

## **Cruzabilidade e variabilidade genética em caracteres de sementes de pimentas amazônicas**

<sup>1</sup> Silfran Alves Rogério Marialva, <sup>1</sup> Maria Teresa Gomes Lopes, <sup>1</sup> Mágnio Sávio Ferreira Valente, <sup>2</sup> Edvan Alves Chagas

<sup>1</sup> Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 3000, CEP 69077-000, Manaus, AM, Brasil. E-mails: silfranrogerio@yahoo.com.br, mtglopes@hotmail.com, magnosavio@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Embrapa Roraima, Rodovia 174, Km 8, Distrito Industrial, CEP 69301-970, Boa Vista, RR, Brasil. E-mail: edvan.chagas@embrapa.br

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi investigar a compatibilidade de diferentes morfotipos de pimenta, integradas ao Banco de Germoplasma da Universidade Federal do Amazonas, em cruzamentos interespecíficos com pimentão, além de avaliar a variabilidade genética para caracteres de germinação em sementes das subamostras em estudo. Sementes de trinta subamostras de *Capsicum chinense*, prospectadas no estado do Amazonas, foram analisadas em laboratório para caracteres de germinação e peso de sementes. Para realização do teste de germinação foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, com 8 repetições e 25 sementes por parcela. Enquanto que a compatibilidade destas subamostras em cruzamento com *Capsicum annuum* (genitor feminino) foi realizada em casa de vegetação, a partir de três repetições e 30 flores por parcelas, avaliando-se o vingamento de frutos. As subamostras de pimenta apresentaram variabilidade genética significativa para todos os caracteres de germinação. A porcentagem média de sementes germinadas foi de 55,55%, variou de 5 a 95%, com tempo médio de germinação de 10,68 dias e peso médio de cem sementes de 0,27 g. Os altos valores de herdabilidade (>80%), assim como a presença de altas correlações no sentido favorável a seleção, entre todos os caracteres, possibilita ganhos genéticos consideráveis a partir da seleção fenotípica. Todos os cruzamentos interespecíficos realizados produziram frutos, com taxas de vingamento variando de 5,9% a 42,2% entre as subamostras. Todavia, não houve correlação entre o morfotipo utilizado com a taxa de vingamento dos frutos.

**Palavras chave:** *Capsicum* ssp., Parâmetros genéticos, Compatibilidade.

## **Cruzability and genetic variability in seed characters of amazonian pepper**

**Abstract:** The aim of this study was to investigate the compatibility of various pepper morphotypes in the Germplasm Bank at the Universidade Federal do Amazonas, in interspecific crosses with bell pepper, and to assess the genetic variability of germination traits in seeds of the subsamples under investigation. Seeds from thirty subsamples of *Capsicum chinense*, collected in the Brazilian state of Amazonas, were examined in the laboratory for germination traits and seed weight. To perform the germination test a fully randomized design was used, with 8 replications and 25 seeds per plot. To assess the fruit set, the compatibility of these subsamples in crosses with *Capsicum annuum* (female parent) was trialed in the greenhouse, with three replications and 30 flowers per plot. The pepper subsamples exhibited significant genetic variability for all germination traits. Average germination was 55.55%, ranging from 5 to 95%, with an average germination time of 10.68 days and a mean weight of 100 seeds of 0.27 g. The high heritability figures (>80%) and high correlations favoring selection among all traits facilitated significant genetic gains based on phenotypic selection. All the interspecific crosses trialed produced fruits, with set figures ranging from 5.9% to 42.2%. However, there was no correlation between the morphotype used and the fruit set rate.

**Key words:** *Capsicum* ssp., Genetic parameters, Compatibility.

## Introdução

O gênero *Capsicum* compreende um grupo com ampla variabilidade de pimentas e pimentões originários da região tropical do continente americano (Moreira et al., 2006). O gênero possui cerca de 30 espécies, classificadas de acordo com o nível de domesticação. No Brasil ocorrem quatro espécies, *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens* e *Capsicum baccatum*, predominando comercialmente a produção de pimentões (*C. annuum*), todavia, *C. chinense* é considerada a mais brasileira das espécies, tendo como centro de diversidade a região da Bacia Amazônica (Bosland, 1992).

No estado do Amazonas, apesar do alto consumo de pimentas, os produtores têm enfrentado algumas dificuldades devido aos altos custos de produção. A maioria dos problemas refere-se à escolha da variedade para plantio, uma vez que, as variedades comerciais disponíveis não estão adaptadas ao clima amazônico (Costa et al., 2009).

Rêgo et al. (2011a) ressaltam que apenas poucos estudos têm sido encontrados descrevendo a variabilidade nas espécies de *Capsicum*. Estes autores ainda comentam que a diversidade dessas espécies tem sido pouco explorada por programas de melhoramento. Deste modo, há necessidade de que materiais genéticos ingressados em bancos de germoplasma sejam devidamente caracterizados e avaliados para os caracteres de interesse agrônomo e fisiológico, pois estes procedimentos geram informações úteis para preservação e uso destas espécies (Costa et al., 2015).

