

CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS A PARTIR DO CRUZAMENTO INTERESPECÍFICO ENTRE PIMENTA E PIMENTÃO

**Reinaldo Malveira Fonseca¹, Francisco Celio Maia Chaves²,
Mágno Sávio Ferreira Valente³, Helena Francinete da Silva
Pimenta⁴ e Maria Teresa Gomes Lopes⁵**

RESUMO

A hibridação interespecífica é muito importante como fonte de novas combinações genéticas e como mecanismo de especiação, sendo útil no cultivo de plantas para transferência de genes de interesse agrônômico. Apesar do seu grande potencial de utilização, são poucos os registros de hibridização interespecífica em programas de melhoramento de *Capsicum*. O conhecimento do controle genético de caracteres em um cruzamento particular, permite a adoção de estratégias adequadas para seleção de fenótipos de interesse. Neste estudo avaliou-se a natureza e a magnitude dos efeitos gênicos de caracteres de porte da planta e de frutos em cruzamento interespecífico entre *Capsicum chinense* e *Capsicum annuum*. Foram avaliadas 30 plantas de cada genitor, 30 plantas do híbrido F₁, 300 plantas da geração F₂ e 120 plantas de cada retrocruzamento. Avaliações individuais foram realizadas para os caracteres altura da planta (ALT), número de flores por axila (NFL), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR), peso do fruto (PFR) e número de sementes por fruto (NSE). Estudos com variâncias e médias das gerações foram realizados a partir do modelo

1 Doutor em Agronomia Tropical. Professor EBTT – IFAM/Campus São Gabriel da Cachoeira. E-mail: malveirareinaldo@yahoo.com.br.

2 Doutor em Agronomia Tropical. Pesquisador - Embrapa Amazônia Ocidental. E-mail: celio.chaves@embrapa.br.

3 Doutor em Genética e Melhoramento. Professor EBTT – IFAM/Campus Presidente Figueiredo. E-mail: magno.valente@ifam.edu.br.

4 Discente de Ciências Biológicas. Instituto de Ciências Biológicas/UFAM. E-mail: heleanapimentha@bol.com.br

5 Doutora em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrárias/UFAM. E-mail: mtglopes@hotmail.com

completo e modelo aditivo dominante de análise. Verificou-se dominância parcial para ALT e DFR e sobredominância para NFL, com indicativo de herança poligênica para estes caracteres. O efeito genético referente à aditividade foi mais importante em três dos seis caracteres avaliados, com coeficiente de determinação de 99,51; 42,46 e 58,84% para NFL, DFR e NSE, respectivamente. Os efeitos epistáticos foram significativos para todos os caracteres e tiveram maior contribuição na herança do PFR e DFR. Os efeitos de dominância foram, em geral, de baixa magnitude para todos os caracteres e modelos considerados. A adoção de métodos que capitalizem os efeitos aditivos, aliado a seleção com base em segregantes superiores, pode ser favorável no desenvolvimento de variedades comerciais obtidas pelo cruzamento interespecífico entre *C. chinense* e *C. annuum*.

Palavras-chave: Estudo de herança; Análise de gerações; *Capsicum annuum*; *Capsicum chinense*.

GENETIC CONTROL OF MORPHOAGRONOMIC TRAITS FROM THE INTERSPECIFIC CROSSING BETWEEN PEPPER AND PAPRIKA

ABSTRACT

Interspecific hybridization is very important as a source of new genetic combinations and as a mechanism of speciation, being useful in plant breeding for the transfer of genes of agronomic interest. Despite its great potential for use, there are few records of interspecific hybridization in *Capsicum* breeding programs. The knowledge of the genetic control of characters in a particular cross allows the adoption of adequate strategies for the selection of phenotypes of interest. In this study we evaluated the nature and magnitude of gene effects of plant and fruit characters in a cross between *Capsicum chinense* and *Capsicum annuum*. We evaluated 30 plants from each genitor, 30 plants from the F1 hybrid, 300 plants from the F2 generation and 120 plants from each backcross. Individual evaluations were performed for the characters plant height (ALT), number of flowers per axil (NFL), fruit length (CFR), fruit diameter (DFR), fruit weight (PFR) and number of

