Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Melhoramento genético de pimenta do tipo Jalapeño (*Capsicum annuum* L.)

Bruna Fernanda Longatti

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2019

Bruna Fernanda Longatti
Bacharela em Engenharia Agrônômica

Melhoramento genético de pimenta do tipo Jalapeño (*Capsicum annuum* L.)

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO CÉSAR TAVARES DE MELO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Longatti, Bruna Fernanda

Melhoramento genético de pimenta do tipo Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) / Bruna Fernanda Longatti. - - Piracicaba, 2019.

130 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Linhagem 2. Híbrido 3. Caracteres de produção 4. Caracteres biométricos 5. Caracteres qualitativos I. Título

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus e aos meus pais, pela vida e oportunidades;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), pela oportunidade de realizar o curso de mestrado e doutorado contribuindo para minha formação acadêmica e profissional;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela bolsa de estudos concedida para a realização do doutorado e financiamento do trabalho;

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, que, direta ou indiretamente, contribuíram com a execução do trabalho e principalmente, com minha formação acadêmica;

Ao meu orientador, Professor Paulo César Tavares de Melo, por compartilhar sua orientação, dedicação, paciência, confiança e amizade;

Ao Professor Fernando Angelo Piotto por sua contribuição. Por me ensinar, persistir e perseverar;

À Professora Arlete Marchi Tavares de Melo por seus sábios e experientes conselhos e correções;

Aos colegas e funcionários do Departamento de Genética, em especial, ao querido José Carmezini de Paula, por sua amizade sincera, por ser meu braço direito nos trabalhos árduos de campo e laboratório, mas sobretudo por me incentivar, encorajar e acreditar;

À empresa Agristar do Brasil pela concessão das sementes de cultivar e híbrido de importante expressão no setor hortícola. E ao viveiro IBS Mudas, por abrir uma exceção e aceitar desenvolver as mudas para o experimento;

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento e execução deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Fazei tudo o que Ele vos disser.”

(Jo 2:5)

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
REFERÊNCIAS.....	15
2. OBJETIVO	19
2.1. OBJETIVO GERAL	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1. ORIGEM, DISPERSÃO E CENTROS DE DIVERSIDADE DO GÊNERO <i>CAPSICUM</i>	21
3.2. MERCADOS MUNDIAL E NACIONAL DE <i>CAPSICUM</i> SPP.	23
3.3. CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E MORFOLÓGICA DE PIMENTAS <i>CAPSICUM</i> SPP.	25
3.4. ESPÉCIES DOMESTICADAS DE PIMENTAS <i>CAPSICUM</i> SPP.	27
3.5. PUNGÊNCIA.....	30
3.6. IMPORTÂNCIA SOCIAL E USOS DA PIMENTA	32
3.7. MELHORAMENTO GENÉTICO DE <i>CAPSICUM</i> SPP.	34
REFERÊNCIAS	36
4. CARACTERIZAÇÃO MORFO-AGRONÔMICA DE LINHAGENS DE PIMENTA DO TIPO JALAPEÑO (<i>Capsicum annuum</i> L.)	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT	45
4.1. INTRODUÇÃO	46
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	48
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.4. CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS	69
5. DESEMPENHO AGRONÔMICO E HETEROSE EM HÍBRIDOS DE PIMENTA DO TIPO JALAPEÑO (<i>Capsicum annuum</i> L.)	75
RESUMO.....	75
ABSTRACT	75
5.1. INTRODUÇÃO	76
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	78
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	98
5.4. CONCLUSÃO	125
REFERÊNCIAS	125

RESUMO

Melhoramento genético de pimenta do tipo Jalapeño (*Capsicum annuum* L.)

A pimenta (*Capsicum* spp.) destaca-se como cultura de notável importância mundial, em virtude, principalmente, de sua versatilidade culinária, industrial, ornamental e também por suas propriedades medicinais. No Brasil, a exploração de pimentas desse gênero ainda é incipiente e poucos são os trabalhos de melhoramento genético. Assim, o presente trabalho teve como objetivo identificar, com base em descritores quantitativos e qualitativos, linhagens com potencial para uso em programas de melhoramento de genético de pimenta do tipo Jalapeño, bem como desenvolver híbridos promissores para o mercado dessa pimenta *in natura* e processada. Para isso, o trabalho foi dividido em dois capítulos. Capítulo 1: Caracterização morfo-agronômica de linhagens de pimenta do tipo Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) e Capítulo 2: Desempenho agronômico e heterose em híbridos de pimenta do tipo Jalapeño (*Capsicum annuum* L.).

Palavras-chave: Linhagem, Híbrido, Caracteres de produção, Caracteres biométricos, Caracteres qualitativos

ABSTRACT

Jalapeño pepper breeding (*Capsicum annuum* L.)

The pepper (*Capsicum* spp.) stands out as one of the most important crops worldwide due to its culinary, industrial, ornamental versatility and, also, for its medicinal properties. In Brazil, *Capsicum* pepper development is still too incipient and there are few genetic improvement research. Thus, the present work aimed to identify, based on quantitative and qualitative descriptors, potential lines for use in Jalapeño pepper breeding programs, as well as to develop outstanding hybrids for fresh and processed pepper market. For this, the thesis was divided into two chapters. Chapter 1: Morpho-agronomic characterization of Jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) lines and Chapter 2: Agronomic performance and heterosis in Jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) hybrids.