Entre as características importantes a serem avaliadas, a qualidade da semente é um dos principais fatores de sucesso de uma cultura agrícola propagada por semente, como a pimenteira (Nascimento et al., 2011). O uso de sementes geneticamente superiores resulta em maior uniformidade de emergência e vigor das plântulas proporcionando maior produtividade final, constituindo, portanto, um fator básico para o sucesso da lavoura. No entanto, estas características têm sido pouco abordadas quantitativamente no gênero *Capsicum*.

O maior conhecimento sobre a variabilidade e as relações genéticas dos caracteres relacionados à germinação visa dar suporte a estratégias de seleção para melhoria da qualidade fisiológica das sementes. Neste

sentido, estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de germinação são importantes e úteis na análise da potencialidade de novas subamostras e de populações de pimentas para fins de melhoramento, como ainda, auxiliam no estabelecimento de estratégias eficazes de seleção.

Atualmente, o grande desafio de programas de melhoramento de *Capsicum* spp. é selecionar cultivares com alta produção, resistentes a estresses bióticos e abióticos, com melhor qualidade nutricional e do fruto (Rêgo et al., 2011b). Dentre os métodos que podem ser utilizados em programas de melhoramento de espécies do gênero temos a hibridação (Nascimento et al., 2012).

Através de cruzamentos interespecíficos pode-se selecionar híbridos com caracteres de interesse que normalmente não são observadas isoladamente em nenhuma das espécies parentais (Eggink et al., 2014). Em pimentas, são poucos os registros de hibridação interespecífica na obtenção de novas cultivares, apesar de algumas espécies apresentarem características de interesse comercial (Nascimento et al., 2012).

De acordo com Costa et al. (2009), um fluxo de genes pode ser mantido entre o gênero *Capsicum*, no entanto, o processo de domesticação aumenta as barreiras genéticas reprodutivas entre as espécies. Normalmente o sucesso das hibridações interespecíficas é dependente de vários fatores (Debbarama et al., 2013), sendo necessário testar a viabilidade de novos cruzamentos a partir de genótipos com caracteres superiores.

As espécies mais utilizadas em hibridações interespecíficas no gênero são *C. chinense* e *C. annuum*. A importância de *C. chinense* no melhoramento de *C. annuum* relaciona-se principalmente com a transferência de genes de resistência a doenças, mas outros caracteres desejáveis podem ser encontrados na espécie, como flores múltiplas, maior número de frutos por planta, uniformidade na maturação, gerando assim potencial para aumento de produtividade (Subramanya, 1983).

Costa et al. (2009) testaram a cruzabilidade de vinte e uma subamostras de pimentas da coleção da Universidade Federal do Amazonas [UFAM], mas novas subamostras, que possuem genes de interesse para coloração e formato do fruto, produtividade, diferentes níveis de pungência e resistência a estresse hídrico, têm

sido incorporadas a coleção. Deste modo, objetivou-se com este trabalho investigar a compatibilidade de diferentes morfotipos de pimenta (*C. chinense*), integradas ao Banco de Germoplasma da UFAM, em cruzamentos interespecíficos com pimentão (*C. annuum*), além de avaliar a variabilidade genética para caracteres de germinação em sementes das subamostras em estudo.

Um total de 30 subamostras de *Capsicum chinense* Jacq., oriundas da coleção de pimenteiras do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia [ICET/ UFAM], foram avaliadas quanto ao potencial germinativo e a compatibilidade em hibridação interespecífica com *Capsicum annuum*. As subamostras em estudo foram prospectadas na região do Médio Amazonas em Manaus, e pertencem a diferentes morfotipos de pimenta (Quadro 1).

## Material e métodos

**Quadro 1** - Características dos morfotipos de pimenteiras em 30 subamostras de *Capsicum chinense* da Coleção de *Capsicum* spp. do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas.