seeds per fruit (NSE). Studies with variances and generation means were performed from the full model and additive dominant model of analysis. Partial dominance was verified for ALT and DFR and overdominance for NFL, with an indication of polygenic inheritance for these characters. The genetic effect referring to additivity was most important in three of the six characters evaluated, with a coefficient of determination of 99.51; 42.46 and 58.84% for NFL, DFR and NSE, respectively. Epistatic effects were significant for all characters and had the greatest contribution in the inheritance of NFLP and DFR. Dominance effects were generally of low magnitude for all characters and models considered. The adoption of methods that capitalize additive effects, coupled with selection based on superior segregants, may be favorable in the development of commercial varieties obtained by the interspecific cross between *C. chinense* and *C. annuum*.

Keywords: Inheritance study; Generational analysis; *Capsicum annuum*; *Capsicum chinense*.

INTRODUÇÃO

As pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* vêm assumindo grande importância econômica no Brasil principalmente devido a sua versatilidade de uso, uma vez que existe grande variedade de produtos e subprodutos, usos e formas de consumo (NEITZKE et al., 2016).

Dentre as espécies mais cultivadas no país, podemos citar a *Capsicum annuum* e a *Capsicum chinense*, sendo esta última considerada a mais brasileira, por ter como centro de diversidade a região da Bacia Amazônica (BIANCHI et al., 2020). É geralmente cultivada em pequenas propriedades que utilizam mão de obra familiar possuindo também grande importância social, além disso, seus frutos apresentam propriedades farmacêuticas e são muito utilizados para confecção de condimentos e especiarias (ALVES et al., 2022; FARIA et al., 2013). A espécie *C. annuum* é a mais estudada e difundida do gênero e apesar de ser a espécie com o maior número de

cultivares registrados, há um crescente interesse por parte da agroindústria, como também, por produtores em novos genótipos que atendam aos requisitos de maior produtividade, uniformidade e qualidade dos frutos (RODRIGUES et al., 2012).

O Brasil é considerado um centro de diversidade do gênero *Capsicum*, com germoplasmas de pimenta e pimentão apresentando grande variabilidade genética. No entanto, as características alvos de programas de melhoramento de *Capsicum* são muitas vezes encontradas em apenas algumas variedades de determinadas espécies. Para contornar este problema faz-se uso de cruzamentos interespecíficos, onde pode-se selecionar híbridos com características de interesse que normalmente não são observadas isoladamente em nenhuma das espécies parentais e por se tratar de um cruzamento entre pais geneticamente divergentes, há tendência de se obter maior heterose para os caracteres de produção e qualidade do fruto (WEI et al., 2019). EGGINK et al. (2014) combinando cruzamentos interespecíficos em *Capsicum* com técnicas de resgate de embrião, verificaram a introgressão de características inesperadas nos frutos, que proporcionaram grande variação no sabor, nível de terpenos dos frutos maduros e aumento do teor de sólidos solúveis.

A hibridação interespecífica tem sido muito importante como fonte de novas combinações genéticas e como mecanismo de especiação, sendo útil no cultivo de plantas para transferência de genes de interesse agrônomico (DENLI et al., 2022). Apesar dos poucos registros de seu uso em programas de melhoramento, a hibridação interespecífica é uma área potencial para ampliar e sustentar o agronegócio de pimenta.

O desenvolvimento de novas variedades com aspectos favoráveis de porte de planta e qualidade dos frutos estão entre os principais objetivos de programas de melhoramento de *Capsicum*. O conhecimento do controle

genético destas características é de suma importância no processo de seleção e predição do comportamento de gerações híbridas e segregantes (CRUZ et al., 2012). Estudos de herança em *Capsicum* têm sido realizados a partir da análise dialélica (GONÇALVES et al., 2011; RÊGO et al., 2009) e por meio da análise de variância e médias de gerações (SANTOS et al., 2014). SANTOS et al. (2014) ainda comentam que em alguns trabalhos, a herança de características quantitativas não foi descrita com detalhes, havendo, em muitos casos, inconsistência nos resultados apresentados. Adicionalmente, a maioria dos trabalhos contemplam apenas a magnitude dos efeitos gênicos de caracteres em cruzamentos dentro da mesma espécie, sendo necessário estudos a partir de cruzamentos interespecíficos.

