que não

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

existe restrição quanto à estrutura de variâncias e covariâncias (Alves et al. 2015), assumindo cada medida como um caráter diferente (Tabela 2).

No caso em que a condição de homogeneidade e uniformidade das matrizes de covariâncias foi não significativa como observado para os acessos do Grupo II, foi feita a análise de variância em parcela subdividida no tempo, de acordo com o modelo estatístico  $Y_{ijk} = \mu + B_j + P_i + \epsilon_{ij} + S_k + PS_{ik} + \delta_{ijk}$ , em que:  $\mu$  é a média geral;  $Y_{ijk}$  a observação no j-ésimo bloco, avaliado no i-ésima parcela e k-ésima subparcela;  $B_j$  o efeito do bloco j;  $P_i$  o efeito da parcela i;  $\epsilon_{ij}$  o erro associado a observação ij;  $S_k$  o efeito da subparcela k;  $PS_{ik}$  o efeito da interação da parcela i com o efeito da subparcela k;  $\delta_{ijk}$  o erro aleatório, associado à observação ijk. Os efeitos das parcelas e subparcelas foram considerados como fixos e aleatórios respectivamente (Cruz 2006), em que a estrutura de erros são independentes.

Atestadas as interações significativas entre genótipos x anos, foi feita a avaliação da estabilidade temporal dos acessos pelos seguintes métodos: E&R - Eberhart e Russell (1966) baseado em na análise de regressão; A- Annicchiarico (1992) e L&B - Lin e Binns (1988), ambos baseados em métodos não paramétricos; C4- Centróide com quatro ideótipos (Rocha et al. 2005) e C7 - sete ideótipos (Nascimento et al. 2009), baseado na análise multivariada de componentes principais.

Para o método E&R, foi adotado o coeficiente de determinação  $R^2$  como substituto do desvio  $\sigma_d^2$ , considerando que os dois parâmetros fornecem a mesma informação como medida de estabilidade (Ramos et al. 2011, Cancellier et al. 2012), e o coeficiente de inclinação da reta como medida de adaptabilidade, que mede a resposta do genótipo à variação ambiental, classificado em  $\beta_{1i}=1$ , em genótipos com adaptabilidade geral ou ampla;  $\beta_{1i}>1$ , genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e  $\beta_{1i}<1$ , genótipos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Cruz et al. 2012).

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

No método A foi adotado o índice de confiança genotípico de 75% ( $\alpha = 0,25$ ), medindo a estabilidade que é medida pela superioridade do genótipo, em relação à média de cada ambiente (Cruz et al., 2014).

No método não paramétrico de L&B, estimou-se a cultivar com base no quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta máxima obtida no ambiente. O parâmetro  $P_i$  relaciona a distância da cultivar avaliada à cultivar que apresentou maior produtividade obtida em cada ambiente, de modo que quanto menor o seu valor, maior será a adaptabilidade e estabilidade de comportamento da cultivar em questão (Cruz et al., 2014).

O método de C, que usa a técnica multivariada de componentes principais, para representar a informação do desempenho dos genótipos em uma comparação com a resposta de quatro cultivares ideais, em relação ao conjunto de dados avaliados, sendo o ideótipo de máxima adaptabilidade geral, aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I), os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínimas em ambientes favoráveis (ideótipo III) e ainda o ideótipo de mínima adaptabilidade, que é aquele que apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados (ideótipo IV), todos estes correspondentes ao C4 (Rocha et al. 2005).

Foram adicionados no C7, o ideótipo V (média adaptabilidade geral), onde os valores, em cada ambiente, são representados pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudado, o ideótipo VI (média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis), onde os valores nos ambientes favoráveis são representados pelos valores máximos e, nos desfavoráveis, pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudado e o ideótipo VII (média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis), em que os valores, nos ambientes favoráveis, são representados pelas médias e, nos desfavoráveis, pelos valores máximos obtidos pelo conjunto de genótipos estudado

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

(Nascimento et al., 2009). Foi considerado que valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento (Rocha et al., 2005).

Para a realização das análises, foi utilizado o programa Genes (Cruz, 2013; Cruz, 2016).