Keywords: Pepper line, Hybrid, Yield traits, Biometric traits, Quality traits

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Totais de precipitação mensal, em milímetros, registrados pelo Posto Meteorológico de Piracicaba em 2017 e 2018, durante o período de condução dos Experimentos 1 e 2. ESALQ, 2019.	50
Figura 2. Campo experimental de avaliação de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.), mostrando as mudas recém transplantadas. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	52
Figura 3. Croqui da área experimental de avaliação agrônômica de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	53
Figura 4. Avaliação agrônômica pós colheita de frutos de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.): pesagem individual da massa (esquerda), medição do comprimento do fruto (centro) e avaliação colorimétrica da epiderme (direita). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	54
Figura 5. Variação do número de lóculos (esquerda) e espessura do pericarpo (direita) em frutos de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	55
Figura 6. Da esquerda para a direita, progressão da intensidade de <i>cracking</i> (rachadura) em frutos de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	55
Figura 7. Descritor utilizado para a avaliação do formato do fruto de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). (1) campanulado, (2) arredondado, (3) alongado, (4) triangular e (5) cônico (IPGRI, 1995).	56
Figura 8. Etapas da determinação do conteúdo de capsaicinoides em frutos de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	57
Figura 9. Exemplos dos genótipos experimentais de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.) e das testemunhas (Tabela 1), colhidos aos 100 DAT. Experimento 2. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	61
Figura 10. Variações mensais das temperaturas máxima (T máx), média (T méd) e mínima (T mín), em ° C, registrados pelo Posto Meteorológico de Piracicaba, para os meses entre maio e dezembro de 2017, durante o período de condução do experimento. Piracicaba, ESALQ, 2019.	81
Figura 11. Vista interna de estufa agrícola mostrando as mudas transplantadas de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.) utilizados como genitores para a produção de híbridos F1. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	82
Figura 12. Esquema do dialelo incompleto sem recíprocos utilizado na hibridação artificial para obtenção de geração F1 de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ, 2019.	83
Figura 13. Processo de hibridação entre genótipos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). A) Botão floral feminino entumescido antes da antese; B) Flor aberta com grãos de pólen secos; C) Coleta dos grãos de pólen do genitor masculino; D) Início da emasculação do botão floral feminino com retirada da corola; E) Emasculação finalizada com retirada da corola e do cone de anteras; F) Hibridação finalizada com a flor feminina polinizada e identificada. Piracicaba, ESALQ, 2019.	84
Figura 14. Totais de precipitação mensal, em milímetros, registrados pelo Posto Meteorológico de Piracicaba, para os meses entre dezembro de 2017 e junho de 2018, durante o período de condução do experimento. ESALQ, 2019.	88
Figura 15. Campo experimental de avaliação de híbridos experimentais F1 de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.) mostrando as mudas recém transplantadas. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	90
Figura 16. Croqui da área experimental de avaliação de híbridos experimentais F1 de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	91
Figura 17. Avaliação agrônômica pós colheita de frutos de híbridos experimentais F1 de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.): pesagem individual da massa (esquerda) e medição do comprimento do fruto (direita). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	93
Figura 18. Variação do número de lóculos (esquerda) e espessura do pericarpo (direita) em frutos de híbridos experimentais de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	93
Figura 19. Da esquerda para a direita, progressão da intensidade de <i>cracking</i> (rachadura) em frutos de híbridos experimentais F1 de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	94

Figura 20. Descritor utilizado para a avaliação do formato do fruto de híbridos experimentais F1 de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). (1) campanulado, (2) arredondado, (3) alongado, (4) triangular e (5) cônico (IPGRI, 1995).	94
Figura 21. Determinação da firmeza do fruto de híbridos experimentais F1 de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	95
Figura 22. Etapas da determinação do conteúdo de capsaicinoides em frutos híbridos F1 de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	96
Figura 23. Frutos de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.) com sintomas típicos de danos causados por: a) tripes (<i>Thrips</i> spp. e <i>Frankliniella</i> spp.) e b) <i>Tospovirus</i>	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação dos genótipos experimentais de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.) e das testemunhas utilizadas para condução dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.....	48
Tabela 2. Valores médios mensais de insolação (IN), precipitação (PR), umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (T MÁX), temperatura mínima (T MIN), temperatura média (T MÉD) e evaporação (EV). Dados registrados no período dos Experimentos 1 e 2, para os anos 2017 e 2018, pelo Posto Meteorológico de Piracicaba. ESALQ, 2019.....	50
Tabela 3. Análise química do solo da área experimental, localizada no Departamento de Genética. Piracicaba, ESALQ, 2019.....	51
Tabela 4. Resumo da análise de variância para os caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT), dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.....	58
Tabela 5. Valores médios dos genótipos para os caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), em gramas; número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT), em t ha ⁻¹ , dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.....	59
Tabela 6. Resumo da análise de variância para os caracteres biométricos massa do fruto (MF), comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, relação comprimento/diâmetro (CD), número de lóculos (NL), espessura do pericarpo (EP), superfície (SF) e formato (FF) do fruto, dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.	61
Tabela 7. Valores médios dos genótipos para os caracteres biométricos massa do fruto (MF), em gramas; comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, em centímetros; relação comprimento/diâmetro (CD); número de lóculos (NL); espessura do pericarpo (EP), em milímetros; superfície (SF) e formato (FF) do fruto, dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.....	62
Tabela 8. Resumo da análise de variância para os caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS), coloração da epiderme do fruto verde (HV e CrV) e maduro (HM e CrM) e conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM), dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.....	65
Tabela 9. Valores médios dos genótipos para os caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS), em °Brix; coloração da epiderme do fruto verde (HV e CrV) e maduro (HM e CrM), em °Hue e Croma e conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM), em mg capsaicinoides g planta ⁻¹ , dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.....	66
Tabela 10. Relação dos genótipos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.) e da cultivar comercial utilizados como genitores para a obtenção dos híbridos experimentais. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.	79
Tabela 11. Valores médios mensais de insolação (IN), umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (T MÁX), temperatura mínima (T MIN), temperatura média (T MÉD) e evaporação (EV). Dados registrados no período do experimento, para os meses entre maio e dezembro de 2017, pelo Posto Meteorológico de Piracicaba. ESALQ, 2019.....	80
Tabela 12. Relação de híbridos F1, genitores e testemunha comercial utilizados para estudo da heterose de acessos de pimenta Jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.). Piracicaba, ESALQ, 2019.....	86
Tabela 13. Valores médios mensais de insolação (IN), precipitação (PR), umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (T MÁX), temperatura mínima (T MIN), temperatura média (T MÉD) e evaporação (EV). Dados registrados no período do experimento, para os meses entre dezembro de 2017 e junho de 2018, pelo Posto Meteorológico de Piracicaba. ESALQ, 2019.....	88
Tabela 14. Análise química do solo da área experimental, localizada no Departamento de Genética. Piracicaba, ESALQ, 2019.....	89
Tabela 15. Resumo da análise de variância para os caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT). Piracicaba, ESALQ, 2019.	98
Tabela 16. Valores médios dos caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), em gramas; número de frutos por planta (NFP); produtividade total (PT), em t ha ⁻¹ . Piracicaba, ESALQ, 2019.....	99

Tabela 17. Resumo da análise de variância para os caracteres biométricos massa do fruto (MF), comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, superfície do fruto (SF), formato do fruto (FF), número de lóculos (NL) e espessura do pericarpo (EP). Piracicaba, ESALQ, 2019.	100
Tabela 18. Valores médios dos caracteres biométricos massa do fruto (MF), em gramas; comprimento (CF) e diâmetro (DF) de fruto, em centímetros. Piracicaba, ESALQ, 2019.	102
Tabela 19. Valores médios dos caracteres biométricos superfície de fruto (SF), formato do fruto (FF), número de lóculos (NL) e espessura do pericarpo (EP), em milímetros. Piracicaba, ESALQ, 2019.	104
Tabela 20. Resumo da análise de variância para os caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS), firmeza do fruto (FI), coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM) e conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM). Piracicaba, ESALQ, 2019.	106
Tabela 21. Valores médios para os caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS), em graus Brix (°Brix); firmeza do fruto (FI), em Newton; coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM), em °Hue. Piracicaba, ESALQ, 2019.	108
Tabela 22. Valores médios para o caráter qualitativo conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM), em mg capsaicinoides/g pimenta e <i>Scoville Heat Units</i> (SHU). Piracicaba, ESALQ, 2019.	110
Tabela 23. Médias dos caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.	112
Tabela 24. Médias dos caracteres biométricos massa do fruto (MF) comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.	116
Tabela 25. Médias dos caracteres biométricos superfície (SF) e formato (FF) do fruto, número de lóculos (NL) e espessura do pericarpo (EP) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.	118
Tabela 26. Médias dos caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS) e firmeza do fruto (FI) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.	120
Tabela 27. Médias do caráter qualitativo coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.	121
Tabela 28. Médias do caráter qualitativo conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.	123
Tabela 29. Classificação final dos híbridos de acordo com o índice de Mulamba & Mock (1978) para os caracteres massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP), produtividade total (PT), massa do fruto (MF), comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, espessura do pericarpo (EP), coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM) e conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM). Piracicaba, ESALQ, 2019.	124