Assim, objetivou-se com este trabalho ampliar os conhecimentos da natureza e a magnitude dos efeitos gênicos de caracteres de porte de planta e frutos em cruzamento interespecífico entre *C. annuum* e *C. chinense*.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram consideradas duas espécies de *Capsicum*, *C. annuum* (pai 1 - P_1) e *C. chinense* (pai 2 - P_2), contrastantes para a maioria das características avaliadas. A partir das gerações parentais (P_1 e P_2), foram obtidas as gerações F_1 , F_2 ($F_1 \times F_1$) e as gerações de retrocruzamentos ($RC_1 = P_1 \times F_1$ e $RC_2 = P_2 \times F_1$) sob condições experimentais de telado e de campo na estação experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus – AM, no ano agrícola de 2014/2015.

O experimento foi conduzido no delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sendo os tratamentos constituídos pelas gerações. Cada parcela foi representada por uma fileira de 5 m para as

gerações parentais (P_1 e P_2) e F_1 , cinco fileiras de 5 m para a geração F_2 e duas fileiras de 5 m para as gerações de retrocruzamento (RC_1 e RC_2). Nas gerações parentais e F_1 , cada fileira foi constituída de 10 plantas e nas demais gerações, constituída de 20 plantas, resultando num total de 630 plantas avaliadas. As avaliações foram realizadas em plantas individuais e tomada a média de 10 observações por planta. Os caracteres avaliados foram: ALT = altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos em que, 1= <0,25; 2= 25-45; 3= 46-65; 4= 66-85; 5= >85 cm de altura), NFL = número de flores por axila, CFR = comprimento do fruto (cm), DFR = diâmetro do fruto (cm), PFR = peso do fruto (g) e NSE = número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos em que, 1= <20; 2= 20-50; 3= >50 sementes por fruto).

Após a coleta dos dados em campo, bem como no laboratório no período de pós-colheita, foram feitos estudos das variâncias das gerações a partir das seguintes estimativas:

a) Variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$): $\hat{\sigma}_E^2 = \frac{1}{4}(\hat{\sigma}_P^2 + \hat{\sigma}_P^2 + \hat{\sigma}_F^2)$

b) Variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$): $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_E^2$

c) Variância genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$): $\hat{\sigma}_G^2 = \hat{\sigma}_F^2 - \hat{\sigma}_E^2$

d) Variância aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$): $\hat{\sigma}_A^2 = 2\hat{\sigma}_F^2 - (\hat{\sigma}_{RC1}^2 + \hat{\sigma}_{RC2}^2)$

e) Variância dos desvios da dominância ($\hat{\sigma}_D^2$): $\hat{\sigma}_D^2 = \hat{\sigma}_F^2 - \hat{\sigma}_A^2 - \hat{\sigma}_E^2$

f) Herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}_a^2): $\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_E^2}$

g) Herdabilidade no sentido restrito (\hat{h}_r^2): $\hat{h}_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_E^2}$

h) O grau médio da dominância (*gmd*): $K = \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_D^2}{\hat{\sigma}_A^2}}$

i) Número mínimo de genes envolvidos na determinação do caráter

$$(\eta): \frac{A^2(1+0,5K^2)}{8\hat{\sigma}_G^2}$$

Em que: $\hat{\sigma}_P^2$, $\hat{\sigma}_P^2$, $\hat{\sigma}_F^2$, $\hat{\sigma}_F^2$, $\hat{\sigma}_{RC1}^2$ e $\hat{\sigma}_{RC2}^2$ são as estimativas da variância nas gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 , respectivamente. A é a amplitude total na F_2 .

As análises das médias das gerações foram realizadas levando-se em conta tanto o modelo completo, a partir do método dos mínimos quadrados ordinários (CRUZ et al., 2012), quanto o modelo aditivo dominante de acordo com o método dos mínimos quadrados ponderados, utilizando-se como pesos a razão inversa das variâncias médias de cada geração (MATHER; JINKS, 1984). Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa GENES (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para número de flores por axila e comprimento do fruto, o valor médio da F_1 foi superior à média dos pais (Tabela 1). Segundo BLAT et al. (2007), o comprimento do fruto no gênero *Capsicum* é uma das características de maior interesse do produtor pela sua importância na comercialização, uma vez que o mercado brasileiro valoriza frutos grandes. Deste modo, espera-se que o híbrido expresse heterose para esta característica.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão para caracteres de porte de planta e frutos avaliados nas gerações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁ e RC₂ a partir do cruzamento entre *C. annuum* e *C. chinense*.