## Resultados e discussão

Para o Grupo I, o modelo com ajuste de matrizes Auto Regressiva Heterogênea (ARH), foi o que mais se adequou por apresentar menor valor de AIC (Tabela 1). Resende (2007) aponta que quando as suposições são atendidas, as opções mais interessantes aos melhoristas de plantas perenes são as estruturas de erros com ARH, CS e CSH, sendo esta última observada por Cecon et al. (2008) na avaliação de clones de café Conilon e Alves et al. (2015) na avaliação na cultura do Cupuaçu. Sobre o modelo com ajuste de matrizes Auto Regressiva Heterogênea (ARH), Resende (2007) afirma que é mais indicada quando as correlações entre as medidas diminuem gradativamente com o aumento da distância entre as idades.

**Tabela 1** - Critério de Informação de Akaike (AIC) para estruturas da matriz de covariâncias para o caráter produção em acessos de *Heliconia* spp. de pequeno e médio porte (Grupo I). Camaragibe, PE-Brasil de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

	Componentes de Variância (VC)	Simetria Composta (CS)	Simetria Composta Heterogênea (CSH)	Auto Regressiva (AR1)	Auto Regressiva Heterogênea (AR1H)	Não Estruturada (UN)
AIC	777,50	776,67	769,41	776,66	767,25	770,68

A análise de modelos mistos para o Grupo I, com estrutura de erros na opção de covariâncias com simetria composta heterogênea, evidenciou interação significativa para interação, anos e acessos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Estrutura de covariâncias Simetria Composta Heterogênea para o caráter produção em *Heliconia* spp. de pequeno e médio porte (Grupo I). Camaragibe, PE-Brasil de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

		F
Intercepto	1	164,4020***
Bloco	3	1,7655
Genótipo	7	5,1881***
Anos	2	122,9990***
Interação	14	16,9183***
Variância Residual		927,5713
Média		86,01

\*\*\* - significativo  $p < 0.001$ .

A análise MANOVA (Grupo I) evidenciou, da mesma forma, diferenças significativas entre os vetores de médias para o efeito da interação (Tabela 3).

**Tabela 3.** Análise de variância multivariada (MANOVA), por meio de quatro testes estatísticos, indicando a probabilidade do teste F para a interação produção de hastes florais x tempo em *Heliconia* spp. de pequeno e médio porte (Grupo I). Camaragibe, PE-Brasil de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

Estatística	Valor	F
Traço de Pillai	1,88051	5,0393***
Lambda de Wilks	0,01572	8,5222***
Roy	12,953	38,86***
Hotelling-Lawley	15,7317	13,2346***

\*\*\* - significativo  $p < 0.001$ .

Para o Grupo II, a análise clássica de parcela subdividida no tempo apresentou todas as interações significativas, apontando que os acessos não apresentam ordem de classificação quanto a produção homogênea ao longo dos anos. Este fato dificulta a escolha de um melhor acesso para cultivo, já que a boa produção em um ano poderá não ser repetida em outros anos.

A acurácia seletiva foi calculada com base no valor de F referente à parcela e foi classificado como moderada segundo Resende e Duarte (2007) que apontam que nos processos de seleção em melhoramento de plantas, os valores de acurácia devem ser superiores a 0,7, isso porque permitem alcançar esta acurácia seletiva mínima. O valor observado foi muito próximo do desejado. Percebe-se que as *Helicônias* de pequeno porte são mais produtivas que as de grande porte, possivelmente o aporte de energia deslocado a manutenção em *Helicônias* de grande porte interfira na produção de hastes florais. Costa et al. (2009), em estudo sobre o tamanho médio das hastes colhidas afirmaram que *H. bihai* 'Nappi Yellow' e *H. stricta*, ambas de grande porte, podem exigir períodos de estabilização maiores.

**Tabela 4.** Análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos e ambientais para o caráter produção em *Heliconia* spp. de grande porte (Grupo II). Camaragibe, PE-Brasil de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

Fv	GL	Quadrado Médio
Blocos	3	994,2083
Parcela	9	3489,6009ns
Erro a	27	698,0108
Subparcela	2	12025,3083**
Interação	18	1269,1787**
Erro b	60	250,9472
Total	119	
Média		51,15
CV <sub>g</sub> (%)		23,76
CV <sub>a</sub> (%)		51,64
CV <sub>b</sub> (%)		30,96
Acurácia <sup>1</sup>		0,68

Fv: Fontes de Variação; GL: Graus de Liberdade;  $\phi_p$ : Componente quadrático da parcela;  $\sigma_s$ : Componente variância da subparcela;  $\sigma_{sp}$ : Componente variância da interação; CV<sub>a</sub>: coeficiente de variação do erro a; CV<sub>b</sub>: coeficiente de variação de variação do erro b; CV<sub>c</sub>: coeficiente de variação do erro c; ns- não significativo, \* - significativo a 5%, \*\* - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; <sup>1</sup>: Calculado por interpolação de valores encontrados em Resende e Duarte (2007), para valores de do teste F para efeitos de cultivares (parcelas)