1. INTRODUÇÃO

A pimenta (*Capsicum* spp.) destaca-se como cultura de notável importância mundial, de rápida dispersão para várias regiões do globo em virtude, principalmente, de sua versatilidade culinária, industrial, ornamental e também por suas propriedades medicinais, sendo considerada a principal especiaria originária do continente americano (Maistre, 1964).

A produção mundial de *Capsicum* spp., em 2017, englobando pimenta e pimentão, foi de 36,09 milhões de toneladas em área colhida de 1,98 milhão de hectares, apresentando incremento de produção de 8,68 milhões de toneladas, quando comparada ao decênio passado (FAOSTAT, 2019). Os maiores produtores mundiais, no ano referido, foram China, México, Turquia, Indonésia e Espanha, que juntos cultivaram 27,33 milhões de toneladas. As maiores produtividades, no entanto, foram obtidas pela Espanha e Estados Unidos da América, com 62,3 e 36,9 t ha⁻¹, respectivamente, enquanto que a média mundial foi de 18,2 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019) evidenciando a disparidade entre os países produtores quanto a insumos e tecnologias empregados, notadamente, destacando-se a produção em cultivo em ambiente protegido.

Em relação ao comércio internacional de pimenta e pimentão, em 2015, as exportações globais dessas hortaliças atingiram 3,05 milhões de toneladas, no valor de US\$ 4,2 bilhões (Sergeeva, 2018). Por sua vez, as importações totalizaram 3,07 milhões de toneladas, totalizando US\$ 4,7 bilhões, ainda em 2015 (Avramenko, 2018).

Quanto ao consumo mundial, em 2015, foram consumidas 32,85 milhões de toneladas, aumentando mais de 1,5% em relação ao ano anterior. Com quase 16,30 milhões de toneladas, a China se tornou o principal país consumidor dessas hortícolas do mundo, correspondendo a 50% do consumo global (Avramenko, 2018), além de ser, também, o maior produtor mundial (FAOSTAT, 2019).

No que tange aos níveis de consumo *per capita* de pimenta e pimentão, esses indicam que os maiores consumidores foram Turquia (26,79 kg ano⁻¹), seguida por México (15,49 kg ano⁻¹), China (11,58 kg ano⁻¹), Indonésia (7,65 kg ano⁻¹) e Estados Unidos da América (2,79 kg ano⁻¹), sendo que o consumo médio foi estimado em 3,48 kg ano⁻¹ em 2015 (Avramenko, 2018).

O Brasil é um importante centro de diversidade do gênero *Capsicum*, pois em seu território encontram-se espécies domesticadas, semidomesticadas e silvestres, resultando em cultivos de pimentas de vários tipos, tamanhos, cores, sabores e pungência. Dentre as espécies do gênero *Capsicum* domesticadas e largamente cultivadas em território nacional são: *C.*

annuum L.; *C. baccatum* (Willd.) Eshbaugh; *C. chinense* Jacq.; e *C. frutescens* L. (Ribeiro et al., 2008). *C. pubescens* R&P, a quinta espécie domesticada, tem cultivo insignificante no Brasil, no entanto é importante em países sulamericanos, como Bolívia e Peru.

No Brasil, a produção de pimenta vem mostrando expressivo crescimento nos últimos anos, especialmente no Sudeste e Centro-Oeste que se destacam como as regiões produtoras mais relevantes do país (Pinto et al., 2016). A produção anual dessa hortaliça, embora não se encontrem dados oficiais e atuais, compreende cerca de 75 mil toneladas cultivadas em 5 mil hectares (Pinheiro et al., 2012). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul. É preciso destacar, no entanto, a existência de cultivos em áreas pequenas espalhados por todo território brasileiro (Esteves, 2011), cuja produção não faz parte da escassa informação estatística disponível devido ao modo informal de comercialização. A produtividade de pimenta é muito variável, principalmente em função da espécie cultivada, nível de tecnologia adotado, região e período de cultivo (Pinheiro et al., 2012).

O agronegócio nacional de pimenta, além de possuir grande importância para o país, é promissor devido à abertura de novos nichos de mercado, principalmente para produtos de alto valor agregado, desde os artesanais oriundos da agricultura familiar até os processados gerados por agroindústrias de pequeno, médio e grande porte. A crescente demanda por essa hortaliça tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento dessas agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas, antes considerado secundário, um grande segmento de hortaliças no Brasil (Ribeiro et al., 2008).

Além do mercado interno para o consumo *in natura*, outro segmento valorizado e com grande potencial para exportação é o das pimentas processadas ou industrializadas, com diferentes graus de pungência ou ardume (teor de capsaicina) fazendo com que grande parte da produção brasileira seja exportada para a fabricação de produtos alimentícios, farmacêuticos, cosméticos e ornamentais (Casali & Couto, 1984; Ribeiro et al., 2008).

A pungência é uma característica de qualidade para pimentas frescas e também para produtos processados, sendo o conteúdo de capsaicina um dos requisitos majoritários para determinar a qualidade comercial dos frutos (Nwokem et al., 2010). A importância da capsaicina, que é um metabólito secundário do grupo químico dos alcaloides, se deve a diversos fatores, mas principalmente, ao fato de ser a principal responsável pela sensação de ardor (Faria et al., 2013) e por ser o princípio ativo que representa as propriedades farmacêuticas das pimentas e, portanto, responsável pelos inúmeros benefícios acarretados para a saúde humana (Sanatombi & Sharma, 2008). Ademais, os frutos também apresentam

alto valor nutricional e são fontes importantes de antioxidantes naturais, de vitamina E, vitaminas do complexo B e vitamina A (Reifschneider, 2000; Djian-Caporalino et al., 2007).