Geração	Nº de plantas	Caracteres ¹					
		ALT	NFL	CFR	DFR	PFR	NSE
P ₁	30	4,73 ± 0,45	1,00 ± 0,00	5,57 ± 0,68	4,57 ± 0,57	320,23 ± 82,63	2,70 ± 0,47
P ₂	30	4,90 ± 0,31	2,00 ± 0,00	6,82 ± 1,04	2,90 ± 0,40	145,10 ± 33,51	1,00 ± 0,00
F ₁	30	4,67 ± 0,48	2,00 ± 0,00	6,88 ± 0,93	2,00 ± 0,00	136,50 ± 26,30	1,37 ± 0,49
F ₂	300	4,61 ± 0,79	2,07 ± 0,52	5,87 ± 1,51	2,19 ± 0,77	65,48 ± 29,59	1,75 ± 0,45
RC ₁	120	4,40 ± 0,59	1,38 ± 0,49	6,36 ± 1,98	3,14 ± 0,68	160,65 ± 59,29	1,69 ± 0,46
RC ₂	120	4,47 ± 0,71	1,72 ± 0,49	6,72 ± 1,51	2,64 ± 0,61	116,23 ± 31,86	1,60 ± 0,51

¹ALT=Altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos); NFL=Número de flores por axila; CFR=Comprimento do fruto (cm); DFR=Diâmetro do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g); NSE=Número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos).

A média da geração F₂ se aproximou mais da média do P₁ em relação aos caracteres altura da planta e comprimento do fruto e se aproximou mais da média do P₂ em relação ao número de flores por axila, diâmetro do fruto e peso do fruto. Para o número de sementes por fruto, os valores apresentados na F₂ foram intermediários aos parentais, mostrando que o tipo de interação alélica predominante seria a aditiva.

As médias das gerações de retrocruzamento foram mais parecidas com valores médios do genitor recorrente, isso implica que retrocruzamentos repetidos e seleção podem aumentar ou diminuir a característica desejada, de acordo com o genótipo recorrente utilizado e que o efeito aditivo deve ser significativo (ZEWDIE; BOSLAND, 2000).

Constatou-se, em relação à altura da planta e diâmetro do fruto, que

o desvio padrão observado na geração P_1 foi maior do que o da P_2 e o maior desvio foi observado na geração F_2 , o que era esperado por ser esta a população com a maior parte dos locos segregantes. No entanto, este comportamento (maior desvio padrão na F_2) não foi verificado nas avaliações dos caracteres comprimento do fruto, peso do fruto e número de sementes por fruto, onde, nestes casos, os maiores desvios estavam presentes nas gerações de retrocruzamento e/ou genitoras. Uma justificativa para estes resultados é a própria natureza das variáveis, quantitativas e influenciadas pelo ambiente. Além disso, o cruzamento realizado entre progenitores contrastantes, pressuposição para a eficiência do método (CRUZ et al., 2012), envolveu espécies que podem ter apresentado variabilidade genotípica entre plantas para os caracteres avaliados e, em consequência, contribuído para a obtenção de estimativas viesadas.

As estimativas de herdabilidade no sentido amplo para altura da planta, número de flores por axila, comprimento do fruto e diâmetro do fruto foram de 69,56; 99,96; 63,79 e 79,35%, respectivamente, indicando que maior parte da variação fenotípica é atribuída a causas genéticas (Tabela 2). Valores superiores aos obtidos por JUHÁSZ et al. (2009). Contudo, para estes mesmos caracteres em *Capsicum*, SANTOS et al. (2014) observaram valores de herdabilidade no sentido amplo superiores a 0,8, com exceção do número de flores por axila, da qual não foi avaliada pelos autores.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos obtidos para caracteres avaliados nas gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 a partir do cruzamento entre *C. annuum* e *C. chinense*.