Subamostra	Morfotipo	Características dos frutos
P01	Murupi	Tradicionalmente cultivada na região norte, preferida por seu característico aroma e frutos pungentes. Estes são alongados apresentando superfície rugosa e comprimento que varia de 2,0 a 9,0 cm. Frutos maduros apresentam coloração amarelo-pálido, amarelo-laranja, amarelo-limão, laranja, vermelho e salmão.
P02, P07, P09, P11, P16, P17, P18, P20, P23, P24	Curabiá	Frutos de formato arredondado, campanulado ou triangular, com posição variando de ereto, pendente a intermediário. Quando maduros são amarelo-laranja, laranja-pálido, laranja, vermelho escuro ou vermelho, com 1,0 a 4,0 cm de comprimento por 1,0 a 2,5 cm de largura e peso de até 4g, superfície do fruto variando de liso a semirugoso, são pungentes.
P03	Dedo de Moça	Os frutos alongados de coloração vermelho, pendentes com comprimento de até 8cm e largura de até 2,5 cm e massa de até 8g, parede do fruto variando de 2 a 3cm., apresentam uma leve corrugação na secção transversal e 3 lóculos, superfície do fruto variando de liso e persistência intermediária, pungência média e aroma baixo.
P04, P06, P10, P12, P13, P14, P15, P19, P25, P26, P27, P28 P29, P30.	Pimenta-de-cheiro	Frutos com aroma forte e característico; apresentam uma grande variabilidade tanto no formato, tamanho, cor e na pungência, podendo variar de doce (sem pungência), a suavemente ou muito pungentes. As cores podem variar entre amarelo, amarelo-laranja, salmão, vermelho e vermelho escuro quando maduros. O tamanho varia de 2,0 a 4,0 cm de largura por 4,0 a 7,0 cm de comprimento.
P05, P08, P21	Olho-de-Peixe	Frutos arredondados ou achatados com cerca de 1 a 2,5 cm de diâmetro, coloração amarela ou vermelha muito aromáticos e altamente pungentes.

A avaliação da germinação foi conduzida no Laboratório de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM. Inicialmente, as sementes foram tratadas com o fungicida Thiophanate Methyl (0,5g/500 ml de água) durante três minutos sendo, posteriormente, dispostas em caixa plásticas “gerbox” sobre duas folhas de papel germitest umedecidas com água destilada. O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação tipo BOD em

temperatura média de 28 °C. O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, com oito repetições de 25 sementes, totalizando 200 sementes por subamostra.

A protrusão radicular foi avaliada diariamente durante 14 dias e os caracteres avaliados foram: a) Porcentagem de Germinação (PG) – correspondeu à porcentagem de sementes germinadas até o término do experimento no 14º dia após semeadura. Considerou-se germinadas

as sementes que emitiram raiz primária. Os resultados foram expressos em porcentagem média (Brasil, 2009). b) Primeira contagem de germinação (PCG) – conduzida juntamente com o teste de germinação, correspondeu à porcentagem de sementes germinadas no 7º dia após a semeadura. c) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) – calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação. Dado pela fórmula  $IVG = \sum (n_i \cdot t_i)$ , em que,  $n_i$  é o número de sementes germinadas em cada contagem e  $t_i$  é o número de dias da semeadura a  $i$ -ésima contagem. d) Tempo Médio de germinação (TMG) - obtido por meio de contagens diárias das sementes germinadas até o fim do experimento e calculado através da fórmula  $TMG = \sum (n_i \cdot t_i) / \sum n_i$ , sendo os resultados expressos em dias. e) Peso de Sementes (PS) - foi realizada a contagem de duzentas sementes para todas as subamostras e o peso foi medido por balança analítica de precisão (0,0001g). Para efeito de cálculo, considerou-se o peso de oito amostras de 25 sementes.

A normalidade dos resíduos para os caracteres de germinação foi avaliada pelo teste de Lilliefors, sendo verificada a necessidade de transformação dos dados da primeira contagem de germinação e da porcentagem de germinação segundo a fórmula  $\arcsin \sqrt{x/100}$ , com  $x$  correspondendo à porcentagem de sementes germinadas.

Foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: componente da variância fenotípica, genotípica e ambiental, coeficiente de variação genético, coeficiente de herdabilidade no sentido amplo e a razão entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação ambiental, conforme Cruz et al. (2014). Também foram estimadas as correlações fenotípicas e genotípicas e as médias foram comparadas por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A presença de correlações significativas ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ) foram verificadas pelo teste  $t$  (correlações fenotípicas) e pelo método de *bootstrap* com 5000 simulações (correlações genotípicas), sendo a magnitude das correlações classificada de acordo com Carvalho et al. (2004).

As 30 subamostras de *Capsicum chinense* também foram utilizadas em hibridações interespecíficas com a cultivar comercial de

pimentão (*C. annuum* L.) Cascadura Ikeda, sendo esta última usada como genitor feminino.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação tipo capela no setor de olericultura da UFAM. As sementes foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido com 128 células e quando as mudas atingiram aproximadamente 10 cm de comprimento, estas foram transplantadas para vasos de 14 Kg. O solo utilizado como substrato foi previamente analisado e realizada a adubação com base nas exigências da cultura (Raij, 1997). Durante a condução do experimento foram eliminadas periodicamente as plantas daninhas, realizadas irrigações diárias e controle fitossanitário quando necessário.

Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 30 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos por trinta cruzamentos de *C. chinense* com *C. annuum*. Cada parcela experimental foi composta de três plantas de *C. annuum*, nas quais o tratamento foi aplicado em 30 flores tomadas aleatoriamente, totalizando 90 flores polinizadas por subamostra.