O melhoramento genético de *Capsicum* spp. é realizado tanto por empresas públicas, quanto privadas (Pereira et al., 2010). De modo geral são feitas seleções para produtividade, baixa persistência do pedúnculo na planta, visando facilitar a colheita, arquitetura da planta, precocidade, resistência a pragas e doenças e conservação pós-colheita dos frutos (Vasconcelos, 2012). Para isso, os programas de melhoramento genético dependem da exploração da variabilidade genética disponível, em bancos de germoplasma, para o desenvolvimento de combinações gênicas superiores (Bianchetti & Carvalho, 2005). A diversidade encontrada em *Capsicum* é ampla, com grande variedade de formatos, tamanhos, cores e sabores de fruto, e também com diferentes níveis de pungência e de composição nutricional (Bosland & Votava, 1999; Reifschneider, 2000).

A exploração de pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil ainda é incipiente e poucos são os trabalhos de melhoramento genético, dificultando a obtenção de cultivares com alta produtividade e qualidade, sobretudo cultivares resistentes à pragas e doenças (Souza et al., 2010). Ademais, outro agravante para a cultura, nos últimos anos, tem sido a perda de variedades locais que foram selecionadas e mantidas por agricultores que estão substituindo ou abandonando a atividade agrícola (Neitzke, 2012), tornando-se necessário o desenvolvimento de pesquisas direcionadas que contribuam com o melhoramento genético de pimentas *Capsicum* spp.

REFERÊNCIAS

AVRAMENKO, S. Which Country Eats the Most Green Chilies And Peppers in the World? 2018. Disponível em: <https://www.indexbox.io/blog/which-country-consumes-the-most-green-chilies-and-peppers-in-the-world/>. Acessado em 12 de janeiro de 2019.

BIANCHETTI, LB; CARVALHO, SIC. 2005. Subsídios à coleta de germoplasma de espécies de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum*. In: WALTER, BMT; CAVALCANTI, TB. *Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 355-385.

BOSLAND, PW; VOLTAVA, EJ. 1999. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Wallingford: CABI Publishing. 204p.

CASALI, VWD; COUTO, FAA. 1984. *Origem e botânica de Capsicum*. Informe Agropecuário. Belo Horizonte: EPAMIG 113: 08-10.

DJIAN-CAPORALINO, C; LEFEBVRE, V; SAGE-DAUBE`ZE, A-M; PALLOIX, A. 2007. Capsicum. In: SINGH, RJ (eds). *Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement: vegetable crops*. Flórida: CRC Press. p. 185-243.

ESTEVEES, M. 2011. *As novas variedades de pimenta da Embrapa e o mercado pimenteiro: oportunidade de renda para agricultores*. Disponível em: <http://hotsites.sct.embrapa.br/prosarural/programacao/2011/cultivaresde-pimenta-mais-resistentes-e-produtivas-1>. Acessado em 20 de novembro de 2018.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations - Statistics Division). *Production/crops: Chillies and peppers*. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acessado em 13 de janeiro de 2019.

FARIA, PN; LAIA, GA; CARDOSO, KA; FINGER, FL; CECON, PR. 2013. Estudo da variabilidade genética de amostras de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.) existentes num banco de germoplasma: um caso de estudo. *Revista de Ciências Agrárias* 36(1): 17-22.

MAISTRE, J. 1964. *Les plantes a épices*. Maisonneuve & Larose. 289p.

NEITZKE RS. 2012. *Recursos genéticos de pimentas do gênero Capsicum - explorando a multiplicidade de usos*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 117p (Tese doutorado).

NWOKEM, CO; AGBAJI, EB; KAGBU, JA; EKANEM, EJ. 2010. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria. *Science Journal* 3: 17-21.

PEREIRA, MG; SILVA, FF; PEREIRA, TNS. 2010. Recursos genéticos e o melhoramento de plantas. In: PEREIRA, TNS. *Germoplasma: conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas*. Viçosa: Arca. p. 115-140.

PINHEIRO, JB; AMARO, GB; PEREIRA, RB. 2012. *Nematóides em pimentas do gênero Capsicum*. Brasília: Embrapa. 9p.

PINTO, CM; SANTOS, IC; ARAUJO, FF; SILVA, TP. 2016. Pepper Importance and Growth (*Capsicum* spp.). In: RÊGO, ER; RÊGO, MM; FINGER, FL (eds). *Production and breeding of chilli peppers (Capsicum spp.)* Springer International Publishing. p.1-25.

REIFSCHNEIDER, FJB. 2000. *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças. 113p.

RIBEIRO, CSC; REIFSCHNEIDER, FJB. 2008. Genética e melhoramento. In: RIBEIRO, CSC; LOPES, CA; CARVALHO, SIC; HENZ, GP; REIFSCHNEIDER, FJB. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 55-69.

SANATOMBI, K; SHARMA, GJ. 2008. Capsaicin content and pungency of different *Capsicum* spp. cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 36(2): 89-90.

SERGEeva, A. *Which Country Exports the Most Green Chilies And Peppers in the World?*. Disponível em: <https://www.indexbox.io/blog/which-country-exports-the-most-green-chilies-and-peppers-in-the-world/>. Acessado em 11 de janeiro de 2019.

SOUZA, KRR; WEBER, LC; FERRAZ, RM; CARVALHO SIC; REIFSCHNEIDER FJB; FERNANDES, WM. 2010. Programa de melhoramento de pimenta na Embrapa: Inexistência de dormência em sementes de pimenta Cumari verdadeira. *Horticultura Brasileira* 28(2): 4343-4346.

VASCONCELOS, CSD. 2012. *Avaliação agronômica e caracterização da produção de compostos bioativos em variedades crioulas de pimentas (Capsicum baccatum)*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. (Dissertação mestrado).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Identificar, com base em descritores quantitativos e qualitativos, linhagens com potencial para uso em programas de melhoramento de genético de pimenta do tipo Jalapeño, bem como desenvolver híbridos promissores para o mercado dessa pimenta *in natura* e processada.

2.2. Objetivos específicos

- a) Caracterização e avaliação de linhagens considerando caracteres de produção, biométricos e qualitativos dos frutos;
- b) Seleção de linhagens promissoras para programas de melhoramento genético;
- c) Obtenção e caracterização de híbridos produtivos e com atributos adequados para o mercado de pimentas frescas e processadas;
- d) Estimar os efeitos de heterose entre os cruzamentos, para caracteres relacionados à produtividade e à qualidade dos frutos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Origem, dispersão e centros de diversidade do gênero *Capsicum*

As pimenteiras do gênero *Capsicum*, incontestavelmente exclusivas do continente americano, são consideradas a principal especiaria originária desse continente (Heiser, 1979). O nome do gênero deriva do grego *Kapso* (picar) e a palavra pimenta aparece no século XIII, derivada do latim *pigmenta*, plural de *pigmentum*, corante (Nuez et al., 1996).