Parâmetros	Caracteres ¹					
	ALT	NFL	CFR	DFR	PFR	NSE
Herdabilidade Ampla (%)	69,56	99,96	63,79	79,35	-	13,47
Herdabilidade Restrita (%)	62,64	24,94	0,00	56,95	0,00	0,00

Heterose	-0,15	0,50	0,69	-1,73	-96,17	-0,48
Heterose (%)	-3,11	33,33	11,11	-46,43	-41,33	-26,13
Grau Médio da Dominância	0,47	2,45	-	0,89	-	-
Número de Genes	5,15	29,38	-	7,56	-	-

¹ALT=Altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos); NFL=Número de flores por axila; CFR=Comprimento do fruto (cm); DFR=Diâmetro do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g); NSE=Número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos).

Os valores estimados de herdabilidade no sentido restrito, para altura da planta e diâmetro do fruto, foram de 62,64 e 56,95%, respectivamente, demonstrando considerável participação da variância aditiva na variação fenotípica. Para comprimento do fruto, peso do fruto e número de sementes por fruto, a herdabilidade no sentido restrito foi igual a zero devido a estimativa negativa do componente aditivo. As estimativas negativas de variância aditiva podem ser atribuídas à baixa acurácia das estimativas da variância ambiental (valores superestimados). Segundo CARVALHO et al. (2001), em estudos de análises de gerações por meio de variâncias são, geralmente, utilizados P_1 , P_2 e F_1 , em diferentes expressões, para estimar a variância ambiental, devido à variação entre plantas nestas gerações ser toda devida ao ambiente. Todavia, estas gerações apresentam, de maneira geral, variância entre plantas maior que nas gerações segregantes, resultando em estimativas viesadas dos parâmetros genéticos.

De acordo com os resultados obtidos, a maioria das estimativas de heterose apresentou valores negativos, ou seja, houve diminuição da magnitude das médias na geração F_1 em relação as médias dos genitores. Somente nos caracteres número de flores por axila e comprimento do fruto, os valores de heterose foram positivos. Em termos de heterose percentual, houve um aumento de 11,11% no comprimento do fruto e uma redução de

46,43 e 41,33% no diâmetro e peso do fruto, respectivamente, na geração F_1 em relação à média da geração parental.

O grau médio da dominância foi de 2,45 para número de flores por axila, evidenciando sobredominância, além disso, foi estimado que pelo menos 29 genes controlam o caráter (Tabela 2). Para altura da planta e diâmetro do fruto, o grau médio da dominância foi de 0,4699 e 0,8871, respectivamente, com ambos valores apresentando dominância parcial. A estimativa do número de genes controladores da altura da planta foi de 5,15 genes. Para diâmetro do fruto, a estimativa foi de 7,56 genes. CRUZ et al. (2012) sugerem cautela em interpretar o número de genes que controlam o caráter com base no estimador utilizado, devido às pressuposições em que se baseia. Porém, estes mesmos autores citam a importância destas estimativas como indicativo da natureza poligênica ou monogênica do caráter em estudo. Deste modo, houve indicativo de herança poligênica no controle das características onde o cálculo do número de genes controladores foi possível.

Na análise de gerações a partir do modelo completo houve significância dos efeitos aditivos e de dominância para todos os caracteres, a única exceção foi para o efeito aditivo em altura da planta (Tabela 3). Este resultado não é coerente com algumas das estimativas obtidas para os parâmetros genéticos. Devido às questões anteriormente discutidas em relação às estimativas viesadas das variâncias, acredita-se que os resultados das médias proporcionaram estimativas mais consistentes, dificuldade também observada por MOREIRA et al. (2013) em estudos de herança em tomateiro. Deve-se ainda ressaltar que os efeitos epistáticos neste trabalho foram em sua maioria significativos e a variância ambiental de grande magnitude, devendo ser feita com cautela qualquer comparação ou indicação de métodos de melhoramento realizada a partir das estimativas dos parâmetros genéticos.

Tabela 3. Estimativas dos efeitos gênicos, valores de R^2 (entre parênteses) e coeficiente de correlação (r) entre as médias observadas () e esperadas () no modelo completo e no modelo aditivo dominante para caracteres avaliados nas gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 em cruzamento entre *C. annuum* e *C. chinense*.