As polinizações foram realizadas no período chuvoso da região, de fevereiro a setembro de 2013. A temperatura máxima e mínima foi de 33 °C e 22 °C, respectivamente, com a umidade relativa do ar média de 88%. A polinização controlada foi realizada em botões florais emasculados antes da deiscência das anteras de acordo com recomendação de George (2009) e adaptações de Costa et al. (2009). A emasculação foi feita no dia anterior ao da polinização, com o auxílio de pinça, no final da tarde, sendo protegidos com sacos de papel para evitar contaminação de pólen indesejável. Pela manhã do dia seguinte, a partir das 10 h, horário em que as flores de pimenta liberam pólen, foi realizada a polinização esfregando as anteras recém-abertas diretamente sobre o estigma das flores polinizadas.

Após a polinização, as flores permaneceram protegidas por um período de três dias. Os cruzamentos foram identificados com etiquetas fixadas no pedúnculo das flores. A queda das estruturas reprodutivas (flores e frutos imaturos) foi acompanhada diariamente. Os dados em porcentagem de frutos vingados em relação ao número de flores polinizadas foram submetidos à teste de agrupamento de médias.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Genes (Cruz, 2013).

O teste F revelou significância, ao nível de 1% de probabilidade para todos os caracteres (Tabela 1), o que indica a presença de variabilidade entre os genótipos avaliados.

## Resultados e discussão

**Tabela 1** - Quadrados médios e parâmetros genéticos para a primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e peso de sementes (PS) de 30 subamostras de *Capsicum chinense* Jacq.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		PCG	PG	IVG	TMG	PS
Genótipo	29	0,4139**	0,6213**	257,3093**	3,1523**	0,0027**
Resíduo	210	0,0489	0,0320	16,3859	0,5851	0,0001
<b>Parâmetros genéticos</b>						
Média <sup>1</sup>		0,4461 (23,55)	0,8484 (55,55)	10,5762	10,6867	0,0677
CV (%) <sup>2</sup>		49,5690	21,0775	38,2740	7,1578	9,7247
Var. Fenotípica		0,0517	0,0777	32,1637	0,3940	0,0003
Var. Ambiental		0,0061	0,0040	2,0482	0,0731	0,0000
Var. Genotípica		0,0456	0,0737	30,1154	0,3209	0,0003
Herdabilidade (%)		88,1864	94,8531	93,6318	81,4383	98,3867
CVg (%) <sup>3</sup>		47,8823	31,9912	51,8876	5,3008	26,8498
CVg/CVe <sup>4</sup>		0,9660	1,5178	1,3557	0,7406	2,7610

\*\*  $p < 0,01$ , pelo teste F. <sup>1</sup>Média dos dados de PCG e PG transformados (arcoseno da raiz de  $x/100$ ) e original em porcentagem; <sup>2</sup>Coefficiente de variação experimental; <sup>3</sup>Coefficiente de variação genético; <sup>4</sup>Razão entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação experimental.

A porcentagem média de sementes germinadas aos sete e quatorze dias após instalação do experimento foi de 23,55 e 55,55%, respectivamente. O tempo médio de germinação foi de 10,68 dias e o peso médio de sementes (25 sementes) foi de 0,0677 g. Os maiores coeficientes de variação experimental foram registrados para PCG (49,57) e IVG (38,27). No entanto, estes altos valores também foram acompanhados de elevado coeficiente de variação genético (CVg), deste modo, os valores da razão CVg/CVe ficaram próximos ou superiores a unidade para todos os caracteres (variou de 0,7406 para TMG à 2,7610 para PS).

Segundo Cruz et al. (2014), esta é uma situação muito favorável para a seleção, uma vez que a adoção exclusiva de métodos simples de melhoramento, como a seleção fenotípica, apresentará ganhos consideráveis, não requerendo necessariamente o emprego de unidades de seleção estruturadas, por exemplo, em famílias. De acordo com os valores obtidos da razão CVg/CVe, o peso das sementes apresenta

as condições mais favoráveis em termos de ganhos genéticos imediatos, enquanto que os ganhos seletivos deverão ser menores para tempo médio de germinação.

Alta herdabilidade foi obtida para todos os caracteres, com os valores no sentido amplo oscilando de 81,44 a 98,39% para tempo médio de germinação e peso de sementes, respectivamente. O coeficiente de herdabilidade ( $H^2$ ), como expressão quantitativa, reflete os valores de herança e do ambiente na expressão de características de interesse. Quanto maior for esse coeficiente, maior será o sucesso da seleção para um dado caractere.

O alto grau de complexidade da maioria dos caracteres, em termos de quantidade de genes e ação gênica, faz com que os mesmos possam estar de certa maneira relacionados (Nascimento et al., 2016). A correlação pode ocorrer quando um gene interfere na expressão de outros. Na Tabela 2 encontram-se os dados referentes às correlações fenotípicas e genotípicas entre os caracteres avaliados.