As primeiras variedades de pimentas *Capsicum* spp. surgiram em uma área cercada pelas montanhas do sul do Brasil, a leste, pela Bolívia, a oeste, pelo Paraguai, ao norte e Argentina, ao sul. Nessa “área nuclear”, e somente nela, é possível encontrar representantes de todas as cinco espécies domesticadas do gênero. Durante milhares de anos, antes do estabelecimento das primeiras tribos humanas na região, as pimentas migraram dessa área e se espalharam por todo o continente americano (Reifschneider et al., 2015).

A associação do homem às pimentas teve início há 10 ou 12 mil anos a.C., quando as primeiras populações habitaram as Américas (Nuez et al., 1996). Os registros arqueológicos mais antigos de pimentas datam em torno de 7 a 9 mil anos e refletem a utilização de espécies de *Capsicum* não somente como condimentos ocasionais, mas como componentes de uma sofisticada e complexa dieta. Explorações arqueológicas em Tehuacán, no México, há 9 mil anos a.C., aproximadamente, sugerem que as pimentas já eram consumidas por populações pré-colombianas (Reifschneider, 2000). Juntamente com os gêneros *Phaseolus* (feijão) e *Cucurbita* (abóboras), as pimentas fizeram parte das primeiras plantas a serem domesticadas nas Américas (Nascimento Filho et al., 2007).

Carvalho et al. (2001) inferem que ao colocar sob seus cuidados plantas e animais, o homem se tornou o principal agente de seleção, embora os processos naturais de evolução, mutação, migração e recombinação, continuassem a ocorrer. A seleção artificial, com a intenção de adaptar plantas às necessidades humanas, desencadeou o processo de domesticação, que compreende todas as atividades e processos de interferência humana sobre as plantas, resultando em dependência recíproca e crescente entre plantas e homem.

Várias mudanças ocorreram nas espécies de *Capsicum* em função da domesticação. Pimentas e pimentões selvagens apresentam frutos pequenos, eretos, vermelhos, pungentes e decíduos. Suas sementes são dispersas por pássaros atraídos pela cor dos frutos expostos. Sob cultivo, uma das primeiras mudanças ocorridas foi a perda do mecanismo de dispersão. Uma vez que plantou as sementes, o homem selecionou, consciente ou inconscientemente, as

plantas e os frutos. Outro efeito da domesticação foi o aumento da autopolinização (Pickersgill, 1969). Achados arqueológicos no Peru confirmam as mudanças ocorridas em *Capsicum* spp. (Reifschneider, 2000).

Acredita-se que as espécies do gênero *Capsicum* tenham sido domesticadas independentemente em pelo menos três regiões: *C. annuum* var. *annuum* e *C. frutescens* na Mesoamérica (região compreendida entre o centro do México e o noroeste da Costa Rica), *C. baccatum* var. *pendulum* e *C. pubescens* na região Andina e *C. chinense* na região da Planície Tropical da América do Sul (Pickersgill, 2007).

Achados arqueológicos nos sítios de Huaca Prieta e Punta Grande mostraram que as primeiras pimentas cultivadas foram de *C. baccatum*, presente desde a ocupação humana e gradualmente melhorada por seleção. *C. chinense* teria sido a próxima, pois escavações em Yarinacocha indicaram que populações humanas sedentárias praticavam agricultura na montanha, possivelmente 2 mil anos a.C. e essa espécie teria sido a próxima a ser domesticada nos Andes, pelos agricultores da floresta tropical (Pickersgill, 1969).

Algumas espécies do gênero *Capsicum* foram primeiramente selecionadas e domesticadas nas áreas originais do continente americano (centro primário de diversidade). Depois da chegada dos europeus às Américas, as pimentas foram introduzidas em diferentes áreas e os processos de seleção continuaram gerando novos tipos morfológicos. Portanto, as novas áreas que apresentam diversidade intra e interespecífica dentro de uma cultura, são consideradas centros secundários de diversidade (Bianchetti & Carvalho, 2005).

De acordo com Hunziker (2001), quatro centros de diversidade de *Capsicum* spp. são reconhecidos no mundo: a) México até o oeste da América do Sul; b) nordeste do Brasil até a costa oeste da Venezuela; c) costa leste do Brasil; e d) sul da Bolívia e norte e centro da Argentina. Nos centros de diversidade secundários, milhares de variedades foram selecionadas pelos produtores por vários séculos para atender às condições ambientais, hábitos de consumo locais e comércio, resultando na atual diversidade fenotípica encontrada no gênero *Capsicum* (Nuez et al., 1996; Djian-Caporalino et al., 2007).

Segundo Reifschneider (2000), com a chegada dos navegadores portugueses e espanhóis ao continente americano, as pimentas nativas do gênero *Capsicum* receberam atenção especial por serem mais picantes (pungentes) do que a pimenta-do-reino ou pimenta negra do gênero *Piper*. Assim, as rotas de navegação promoveram a dispersão de espécies picantes e doces de pimentas pelo mundo, possibilitando seu consumo por povos de todas as origens, em quantidade crescente e sob diversas formas de utilização.

Em meados do século XVI, já se plantava *C. annuum* na Índia, levada para o Oriente Médio pelos colonizadores espanhóis, por ser mais ardida e por se constituir em uma alternativa mais barata que a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) e cujo monopólio sobre a comercialização era dos portugueses. No mesmo século, já se podia encontrar pimentas de outras espécies do gênero *Capsicum*, como *C. frutescens* e *C. chinense* principalmente, na Europa e na África. No século seguinte, já estavam presentes na Oceania. Eram utilizadas não só como tempero, mas também como conservante dos alimentos. Portanto, comparada a outras solanáceas hoje importantes para a alimentação humana, como o tomate e a batata, os quais foram cultivadas exclusivamente como ornamentais logo após sua introdução na Europa, a pimenta foi aceita e difundida de uma maneira muito mais rápida na dieta dos povos europeus e seus vizinhos asiáticos e africanos (Casali & Couto, 1984; Nuez et al., 1996).

De acordo com relatos de exploradores da costa brasileira, os povos indígenas do Brasil davam grande importância ao cultivo de pimentas, ressaltando sua ampla utilização no período do descobrimento (Bianchetti, 1996). Reifschneider (2000) corroborou essa informação, afirmando que o cultivo de pimentas nesse período era uma característica das tribos indígenas brasileiras, que detinham imensa variabilidade de espécies nativas. No entanto, as limitadas descrições quando da descoberta do Brasil, não permitem identificar as pimentas utilizadas pelos nativos e colonizadores. Conforme as crônicas da época, fica evidenciada a presença de pimentas de diversas formas e cores, as quais não eram encontradas nas populações silvestres, tratando-se, portanto, de pimentas já domesticadas. Contudo, mesmo que essas pimentas tenham sido introduzidas de outras áreas, o processo de seleção nas tribos indígenas brasileiras continuou e foram criados novos tipos morfológicos diferentes daqueles encontrados nas áreas originais. Por esse motivo, o Brasil é um importante centro secundário de espécies domesticadas do gênero *Capsicum* (Reifschneider, 2000).