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Os acessos *H. psittacorum* ‘Golden Torch Adrian’, *H. × nickeriensis* e *H. psittacorum* ‘Golden Torch’, apresentaram boas avaliações nos diversos métodos (Tabela 5). O acesso *H. psittacorum* ‘Red Gold’, quarto colocado nos métodos A e L&B, apresentaram boa adaptabilidade geral pelo método E&R. Esta associação também foi discutida por Gouvêa et al. (2011) em Seringueira, que fez uma comparação entre as metodologias de L&B e E&R, descrevendo que ambas as metodologias apresentaram boa concordância. Yousefi et al. (2011), apontam ainda a preferência pelo método de L&B, ressaltando que a mesma sempre associa maior estabilidade com maior produtividade, pois o acesso que tiver a produtividade em cada ambiente, mais próxima da máxima produtividade obtida, obterá um  $P_i$  de baixa magnitude, obtendo alta estabilidade, adaptabilidade e produção, assim sendo, uma medida de tripla função.

O método centroide com C7 obteve sucesso na reclassificação do acesso *H. psittacorum* ‘Red Gold’, que no com C4 foi classificado em pouca adaptabilidade geral e no C7 foi classificado com média adaptabilidade geral, com média produção de hastes florais em todos os ambientes estudados. Isso confirma observação feita por Nascimento et al. (2009), que aponta uma maior inclinação biológica do método com sete ideótipos, ponderando que apesar da grande facilidade de recomendação proporcionada pelo método com quatro ideótipos, este tem como pressuposto a existência de genótipos com desempenho elevado em determinado ambiente e muito baixo em outro, não considerando a possibilidade de existência de genótipos com desempenhos alto e médio ou baixo e médio, indicando uma modificação no método, com a inclusão de ideótipos que apresentassem comportamento médio ao conjunto de genótipos avaliados conferindo maior sentido biológico ao método (Tabela 5).

Os acessos *H. sarapiquensis*, *H. latispatha* ‘Yellow Gyro’, *H. episcopalis* e *H. latispatha* foram mal avaliados em todas as metodologias estudadas (Tabela 5).

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

De forma geral, os métodos L&B e A apresentaram boa concordância para o Grupo I. Este fato também foi visto por Rocha et al. (2015), que afirma que por motivos dos dois terem apresentado resultados semelhantes, um deles pode ser utilizado em substituição ao outro.

**Tabela 5.** Estimativas dos parâmetros de estabilidade temporal, obtidas pelos métodos de Wricke (W), Eberhart e Russell (E&R), Annicchiarico (A), Lin e Binns (L&B), Centróide 4 (C4), Centróide 7 (C7) para o caráter produção em *Heliconia* spp. Camaragibe, PE-Brasil de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

Espécie	E&R		A	L&B	C4	C7
	$\beta_1$	R <sup>2</sup>	$\omega_i$ (Posição)	P <sub>i</sub> (Posição)	Ideótipo (Pr)	Ideótipo (Pr)
<i>H. psittacorum</i> ‘Red Gold’	1,12ns	99,62	84,30 (4°)	4602,02 (4°)	IV (0,27)	V (0,65)
<i>H. psittacorum</i> ‘Golden Torch Adrian’	1,81**	97,65	105,98 (2°)	1374,86 (3°)	I (0,36)	VI (0,26)
<i>H. × nickeriensis</i>	2,06**	97,90	107,14 (1°)	1165,26 (1°)	I (0,38)	VI (0,30)
<i>H. psittacorum</i> ‘Golden Torch’	2,28**	99,92	94,45 (3°)	1310,14 (2°)	II (0,52)	VI (0,64)
<i>H. sarapiquensis</i>	0,13**	27,94	26,85 (8°)	13990,36 (7°)	IV (0,74)	IV (0,57)
<i>H. latispatha</i> ‘Yellow Gyro’	0,09**	36,40	27,20 (7°)	14724,92 (8°)	IV (0,85)	IV (0,72)
<i>H. episcopalis</i>	0,29**	59,41	36,19 (6°)	10993,43 (6°)	IV (0,53)	IV (0,33)
<i>H. latispatha</i>	0,23**	10,89	50,74 (5°)	7138,60 (5°)	III (0,29)	VII (0,21)

ns- não significativo, \* - significativo a 5%, \*\* - significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Dentre os acessos avaliados no Grupo II, a *H. rostrata* e *H. caribaea* ‘Brazilian Bomber’, foram os acessos melhores classificados. A *H. rostrata* foi classificada como adaptada a ambientes favoráveis com boa estabilidade pelo método E&R, sendo esta classificação confirmada pelo método centroide com quatro e sete ideótipos com significativa probabilidade de classificação.