**Tabela 2** - Correlações fenotípicas (rF) e genotípicas (rG) entre a primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e peso de sementes (PS) de 30 subamostras de *Capsicum chinense* Jacq.

Caracteres	r	PG	IVG	TMG	PS
PCG	F	0,8363**	0,9339**	-0,8375**	0,4912**
	G	0,8950**	0,9560**	-0,8810**	0,5276
PG	F		0,9455**	-0,6567**	0,6043**
	G		0,9705**	-0,7340*	0,6259
IVG	F			-0,7628**	0,5251**
	G			-0,8031**	0,5463
TMG	F				-0,2224
	G				-0,2480

\*\*; \*  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ , respectivamente, pelo teste t (correlações fenotípicas) e pelo método de *bootstrap* com 5000 simulações (correlações genotípicas).

Correlações fenotípicas positivas de forte magnitude foram estimadas entre PCG, PG e IVG, todas com  $r > 0,83$ . Este fato torna o processo seletivo mais simples, haja vista que aumentos em um caráter tendem a ser acompanhados de aumentos em outros e vice-versa (Nascimento et al., 2016). Adicionalmente, correlações fenotípicas negativas foram obtidas para TMG em relação aos demais caracteres, o que provoca uma redução desejável no tempo médio de germinação com a seleção direta nestes últimos. Para o peso de sementes, correlações de média a forte magnitude foram obtidas entre PCG, PG e IVG, ou seja, sementes de maior peso possibilitam maiores índices de velocidade e porcentagem de germinação.

Com relação aos coeficientes de correlação genotípica, o comportamento foi similar aos de correlação fenotípica, ou seja, a seleção direta em qualquer dos caracteres avaliados permitirá ganhos genéticos simultâneos no sentido desejado para os demais (Cruz et al., 2014). Todavia, a magnitude destes ganhos dependerá da herdabilidade dos caracteres em análise. Neste caso, não há necessidade de adoção de nenhuma restrição aos procedimentos de seleção a serem aplicados, facilitando a obtenção de materiais vegetais superiores para serem

lançados como cultivares com características favoráveis de qualidade de sementes.

Os resultados médios de germinação e peso de sementes encontram-se na Tabela 3. Para a primeira contagem de germinação, que ocorreu no sétimo dia após montagem do experimento, todas as trinta subamostras avaliadas apresentaram germinação, sendo P26, P30, P13, P14, P09 e P01 identificadas como estatisticamente superiores. Vale ressaltar que as quatro primeiras pertencem ao morfotipo pimenta de cheiro, ocorrendo esta superioridade também para porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação.

Considerando somente as subamostras superiores em PCG, a porcentagem de sementes germinadas variou de 49 a 55%, com as demais alcançando valores que variaram de 1 a 38% de germinação. Para a porcentagem de germinação, obtida aos 14 dias após início do experimento, a amplitude de variação foi de 5% (P21) a 95% (P26), com as subamostras de valores extremos sendo obtidas a partir do morfotipo pimenta de cheiro. Souza (1987), analisando a germinação de genótipos e híbridos entre *C. chinense* e *C. annuum*, relatou variação de germinação de 73% a 97% nas subamostras e de 2 a 96% nos híbridos.

Para o índice de velocidade de germinação, os resultados foram muito semelhantes aos já discutidos para PCG e PG, tendo destaque as subamostras P26, P13 e P30. Sementes que germinam mais rapidamente em condições favoráveis geralmente produzem

mudas vigorosas (Ginwal & Gera, 2000). Assim, se for objetivada a produção de mudas, o IVG é interessante para ser utilizado como critério de seleção, desde que apresente alta herdabilidade, como a verificada neste estudo.

**Tabela 3** - Teste de agrupamento de médias Skott-Knott ( $\alpha=5\%$ ) para primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e peso de sementes (PS) avaliados em 30 subamostras de *Capsicum chinense* Jacq.