3.2. Mercados mundial e nacional de *Capsicum* spp.

A produção mundial de *Capsicum* spp., em 2017, englobando pimentas e pimentões, foi de 36,09 milhões de toneladas em área de 1,98 milhão de hectares, apresentando incremento de produção de 8,68 milhões de toneladas, quando comparada aos dados de 2016 (FAOSTAT, 2019).

Os maiores produtores mundiais de pimenta e pimentão, em 2017, foram China, México, Turquia, Indonésia e Espanha, que juntos obtiveram 27,33 milhões de toneladas. A China, com 17,79 milhões de toneladas, continua sendo o maior produtor mundial,

respondendo por 49% da produção total. As maiores produtividades, no entanto, foram obtidas pela Espanha e Estados Unidos da América, com 62,3 e 36,9 t ha⁻¹, respectivamente, enquanto que a média mundial foi de 18,2 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019) evidenciando a disparidade entre as tecnologias de produção e insumos empregados.

Em relação ao comércio internacional, em 2015, as exportações globais de pimentas e pimentão atingiram 3,05 milhões de toneladas, aumentando 1,2% em relação ao ano anterior, indicando crescimento acentuado desde 2007, com taxa de crescimento anual de 11,1%. Em termos de valor monetário, as exportações totalizaram US\$ 4,2 bilhões, aumentando de forma tangível no período de 2007 a 2015, expandindo a uma taxa média anual de mais de 5,4%. Os principais países exportadores foram México, com 857 mil toneladas, seguido pela Espanha, com 704 mil toneladas, e Holanda, com 460 mil toneladas, representando, juntos, 66% do total das exportações. Em 2017, as exportações globais atingiram o pico, indicando provável crescimento estável no futuro próximo (Sergeeva, 2018).

Por sua vez, em 2015, as importações globais atingiram 3,07 milhões de toneladas de pimentas e pimentão, estabilizando em relação a 2014, após crescimento acentuado (5,9%) nos anos anteriores. No que tange ao valor monetário, tais importações totalizaram US\$ 4,7 bilhões. No geral, o valor das importações dessas olerícolas aumentou de forma robusta no período de 2007 a 2015, incrementando a uma taxa média de mais de 2,2% ao ano. Dentre os principais países importadores em 2015, destacaram-se com maiores volumes de importação os Estados Unidos, com 948 mil toneladas e 31% do total, seguidos pela Alemanha, com 405 mil toneladas e participação de 13%, e Reino Unido, com 216 mil toneladas e participação de 7%. Juntos, os três países contribuíram com 54% (US\$ 2,54 bilhões) do total das importações (Avramenko, 2018).

Quanto ao consumo mundial de pimenta e pimentão, em 2015, foram consumidas 32,85 milhões de toneladas, aumentando mais de 1,5% em relação ao ano anterior. Com quase 16,30 milhões de toneladas, a China se tornou o principal país consumidor do mundo, correspondendo a 50% do consumo global. Os outros grandes consumidores foram a Turquia (2,10 milhões de toneladas) e a Indonésia (1,97 milhão de toneladas), com participações menos significativas. Em relação aos níveis de consumo *per capita*, os maiores registrados foram na Turquia (26,79 kg ano⁻¹), seguida pelo México (15,49 kg ano⁻¹), China (11,58 kg ano⁻¹), Indonésia (7,65 kg ano⁻¹) e Estados Unidos da América (2,79 kg ano⁻¹); o consumo médio foi estimado em 3,48 kg ano⁻¹ (Avramenko, 2018). Merece registro a existência de diferenças geográficas marcantes no consumo de pimenta, uma vez que o consumo diário pode chegar a 15 g por pessoa no México e na Coréia, porém, no outro extremo do espectro

estão os países do norte da Europa, onde o consumo diário de pimenta é inferior a 1 g por pessoa (Mózsik, 2016).

No Brasil, o cultivo de pimenta é de grande importância devido a características de rentabilidade, especialmente quando os produtores agregam valor ao produto, bem como é devido à importância social da cultura, uma vez que a demanda por mão-de-obra é elevada, empregando grande número de trabalhadores (Pinto et al., 2016).

A produção nacional de pimenta vem crescendo muito no decorrer dos anos, especialmente no Sudeste e Centro-Oeste que se destacam como as regiões produtoras mais relevantes do país (Pinto et al., 2016). A produção anual dessa hortaliça, embora não se encontrem dados oficiais e atuais, compreende cerca de 75 mil toneladas cultivadas em 5 mil hectares (Pinheiro et al., 2012). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul. Merece destaque, no entanto, a existência de cultivos em áreas pequenas espalhados por todo território brasileiro (Esteves, 2011), cuja produção não faz parte da escassa informação estatística disponível devido ao modo informal de comercialização. A produtividade de pimenta é muito variável, principalmente em função da espécie cultivada, nível de tecnologia adotado, região e período de cultivo, podendo variar de 6 a 45 t ha⁻¹ (Pinheiro et al., 2012).

A crescente demanda por essa hortaliça tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas pungentes e não pungentes, um grande segmento de hortaliças no país. Além do mercado interno para o consumo *in natura*, outro segmento valoroso e com grande potencial para exportação é o das pimentas processadas ou industrializadas, fazendo com que grande parte da produção brasileira seja exportada para a fabricação de produtos alimentícios como páprica, pasta de pimenta e pimenta desidratada, e também de fármacos, cosméticos e plantas ornamentais (Casali & Couto, 1984; Ribeiro et al., 2008).

Ocupando a trigésima nona posição entre os principais países exportadores de pimenta, em 2016, o Brasil exportou 69,1% da produção nacional para a Bolívia e 29,9% para o Paraguai. Em relação à importação nesse mesmo ano, do total adquirido pelo Brasil, 75,3% foi proveniente da Argentina e 24,6%, dos Estados Unidos (TRIDGE, 2019).

3.3. Classificação botânica e morfológica de pimentas *Capsicum* spp.

De acordo com o Sistema de Classificação de Cronquist (1981), as pimenteiras do gênero *Capsicum* estão incluídas no Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Classe

Magnoliopsida, Subclasse Asteriadae, Ordem Solanales, Família Solanaceae. *Capsicum* é formado por tipos não pungentes, representados por espécies que incluem pimentão e pimenta, e por um grande grupo de tipos pungentes, representados por diversas espécies de pimenta (Brown et al., 2013). Com base na classificação taxonômica o gênero inclui, atualmente, 35 espécies (Carrizo et al., 2016).