Efeitos	Caracteres ¹					
	ALT	NFL	CFR	DFR	PFR	NSE
Modelo Completo						
m	5,54** (90,41)	3,59** (0,27)	3,49** (31,55)	0,93** (3,24)	-59,17** (2,10)	2,26** (25,26)
a	-0,08 ^{ns} (0,56)	-0,50** (99,51)	-0,63** (28,64)	0,83** (42,46)	87,57** (19,28)	0,85** (58,84)
d	-2,82** (3,59)	-4,48** (0,06)	6,12** (13,23)	3,95** (8,83)	302,92** (6,71)	-1,15* (0,88)
aa	-0,72** (1,58)	-2,09** (0,09)	2,71** (19,70)	2,80** (30,94)	291,83** (67,19)	-0,41** (0,89)
ad	0,02 ^{ns} (0,00)	0,32* (0,00)	0,54 ^{ns} (0,99)	-0,66** (2,34)	-86,30** (2,90)	-1,52** (14,03)
dd	1,95** (3,86)	2,90** (0,07)	-2,72* (5,87)	-2,89** (12,19)	-107,26** (1,81)	0,25 ^{ns} (0,08)
r(,)	1	1	1	1	1	1
Modelo aditivo dominante						
m	4,74** (99,83)	1,50** (87,10)	6,01** (99,03)	3,40** (83,58)	95,81** (98,91)	1,67** (86,18)
a	-0,11** (0,06)	-0,50** (9,67)	-0,55* (0,81)	0,64** (2,25)	-8,96* (0,89)	0,67** (13,82)
d	-0,31** (0,11)	0,50** (3,23)	0,47* (0,16)	-1,40** (14,17)	-7,79 ^{ns} (0,21)	-0,01 ^{ns} (0,00)
r(,)	0,5840	0,8875	0,8509	0,9468	-0,3653	0,8698

¹ALT=Altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos); NFL=Número de flores por axila; CFR=Comprimento do fruto (cm); DFR=Diâmetro do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g); NSE=Número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos). ^{ns}, **, * não significativo e significativo em nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Interações epistáticas do tipo aditiva x aditiva foram importantes na herança de todos os caracteres, interações epistáticas aditiva x dominante apresentaram estimativas não significativas somente para altura da planta

e comprimento do fruto e interações do tipo dominante x dominante foram não significativas apenas para o caractere número de semente por fruto.

No modelo completo observou-se que o efeito genético referente à aditividade foi o mais importante em três dos seis caracteres avaliados, com um coeficiente de determinação de 99,51% para número de flores por axila, 42,46 % para diâmetro do fruto e 58,84% para número de sementes por fruto (Tabela 3). Este resultado é promissor para estes caracteres, pois os efeitos aditivos podem ser fixados ao longo das gerações, o que indica grande possibilidade de sucesso em programas de melhoramento. ZAMBRANO et al. (2005) observaram efeitos aditivos superiores aos não-aditivos para diâmetro do fruto em pimentas. MEDEIROS et al. (2014) também relataram grande importância dos efeitos gênicos aditivos na expressão do diâmetro do fruto, resultado semelhante aos observados no presente trabalho, ainda que as espécies trabalhadas e metodologia utilizada tenham sido diferentes. Vale ressaltar que os estudos de herança realizados a partir de cruzamentos interespecíficos são poucos, e os trabalhos no gênero *Capsicum* tem-se concentrado basicamente em cruzamentos entre variedades de pimentões (GONÇALVES et al., 2011; SOUZA; MALUF, 2003).

Com exceção do caractere altura de planta, os efeitos aditivos tiveram maior importância do que os efeitos de dominância denotando potencial de ganhos pela obtenção de segregantes superiores. Em pimentão, SANTOS et al. (2014) observaram que o efeito genético predominante também foi o aditivo.

Os efeitos de dominância foram, em geral, de baixa magnitude e os efeitos epistáticos tiveram diferente importância na explicação da variabilidade disponível. O efeito epistático do tipo aditivo x aditivo, foi o mais importante na determinação do peso do fruto (67,19%) e teve grande contribuição na determinação do caractere diâmetro do fruto (30,94%), com

ambas estimativas com valores positivos. Segundo MATHER; JINKS (1984), a estimativa do efeito epistático aditivo x aditivo positiva sugere que pares de genes estão em formas associadas e apenas um dos genitores contribui para aumentar essas características. JUHÁSZ et al. (2009) também verificaram que a epistasia foi importante na herança das características peso médio de frutos e diâmetro de frutos.