Sub. <sup>1</sup>	PCG <sup>2</sup>	Sub.	PG <sup>2</sup>	Sub.	IVG	Sub.	TMG	Sub.	PS
P26	0,8375 a <sup>3</sup>	P26	1,3828 a	P26	21,9931 a	P14	9,8602 c	P30	0,1121 a
P30	0,8245 a	P30	1,2377 a	P13	19,6904 a	P01	9,8745 c	P29	0,0913 b
P13	0,8221 a	P13	1,2181 a	P30	19,3613 a	P13	10,0521 c	P13	0,0903 b
P14	0,7597 a	P09	1,2083 a	P01	17,9805 a	P26	10,0764 c	P28	0,0894 b
P09	0,7596 a	P04	1,0783 b	P04	16,8351 a	P03	10,1882 c	P27	0,0855 c
P01	0,7498 a	P28	1,0675 b	P09	16,7929 a	P09	10,1940 c	P04	0,0848 c
P04	0,6536 b	P14	1,0510 b	P14	16,7485 a	P30	10,2376 c	P06	0,0845 c
P27	0,6148 b	P01	1,0494 b	P02	14,0980 b	P04	10,2714 c	P18	0,0818 c
P07	0,5813 b	P02	1,0447 b	P07	13,5687 b	P22	10,2916 c	P14	0,0809 c
P06	0,5490 b	P27	1,0287 b	P27	13,5365 b	P19	10,3133 c	P26	0,0740 d
P03	0,5368 b	P06	0,9800 b	P06	13,4480 b	P17	10,3288 c	P12	0,0734 d
P24	0,4708 c	P07	0,9635 b	P03	11,8197 b	P02	10,3317 c	P24	0,0713 d
P19	0,4545 c	P29	0,9229 c	P24	11,0502 c	P07	10,3841 c	P10	0,0709 d
P12	0,4482 c	P24	0,9226 c	P28	11,0351 c	P06	10,4407 c	P19	0,0693 d
P15	0,4138 c	P12	0,8827 c	P12	10,1275 c	P27	10,4480 c	P11	0,0685 d
P18	0,3743 c	P05	0,8715 c	P20	9,8767 c	P24	10,5433 c	P23	0,0661 e
P05	0,3712 c	P15	0,8513 c	P05	9,3258 c	P20	10,6213 c	P01	0,0644 e
P17	0,3371 c	P03	0,8365 c	P15	9,2372 c	P12	10,6279 c	P16	0,0641 e
P22	0,3366 c	P20	0,8109 c	P19	8,1722 c	P15	10,6943 c	P05	0,0633 e
P02	0,3349 c	P16	0,7652 d	P29	8,0613 c	P11	10,7040 c	P09	0,0624 e
P11	0,3111 c	P19	0,6823 d	P18	7,5767 c	P18	10,8317 c	P20	0,0609 e
P20	0,2855 d	P10	0,6649 d	P08	5,8887 d	P05	10,8464 c	P15	0,0563 f
P28	0,2833 d	P18	0,6469 d	P11	5,3707 d	P23	10,9124 c	P21	0,0556 f
P29	0,2600 d	P23	0,5943 d	P16	5,2316 d	P28	11,0716 b	P03	0,0535 f
P23	0,2535 d	P11	0,5937 d	P17	4,8984 d	P08	11,2958 b	P07	0,0530 f
P10	0,2436 d	P08	0,5592 d	P22	4,7982 d	P16	11,5086 b	P02	0,0529 f
P08	0,2380 d	P22	0,5150 d	P10	4,7937 d	P10	11,5733 b	P22	0,0445 g
P16	0,1914 d	P17	0,5050 d	P23	4,2791 d	P29	11,6876 b	P25	0,0414 h
P21	0,0503 d	P25	0,3055 e	P25	1,1594 e	P25	12,0903 a	P17	0,0401 h
P25	0,0358 d	P21	0,2120 e	P21	0,5319 e	P21	12,3011 a	P08	0,0248 i

<sup>1</sup>Subamostras. <sup>2</sup>Dados de porcentagem transformados (arcoseno da raiz de  $x/100$ ) de PCG e PG. <sup>3</sup>Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As subamostras que apresentaram períodos médios de germinação entre 9,86 a 10,91 foram estatisticamente superiores, todavia, apenas duas subamostras apresentaram tempo médio de germinação inferiores há 10 dias, P14 (9,86 dias) e P01 (9,87 dias), chegando ao período máximo de 12,30 dias (P21) para germinarem. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Pereira et al. (2008) a partir do teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta de cheiro, estes autores obtiveram valores de 10,41 a 10,85 dias. Mengarda e Lopes (2012) observaram variações de 7,69 a 11,15 dias de tempo germinação em *C. frutescens*. Fialho et al. (2010), avaliando a germinação em *C. annuum*, apresentaram valores de tempo de germinação entre 5,0 a 14,1 dias a temperatura de 15 °C e entre 3,1 a 8,7 dias para 25 °C.

O peso de sementes possibilitou a maior discriminação entre as subamostras, sendo aquele em que se obteve o maior número de grupos significativamente diferentes. As maiores médias foram observadas na subamostra P30 (0,1121g) e a menor foi na P08 (0,0248g). Vale ressaltar que o peso apresentado é de uma amostra média de 25 sementes, então o peso médio de 1000 sementes seria de 4,48g e 0,99g, para P30 e P08, respectivamente. Uma menor amplitude de variação do peso de sementes foi relatada por Mengarda e Lopes (2012), onde os autores encontraram uma variação de 1,97 a 3,12g em genótipos de *C. frutescens*.

Visando obter informações sobre a compatibilidade em hibridações interespecíficas, as trinta subamostras de *C. chinense* foram cruzadas com *C. annuum*. Não houve restrições à obtenção de híbridos a partir do cruzamento das subamostras de *C. chinense* com *C. annuum*, indicando que entre os diferentes morfotipos utilizados nas hibridações nenhum apresentou barreira reprodutiva que impeça a obtenção de

frutos e sementes (Tabela 4).