As *H. stricta* ‘Tagami’ e *H. rauliniana*, foram bem avaliadas pelos métodos A e L&B. Pelo método E&R, classificada com adaptabilidade geral e pouco estável. No método centroide, classificaram-se como adaptadas a ambientes desfavoráveis, sem significância pelos baixos valores de probabilidade.

As *H. collinsiana*, *H. stricta* ‘Fire Bird’ e *H. bihai* ‘Nappi Yellow’ foram mal avaliadas por todos os métodos. Enquanto que as *H. stricta* e *H. stricta* I, pelo método E&R foram classificadas com boa adaptabilidade geral e boa estabilidade, sendo mal posicionadas pelos outros métodos, sem significativa probabilidade pelo método centroide com quatro e sete ideótipos. Isso mostra que o método E&R pode ser útil em casos que o método centroide não apresente probabilidade significativa.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

**Tabela 6.** Estimativas dos parâmetros de estabilidade temporal, obtidas pelos métodos de (E&R), (A), (L&B), (C4), (C7) para o caráter produção em oito cultivares de *Heliconia* spp. Camaragibe, PE-Brasil de janeiro de 2008 a dezembro de 2010

Espécie	E&R		A	L&B	C4	C6
	$\beta_1$	R <sup>2</sup>	$\omega_i$ (Posição)	P <sub>i</sub> (Posição)	Ideótipo (Pr)	Ideótipo (Pr)
<i>H. collinsiana</i>	0,32ns	41,74	45,28 (9°)	2604,34 (10°)	IV (0,64)	IV (0,46)
<i>H. stricta</i> ‘Fire Bird’	1,03 ns	65,31	38,24 (10°)	1908,25 (9°)	IV (0,46)	IV (0,25)
<i>H. bihai</i> ‘Nappi Yellow’	0,11 ns	36,56	62,10 (6°)	1818,56 (8°)	III (0,49)	III (0,27)
<i>H. stricta</i>	1,47 ns	93,90	58,30 (7°)	1281,96 (7°)	IV (0,34)	V (0,34)
<i>H. stricta I</i>	1,76 ns	99,97	56,20 (8°)	1238,31 (5°)	IV (0,32)	V (0,34)
<i>H. rostrata</i>	2,56*	77,59	111,82 (2°)	123,76 (1°)	II (0,48)	VI (0,86)
<i>H. caribaea</i> ‘Brazilian Bomber’	0,87 ns	85,16	91,45 (4°)	1238,46 (6°)	III (0,31)	V (0,47)
<i>H. bihai</i>	0,41 ns	99,88	90,47 (5°)	1122,39 (4°)	III (0,35)	VII (0,33)
<i>H. stricta</i> ‘Tagami’	1,02 ns	65,58	109,61 (3°)	888,47 (3°)	III (0,27)	VII (0,25)
<i>H. rauliniana</i>	0,68 ns	40,60	114,35 (1°)	822,88 (2°)	III (0,27)	VII (0,28)

ns- não significativo, \* - significativo a 5%, \*\* - significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

## Conclusões

Acessos *H. psittacorum* e seus híbridos juntamente com *H. × nickeriensis*, são mais indicados para início de processo de melhoramento visando adaptabilidade e estabilidade para produção em helicônias de pequeno e médio porte.

Os acessos *H. rostrata* e *H. caribaea* ‘Brazilian Bomber’, podem ser usados em processos de melhoramento visando adaptabilidade e estabilidade para produção em helicônias de grande porte.

Pode-se escolher entre o uso do método Annicchiarico e Lin e Binns, visto que produzem resultados semelhantes para uso concomitante com o método Eberhart e Russell.

Helicônias de pequeno e médio porte são mais produtivas que as de grande porte.

## Referências Bibliográficas

Annicchiarico P (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics & Breeding**, Madison, v.46, p.269-278.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Alves RM, Madruga MR, Tavares HR, Lobato TC e Oliveira TF (2015) Modelo de efeitos fixos com medida repetida aplicado em experimentos de melhoramento genético do cupuaçuzeiro.

**Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 993-1000, out./dez. 2015.

Berry F, Kress WJ (1991). **Heliconia: An identification guide**. Smithsonian Institution Press. Washington and London. 334p.

Cancellier LL, Afférri FS, Peluzio JM, Leão FF, Santos VM (2012) Correlação dos parâmetros da adaptabilidade e estabilidade para genótipos comerciais de milho avaliados no Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.2, p.196-203.

Cecon PR, Silva FF, Ferreira A, Ferrão RG, Carneiro APS, Detmann E, Faria PN, Morais TSS (2008) Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café ‘Conilon’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1171-1176.

Costa AS, Loges V, Castro ACR, Verona AL, Pessoa CO, e Santos VF (2006) Perfilamento e expansão de touceiras de helicônias. **Horticultura Brasileira**, 24: 460-463.

Costa AS, Loges V, Castro ACR, Guimarães WNR e Nogueira LC (2009b) *Heliconia* genotypes under partial shade: II. Evaluation of flowering stems. **Acta Horticulture**. 813, 171–176.

Cruz CD (2006) **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, v.1. 285 p.

Cruz CD (2013) GENES- a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v35. n3. p271-276.

Cruz CD, Carneiro PCS, Regazzi AJ (2014) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético (3. ed.). Viçosa: Editora UFV. 668 p.

Cruz CD (2016) Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Danford MB, Hugues HM, McNee RC (1960) On the Analyses of Repeated-Measurements Experiments. **Biometrics**. North Carolina, v.22, p. 547-565.

Eberhart SA, Russell WA (1966) Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, p.36-40.

Freitas EG, Barbin D, Barbosa GVS, Carneiro MS, Bassinello AI (2008) Modelo univariado aplicado a dados longitudinais de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 26, n.2, p.93-106.

Gouvêa LRL, Silva GAP, Scaloppi Junior EJ, Gonçalves PS (2011) Different methods to assess yield temporal stability in rubber. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.491-498.

INMET (2017) - Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Brasília. DF, Brasil. <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>. Acesso em Maio de 2017.

Lamas AM (2003) Floricultura Tropical – Avanços Tecnológicos. Fortaleza: Instituto Frutal. (CD-ROM).

Lin CS, Binns MR (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.68, p.193-198.

Loges V, Castro CEF, Guimarães WNR, Costa AS, Lima TLA, Leite KP (2012) Agronomic traits of *Heliconia* for cut flowers use and molecular markers. **Acta Horticulturae**. 937:535-543.

Machado Neto ADS, Jasmim JM, Thiébaud JTL, Xavier PB (2011) Qualidade de inflorescências de *Heliconia stricta* e *Heliconia bihai* produzidas sob adubação química e orgânica. **Ornamental Horticulture**, v. 17, n. 2, p. 133-140.

Mahalanobis PC (1936) On the generalized distance in statistics. **Proceedings of the National Institute of Science of India**, New Delhi, v.12, n.1, p.49-55.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Mojena R (1977) Hierarchical grouping method and stopping rules: an evaluation. **Computer Journal**, Oxford, v.20, n.4, p.359-363.

Nascimento M, Cruz CD, Campana ACM, Tomaz RS, Salgado CC, Ferreira RP (2009) Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.263-269.

Ramos LM, Sanches A, Cotes JM, Cargnelutti Filho A (2011) Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de genótipos de arroz, mediante duas metodologias de avaliação na Colômbia. **Acta Agronômica**, v.60, p.39-49.

Resende MDV (2007) **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Embrapa Florestas, Colombo. 420 p.

Resende MDV e Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194.

Resende MDV, Sturion JA, Higa AR (2001) Comparação entre métodos de avaliação da estabilidade fenotípica e adaptabilidade aplicados a dados de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.42, p.3-34.

Rocha RB, Muro-Abad JI, Araújo EF, Cruz CD (2005) Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 255-266.

Rocha RB, Ramalho AR, Teixeira AL, Souza FF, Cruz CD (2015). Adaptabilidade e estabilidade da produção de café beneficiado em *Coffea canephora*. **Ciência Rural**. 45:1531-1537.

Vencovsky R and Barriga P (1992). **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 496p.

Albuquerque Filho JCC (2018) Repetibilidade e Estabilidade de Características Agronômicas de *Heliconia* spp.

Yousefi B, Tabaei-Aghdaei SR, Assareh MH Darvish F (2011) Evaluation of Stability Parameters for Discrimination of Stable, Adaptable and High Flower Yielding Landraces of *Rosa damascena* Mill. **J. Agr. Sci. Tech.**; 13:99-110.