As espécies de *Capsicum* podem ser divididas, de acordo com o nível de domesticação, em três categorias de plantas, domesticadas, semidomesticadas ou silvestres. As plantas domesticadas são aquelas que o homem selecionou para determinadas alterações genéticas, de tal modo que não são capazes de sobreviver em condições naturais e são absolutamente dependentes do homem para a sobrevivência. As semidomesticadas são também cultivadas, mas o grau de dependência em relação ao homem é pequeno. Já, as silvestres, são aquelas que podem ser exploradas pelo homem no seu ambiente natural, isto é, não são cultivadas e não existe nenhuma relação de dependência com o homem (Carvalho & Bianchetti, 2008). Dentre as espécies descritas no gênero, cinco delas são aceitas como domesticadas, sendo elas, *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (Pickersgill, 1997).

Quanto ao modo de reprodução, as espécies domesticadas de *Capsicum*, são autógamas, em sua maioria, embora a polinização cruzada também possa ocorrer entre indivíduos dentro da mesma espécie e entre espécies do gênero. Nas espécies domesticadas, o estigma se encontra no mesmo nível das anteras aumentando a possibilidade de autopolinização, enquanto que nas espécies selvagens o estigma está acima das anteras facilitando a fecundação cruzada (Casali & Couto, 1984). A polinização cruzada pode variar entre 5 e 95% devido à ação do vento e de insetos polinizadores (Ferrão et al., 2011). As espécies de *Capsicum* são diploides, com número cromossômico $n = 12$ (Carvalho & Bianchetti, 2008).

No enfoque botânico, as pimenteiras possuem ciclo de vida perene. No entanto, do ponto de vista cultural, as espécies domesticadas são tratadas como anuais. O sistema radicular é pivotante, muito ramificado lateralmente, atingindo profundidade de 70 a 120 cm. O caule pode ser lenhoso ou semilenhoso, ramificado, ereto ou recurvado. Em geral, as plantas são de pequeno porte, mas podem atingir até 1,5 m (*C. chinense* e *C. annuum*). A altura e forma de crescimento das plantas variam de acordo com a espécie e as condições de cultivo. As folhas apresentam tamanho, coloração, formato e pilosidade variáveis. A coloração das folhas é tipicamente verde, porém, ocorrem também as cores púrpura e variegada. De modo geral, as folhas, de nervuras bem destacadas, apresentam formato

lanceolado, mas podem ocorrer as formas ovaladas e deltoide, dependendo da espécie (Pickersgill, 1988).

As hastes podem apresentar antocianina ao longo de seu comprimento e/ou nos nós, bem como presença ou ausência de pelos. O sistema de ramificação de *Capsicum* spp. segue um único modelo de dicotomia e tem início quando a plântula atinge de 15 a 20 cm de altura. Um ramo jovem sempre termina por uma ou várias flores. Para isso, dois novos ramos vegetativos, geralmente um mais vigoroso que o outro, emergem das axilas das folhas e continuarão crescendo até a formação de novas flores. Esse processo vegetativo se repete ao longo do período de crescimento, sendo condicionado pela dominância apical e dependência hormonal (Pereira, 1990; Filgueira, 2008).

Uma típica flor do gênero *Capsicum* apresenta corola pentâmera, hermafrodita e hipógina, sendo rotada na maioria das espécies. A coloração pode se apresentar de forma sólida ou com manchas. As cores brancas, verdes, amarelas e roxas são características do gênero (Bosland & Votava, 2012).

Os frutos das pimenteiras são do tipo baga, com múltiplas formas, tamanhos, colorações e pungência. A coloração do fruto ainda imaturo é verde e a do maduro pode apresentar-se vermelha, amarela, laranja, salmão, vermelho escuro, roxa e até mesmo preta, podendo ser opaca ou brilhante (IPGRI, 1995; Carvalho & Bianchetti, 2008; Miranda, 2014). O formato do fruto possui uma rica variabilidade entre e dentro das espécies observando-se frutos alongados, arredondados, triangulares ou cônicos, campanulados, quadrados ou retangulares (Lopes et al., 2007).

Para a identificação das espécies, os taxonomistas examinam principalmente as flores. Características morfológicas como o número de flores por nó, posição da flor e do pedicelo, coloração da corola e da antera, presença ou ausências de manchas nos lobos das pétalas e margem do cálice, variam de espécie para espécie possibilitando a identificação das principais espécies domesticadas do gênero (Carvalho et al., 2003).

3.4. Espécies domesticadas de pimentas *Capsicum* spp.

Dentre todas as espécies descritas do gênero *Capsicum*, cinco delas são aceitas como domesticadas, *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (Bosland & Votava, 2000; Casali & Couto, 1984; Nuez et al., 1996).

C. annuum, domesticada no México (Pickersgill, 1997), é a espécie com maior importância econômica e a mais cultivada no Brasil. Engloba cultivares de polinização aberta,

híbridos de pimentão, pimentas doces para páprica, pimenta americana e as pimentas picantes Jalapeño e Cayene, entre outras, além de cultivares ornamentais (Ribeiro & Reifschneider, 2008). É a espécie de *Capsicum* que apresenta a maior variação em tamanho, cor e formato de frutos (Hernández-Verdugo et al., 2001). Esta espécie apresenta uma flor por nó e raramente mais de uma, corola branca ou púrpura, fruto maduro geralmente pendente e persistente com diâmetro maior que 10 cm (Carvalho & Bianchetti, 2008; Eshbaugh, 2012).

Dentre as pimentas de *C. annuum* destaca-se o tipo varietal Jalapeño, que apresenta ampla variabilidade. É a pimenta mais popular da América do Norte, sendo considerada uma das melhores pimentas para a produção de molhos. Os frutos da pimenta Jalapeño apresentam tamanhos que variam de 5 a 8 cm de comprimento de 2,5 a 3 cm de largura; a coloração varia de verde claro a verde escuro no fruto imaturo, passando para vermelha no fruto maduro. Seus frutos geralmente apresentam formas cônicas, com pungência média e aroma acentuado, sendo consumidos na forma fresca, desidratada ou em pó. Os frutos apresentam espessura de polpa diferenciada das demais espécies de pimenta, o que proporciona maior volume de polpa (Carvalho et al., 2006), sendo esta a razão do aumento da demanda por esse tipo de pimenta.

C. baccatum, inclui a espécie domesticada *C. baccatum* var. *pendulum* (Wild) Eshbaugh e as espécies semidomesticadas *C. baccatum* var. *baccatum* e *C. baccatum* var. *praetermissum* (Heiser & Smith) Hunziker. *C. baccatum* var. *pendulum* é representada pelas pimentas Dedo-de-moça e por pimentas Cambuci ou Chapéu-de frade, cuja ocorrência abrange o noroeste da América do Sul, incluindo Equador, Colômbia, Peru, Bolívia e Brasil (Clement et al., 2010).

De maneira geral, *C. baccatum* é facilmente identificada pela presença de manchas amareladas ou marrons na corola, com estames amarelos (Heiser, 1995; Carvalho & Bianchetti, 2008; Clement et al., 2010). *C. baccatum* var. *pendulum*, possui corola branca com manchas amareladas e uma única flor por nó, já *C. baccatum* var. *baccatum*, possui manchas esverdeadas e duas a cinco flores por nó, sendo altamente ramificada e a cor da corola é paliácea ou branca esverdeada (Reifschneider, 2000).