O valor médio de vingamento de frutos foi de 21,45%, variando entre 5,9% (P04 x CA) a 42,2% (P23 x CA), em hibridações a partir dos morfotipos pimenta de cheiro e curabiá, respectivamente. Os resultados apresentados ficaram próximos aos encontrados por Costa et al. (2009) em cruzamentos entre mesmas espécies. Os autores obtiveram valores médios de vingamento de frutos de 22,64%, variando de 8,88 a 40,0%. No entanto, nossos resultados foram inferiores aos apresentados por Ribeiro e Melo (2005), que obtiveram taxa de pegamento de 73,5% a 100%, utilizando *C. chinense* como genitor feminino e de 87,5% a 91,5% nos cruzamentos recíprocos.

A taxa de pegamento dos frutos é influenciada por uma série de eventos relacionados a germinação do pólen, crescimento do tubo polínico e desenvolvimento do embrião e do endosperma (Debbarama et al., 2013). Assim, os resultados observados são provavelmente devidos as diferenças genéticas entre as subamostras e os procedimentos de polinização utilizados nas hibridações (Costa et al., 2009). Apesar do cruzamento P23 x CA (Curabiá x *C. annuum*) ter proporcionado a maior taxa de cruzamento, não foi possível identificar um morfotipo em particular que pudesse ser indicado como superior em hibridações interespecíficas com *C. annuum*. As quatro maiores porcentagens de frutos vingados foram obtidas para quatro diferentes morfotipos de *C. chinense*, não sendo encontrada nenhuma correlação entre o morfotipo utilizado como genitor masculino com a taxa de vingamento dos frutos. No entanto, devido a presença de flores de maior tamanho, assim como boa resistência no manuseio, o morfotipo pimenta de cheiro, em geral, apresentou uma maior facilidade na realização dos cruzamentos.

**Tabela 4** - Porcentagem média de vingamento de frutos obtida a partir de 30 cruzamentos entre *Capsicum chinense* e *Capsicum annuum* (CA, genitor feminino).

Híbrido	Morfotipo do genitor masculino	Frutos vingados (%)
P23 x CA	Curabiá	42,2 a <sup>1</sup>
P28 x CA	Pimenta-de-cheiro	33,8 b
P08 x CA	Olho-de-Peixe	32,5 b
P03 x CA	Dedo de Moça	32,4 b
P06 x CA	Pimenta-de-cheiro	31,1 b
P11 x CA	Curabiá	30,9 b
P29 x CA	Pimenta-de-cheiro	28,0 c
P05 x CA	Olho-de-Peixe	27,7 c
P01 x CA	Murupi	25,5 c
P26 x CA	Pimenta-de-cheiro	24,3 c
P13 x CA	Pimenta-de-cheiro	23,9 c
P27 x CA	Pimenta-de-cheiro	23,6 c
P30 x CA	Pimenta-de-cheiro	23,5 c
P19 x CA	Pimenta-de-cheiro	22,9 c
P14 x CA	Pimenta-de-cheiro	21,7 d
P22 x CA	Olho-de-Peixe	20,7 d
P09 x CA	Curabiá	18,8 d
P21 x CA	Olho-de-Peixe	18,8 d
P20 x CA	Curabiá	18,4 d
P07 x CA	Curabiá	16,7 d
P17 x CA	Curabiá	16,4 d
P02 x CA	Curabiá	15,4 d
P10 x CA	Pimenta-de-cheiro	15,4 d
P25 x CA	Pimenta-de-cheiro	14,8 d
P12 x CA	Pimenta-de-cheiro	14,7 d
P16 x CA	Curabiá	11,6 e
P24 x CA	Curabiá	11,6 e
P18 x CA	Curabiá	11,3 e
P15 x CA	Pimenta-de-cheiro	8,8 e
P04 x CA	Pimenta-de-cheiro	5,9 e

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### Conclusões

Os resultados apresentados confirmam alta variabilidade genética para os caracteres de germinação, com possibilidade de seleção de subamostras superiores para produção de mudas da espécie.

Altos valores de herdabilidade foram estimados para todos os caracteres,

possibilitando ganhos genéticos consideráveis a partir da seleção fenotípica.

Correlações fenotípicas e genotípicas de média a forte magnitude foram estimadas, indicando que a seleção direta em qualquer dos caracteres avaliados permitirá obter ganhos indiretos no sentido favorável a seleção nos demais.

Não existem restrições à obtenção de

híbridos a partir do cruzamento das subamostras de *C. chinense* com *C. annuum*. Embora os resultados variem de acordo com as subamostras utilizadas, não foi encontrada nenhuma correlação entre o morfotipo utilizado como genitor masculino com a taxa de vigamento dos frutos.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES] pelo apoio financeiro na realização deste trabalho.