A análise das médias observadas e das médias esperadas revelou um coeficiente de correlação máximo ($r=1,0$), mostrando a adequação do modelo completo para analisar todas as características e explicar sua variabilidade. O modelo completo foi adequado para descrever os dados obtidos a partir das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 . Porém, segundo CRUZ et al. (2012), apesar do uso do modelo genético completo ser importante para o conhecimento das causas e magnitudes dos componentes genéticos que controlam o caráter, deve-se também avaliar o modelo reduzido aditivo dominante, que é de uso mais simples e também fornece informações importantes para a escolha dos métodos de melhoramento.

A correlação das médias observadas com as médias estimadas evidenciou satisfatório ajuste do modelo aditivo dominante para os caracteres número de flores por axila, comprimento do fruto, diâmetro do fruto e número de sementes por fruto, o qual possibilitou estimativas de coeficiente de correlação de 0,88; 0,85; 0,95 e 0,87, respectivamente (Tabela 3). Para altura de planta e peso do fruto, o modelo aditivo dominante não foi suficiente para explicar os resultados.

Em pimentão, JUHÁSZ et al. (2009) mostraram a adequação do modelo aditivo dominante para comprimento de frutos, no entanto, para peso do fruto, o resultado não foi coincidente com o apresentado no presente trabalho. SANTOS et al. (2014) trabalhando com *C. annuum*, chegaram à conclusão que o modelo aditivo dominante não era suficiente para explicar

a grande maioria das características de fruto, indicando que as interações epistáticas teriam grande importância na variação fenotípica total. Os autores também reportaram que o modelo aditivo dominante era adequado para explicar os parâmetros genéticos para a altura da planta, o que também não foi observado neste estudo.

A média e o efeito aditivo foram significativos para todos os caracteres pelo teste t a 1% de probabilidade considerando o modelo aditivo dominante. A média foi o efeito mais importante na determinação dos caracteres, com o coeficiente de determinação variando de 83,58% a 99,83% entre todos os caracteres analisados. O efeito de dominância apesar de ter sido significativo para altura da planta, número de flores por axila, comprimento e diâmetro do fruto, este foi de pequena magnitude na expressão dos caracteres, assim como também observado considerando o modelo completo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se dominância parcial para altura da planta e diâmetro do fruto e sobredominância para número de flores por axila, com indicativo de herança poligênica para estes caracteres.

Com exceção do caractere altura da planta, os efeitos aditivos tiveram maior importância do que os efeitos de dominância denotando potencial de ganhos pela obtenção de segregantes superiores.

Os efeitos epistáticos foram significativos para todos os caracteres e o efeito epistático do tipo aditivo x aditivo foi o mais importante na determinação do peso do fruto (67,19%) e teve grande contribuição na determinação do caractere diâmetro do fruto (30,94%).

O modelo aditivo dominante não foi suficiente para analisar todas as

características e explicar sua variabilidade.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALVES, S.R.M.; LOPES, R.; MENESES, C.; VALENTE, M.S.F.; MARTINS, C.C.; RAMOS, S.F.; OLIVEIRA, I.; FRAXE, T.J.P.; COSTA, L.; LOPES, M.T.G. Morpho-Agronomic Characterization, Sample Size, and Plot Size for the Evaluation of *Capsicum chinense* Genotypes. **Horticulturae**, v. 8, n. 9, p. 785, 2022.

BIANCHI, P.A.; DA SILVA, L.R.A.; ALENCAR, A.A.S.; SANTOS, P.H.A.D.; PIMENTA, S.; SUDRÉ, C.P.; CORTE, L.E.D.; GONÇALVES, L.S.A.; RODRIGUES, R. Biomorphological characterization of brazilian *Capsicum chinense* Jacq. germplasm. **Agronomy**, v.10, n.3, p.447, 2020.

BLAT, S.F.; BRAZ, L.T.; ARRUDA, A.S. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.3, p.350-354, 2007.

CARVALHO, F.I.F.; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: Universitária, 2001. 99 p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético – Volume 1**. 4^a ed. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.

DENLI, N.; ATA, A. TAŞKIN, H. Expansion of the Genetic Base by Interspecific Hybridization in *Capsicum annuum* and *Capsicum chinense*. **Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics**, v. 8, n. 1, p. 33-40, 2022.

EGGINK, P.M.; TIKUNOV, Y.; MALIEPAARD, C.; HAANSTRA, J.P.W.; ROOIJ, H.; VOGELAAR, A.; GUTTELING, E.W.; FREYMARK, G.; BOVY, A.G.; VISSER, R.G.F. Capturing flavors from *Capsicum baccatum* by introgression in sweet pepper. **Theoretical and applied genetics**, v.127, n.2, p.373-390, 2014.

FARIA, P.N.; LAIA, G.A.; CARDOSO, K.A.; FINGER, F.L.; CECON, P.R. Estudo da variabilidade genética de amostras de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.) existentes num banco de germoplasma: um caso de estudo. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.17-22, 2013.

GONÇALVES, L.S.A.; RODRIGUES, R.; BENTO, C.S.; ROBAINA, R.R.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Herança de caracteres relacionados à produção de frutos em *Capsicum baccatum* var. *pendulum* com base em análise dialélica de Hayman. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p.662-669, 2011.

JUHÁSZ, A.C.P.; RODRIGUES, R.; SUDRÉ, C.P.; PEREIRA, M.G.; CRUZ, C.D. Detecção de ação gênica epistática no controle genético de características agronômicas em pimentão. **Magistra**, v.21, n.3, p.203-210, 2009.

MATHER, K.; JINKS, J.L. **Introdução à genética biométrica**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p.

MEDEIROS, A.M.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L.S.A.; SUDRÉ, C.P.; OLIVEIRA, H.S.D.; SANTOS, M.H.D. Gene effect and heterosis in *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. **Ciência Rural**, v.44, n.6, p.1031-1036, 2014.

MOREIRA, S.O., GONÇALVES, L.S., RODRIGUES, R., SUDRÉ, C.P., AMARAL JÚNIOR, A.T., MEDEIROS, A.M. Correlações e análise de trilha sob multicolinearidade em linhas recombinadas de pimenta (*Capsicum annum* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.15-20, 2013.

NEITZKE, R.S.; FISCHER, S.Z.; VASCONCELOS, C.S.; BARBIERI, R.L.; TREPTOW, R.O. Ornamental peppers: acceptance and preferences by consumers. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 102-109, 2016.

RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; FINGER, F.L.; CRUZ, C.D. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). **Euphytica**, v.168, p.275-287, 2009.

RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L.S.; BENTO, C.D.S.; SUDRÉ, C.P.; ROBAINA, R.R.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Combining ability and heterosis for agronomic traits in chili pepper. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.2,

p.226-233, 2012.

SANTOS, R.M.C.; RÊGO, E.R.; BORÉM, A.; NASCIMENTO, M.F.; NASCIMENTO, N.F.F.; FINGER, F.L.; RÊGO, M.M. Epistasis and inheritance of plant habit and fruit quality traits in ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.). **Genetics and Molecular Research**, v.13, n.4, p.8876-8887, 2014.

SOUZA, J.A.; MALUF, W.R. Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). **Scientia Agricola**, v.60, n.1, p.105-113, 2003.

WEI, J.; ZHENG, J.; YU, J.; ZHAO, D.; CHENG, Y.; RUAN, M.; YE, Q.; YAO, R.; WANG, R.; ZHOU, G.; YANG, Y.; LI, Z.; WAN, H. Production and identification of interspecific hybrids between pepper (*Capsicum annuum* L.) and the wild relative (*Capsicum frutescens* L.). **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 21, n. 3, p. 761-769, 2019.

ZAMBRANO, G.M.; GONZÁLEZ, J.R.A.D.; MERAZ, M.R.; LOERA, A.R. Efectos genéticos y heterosis em la vida de aneque del Chile Serrano. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.28, n.4, p.327-332, 2005.

ZEWDIE, Y.; BOSLAND, P.W. Capsaicinoid inheritance in an interspecific hybridization of *Capsicum annuum* × *C. chinense*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.125, n.4, p.448-453, 2000.