### Referências

- Bosland, P. W. (1992). Chiles: a diverse crop. *HortTechnology*, 2 (1), 7-10.
- Brasil. (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes* (399 p). Brasília: MAPA/ACS.
- Carvalho, F. I. F., Lorencetti, C., & Benin, G. (2004). *Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal* (142 p). Pelotas: Editora Universitária da UFPel.
- Costa, L. V., Lopes, R., Lopes, M. T. G., Figueiredo, A. F. F., Barros, W. S., & Alves, S. R. M. (2009). Cross compatibility of domesticated hot pepper and cultivated sweet pepper. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 9 (1), 37-44.
- Costa, L. V., Bentes, J. L. S., Lopes, M. T. G., Alves, S. R. M., & Viana Jr., J. M. (2015). Caracterização morfológica de acessos de pimentas do Amazonas. *Horticultura Brasileira*, 33 (3), 290-298.
- Cruz, C. D. (2013). Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, 35 (3), 271-276.
- Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S., & Regazzi, A. J. (2014). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*- (v 2, 3 ed., 668 p). Viçosa: Editora UFV.
- Debbarama, C, Khanna, V. K., Tyagi, W., Rai, M., & Meetei, N. T. (2013). Wide hybridization and embryo-rescue for crop improvement in *Capsicum*. *Agrotechnology*, 11 (3), 1-6.
- 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. (2014). Capturing flavors from *Capsicum baccatum* by introgression in sweet pepper. *Theoretical and applied genetics*, 127 (2), 373-390.
- Fialho, G. S., Silva, C. A., Dias, D. C. F. S., Alvarenga, E. M., & Barros, W. S. (2010). Osmocondicionamento em sementes de pimenta 'amarela comprida' (*Capsicum annuum* L.) submetidas à deterioração controlada. *Ciência e Agrotecnologia*, 34 (3), 646-652.
- George, R. A. T. (2009). *Vegetable seed production*. (3 ed., 320p). Wallingford: CABI Publishing.
- Ginwal, H. S., & Gera, M. (2000). Genetic variation in seed germination and growth performance of 12 *Acacia nilotica* provenances in India. *Journal of Tropical Forest Science*, 12 (2), 286-97.
- Mengarda, L. H. G., & Lopes, J. C. (2012). Qualidade de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pimenta malagueta e sua relação com a posição de coleta de frutos. *Revista brasileira de sementes*, 34 (4), 644-650.
- Moreira, G. R. M., Caliman, F. R. B., Silva, D. J. H., & Ribeiro, C. S. C. (2006). Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário*, 27 (235), 16-29.
- Nascimento, M. F., Rêgo, E. R., Rêgo, M. M., Nascimento, N. F. F., & Araújo, E. R. (2011). Vigor e germinação de sementes híbridas de pimentas ornamentais. *Ornamental Horticulture*, 17 (1), 51-56.
- Nascimento, N. F. F., Rêgo, E. R., Rêgo, M. M., Nascimento, M. F., & Alves, L. Í. F. (2012). Compatibilidade em cruzamentos intra e interespecíficos em pimentas ornamentais. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 18 (1), 57-61.
- Nascimento Jr., L. G. L., Lopes, M. T. G., Valente, M. S. F., Martins, C. C., Colares, C. R.

B., & Lima Jr., M. J. V. (2016). Estimativa de parâmetros genéticos em sementes de caroba. *Revista de Ciências Agrárias*, 59 (4), 311-319.

Pereira, B. W. F., Santos, P. C. M., Silva, D. E. M., França, S. K. S., Silva, D. B., Luz, L. M., Monteiro, T. M. A., & Freitas, J. M. N. (2008). Comportamento germinativo de sementes de pimenta de cheiro com o uso do teste de envelhecimento acelerado. *Horticultura Brasileira*, 26 (2), S2014-S2018.

Raij, V. B., Cantarella, H., Quagio, J. A., & Furlani, A. M. C. (1997). *Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo* (285p). Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC.

Rêgo, E. R., Rêgo, M. M., Cruz, C. D., Finger, F. L., & Casali, V. W. D. (2011a). Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58 (6), 909-918.

Rêgo, E. R., Finger, F., & Rêgo, M. M. (2011b). *Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (Capsicum spp.)* (223 p.). Recife: Editora Imprima.

Ribeiro, C. S. C., & Melo, R. A. C. (2005). Hibridação interespecífica entre *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense* visando resistência à *Phytophthora capsici*. *Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura*, Fortaleza, CE, 45. Recuperado em 10 junho, 2018, de [http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/45\\_0379.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/45_0379.pdf)

Souza, V. A. B. (1987). *Viabilidade no cruzamento entre Capsicum annuum e Capsicum chinense* Jacq. (100f). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

Subramanya, R. (1983). Transfer of genes for multiple flowers from *C. chinense* to *C. annuum*. *Hortscience*, 18 (5), 747-49.

Recebido em: 24/04/2018

Aceito em: 22/02/2019