C. chinense, originalmente encontrada na bacia do rio Amazonas, é a espécie cujos frutos exibem os mais variados tipos quanto a forma, coloração, aroma e graus de pungência. As flores são em número de duas a cinco por nó, raramente solitárias. Na antese, os pedicelos se apresentam geralmente inclinados ou pendentes, mas podem ser eretos. A corola é branca esverdeada, sem manchas, raramente branca ou com manchas púrpuras. Os lobos são planos, não se dobram. As anteras são, de modo geral, azuis, roxas ou violetas. Os cálices dos frutos

maduros são pouco dentados. Apresentam-se, tipicamente, com uma constrição anelar na junção ao pedicelo. Os frutos são persistentes (Casali & Couto, 1984; Reifschneider, 2000).

Amplamente distribuída na América tropical, *C. chinense* é a espécie mais cultivada na Região Amazônica (Carvalho et al., 2003). Há tipos varietais com frutos extremamente picantes, como Habanero, Cumari-do-Pará, Murupi, Moruga, *Trinidad Scorpion* e *Carolina Reaper*. Por sua vez, essa espécie contém vários tipos não pungentes em que se destaca a pimenta Biquinho. Os frutos de *C. chinense* possuem pungência e aroma característicos. Em termos evolutivos, *C. chinense* e *C. frutescens* são muito próximas (Heiser, 1995; Domenico et al, 2012).

Facilmente confundida com *C. chinense* em virtude da grande proximidade genética, *C. frutescens* inclui as pimentas Malagueta, Malaguetinha e Tabasco, sendo que esta última se distingue das ‘malaguetas’ pela coloração dos frutos durante a maturação, passando de verde para amarela ou alaranjada e só depois para vermelha (Moreira et al., 2006). No Brasil, essa espécie recebe os nomes de Malagueta, Malaguetinha e Malaguetão. Nos Estados Unidos são conhecidas por Tabasco (Carvalho et al., 2006).

C. frutescens encontra-se distribuída nas terras baixas do Sudeste brasileiro até a América Central e as Índias Ocidentais, apresentando variabilidade bem menor que as demais espécies cultivadas no Brasil (Reifschneider, 2000). Caracteriza-se por apresentar de uma a três flores por nó. Na antese, os pedicelos são tipicamente eretos. A corola é branca esverdeada, sem manchas, anteras variando de azul a roxo (Pickersgill, 1969). O cálice do fruto maduro apresenta-se pouco ou não dentado e não exhibe constrição anelar à junção com o pedicelo. A coloração do fruto imaturo pode variar do verde ao amarelo ou alaranjado e o maduro assume coloração laranja ou vermelho escuro. O caule e folha variam de glabro a muito pubescente; folha maleável e semente com coloração do creme ao amarelo (Yamamoto & Nawata, 2005).

C. pubescens é a única espécie domesticada de ocorrência pouco expressiva no Brasil. É notadamente uma espécie de terras altas, adaptada a temperaturas baixas, que pode, porém, ocorrer em altitudes mais baixas (Carvalho & Bianchetti, 2008). É originária da Bolívia e cultivada em regiões andinas, do Chile à Colômbia. Também é encontrada em pequena quantidade na Guatemala e ao sul do México. Em outras partes do mundo, permanecem desconhecidas (Eshbaugh, 1993; Reifschneider, 2000).

Pimentas da espécie *C. pubescens* recebem nomes comuns, em espanhol, como *manzano* e *peron* (devido à semelhança de formato com maçã e pera) e canário (devido à coloração amarela do fruto). Caracteriza-se por flores roxas, com grandes nectários; folhas

grandes, vistosas e pubescentes e sementes pretas que distinguem facilmente esta pimenta de qualquer outra. Os frutos podem ser alongados ou arredondados com ou sem pescoço pronunciado, e cores que incluem vermelho, laranja e amarelo (Bosland & Votava, 2012).

3.5. Pungência

Nos últimos anos, tem aumentado o interesse pelos componentes pungentes das pimentas *Capsicum* spp., especialmente devido aos benefícios proporcionados para a saúde humana (Bley et al., 2012).

A maioria dos frutos possui sabor pungente característico devido à presença predominante do alcaloide denominado capsaicina, exclusivo do gênero *Capsicum*. Dessa forma, as pimentas podem ser classificadas em não pungentes (doces) e pungentes (Kapell, 2007). A pungência é determinada pela presença dos alcaloides denominados de capsaicinoides, entre os quais três destacam-se como os mais importantes, capsaicina (8-metil-N-vanilil 1-6 nonamida), dihidrocapsaicina e nordihidrocapsaicina. Os capsaicinoides capsaicina e a dihidrocapsaicina constituem 90% dos capsaicinoides e a capsaicina responde por 71% do total de capsaicinóides na maioria dos tipos pungentes (Nwokem et al., 2010; Giuffrida et al., 2013). Outros compostos, tais como nordihidrocapsaicina, homocapsaicina homodihidrocapsaicina também estão presentes, porém, em pequena quantidade (Giuffrida et al., 2013).

A estrutura atômica da capsaicina é semelhante à da piperina (composto ativo da pimenta do reino, *Piper nigrum*) e a da zingerone (composto ativo do gengibre, *Zingiber officinale*). É uma substância branca, cristalina, solúvel em lipídios e formada a partir do ácido homovanílico (Berke & Shieh, 2012).

Os capsaicinoides são derivados de substâncias não voláteis e acumulados pelas plantas no tecido denominado de placenta localizado na parte interna do fruto. São liberados pelo dano físico às células quando se extraem sementes ou corta-se a pimenta para qualquer fim. As sementes não são produtoras de capsaicinoides, mas podem absorvê-los devido à proximidade da placenta (Valverde, 2011).

Os capsaicinoides protegem os frutos maduros contra predadores indesejáveis, como os mamíferos sensíveis à capsaicina, de modo que os predadores imunes, como algumas aves, possam disseminar as sementes. Além disso, protegem a semente durante a germinação mediante ação antifúngica e antibacteriana (Santos, 2009).

Ao serem consumidos, os capsaicinoides produzem sensações de pungência (ardor, picância, calor) por irritação das células localizadas na mucosa bucal e na língua. O alcaloide liga-se seletivamente a uma proteína, designada por *transient receptor cation channel subfamily V member* (TRPV1), localizada na cavidade oral, que bloqueia os receptores VR1, junto aos canais de cálcio. Essa ação ocasiona o aumento da temperatura e a produção da substância P, mediadora da informação dolorosa para os centros cerebrais (Lima, 2010). Com a produção da substância P, o cérebro recebe a informação de que a boca está sofrendo queimaduras e, imediatamente, responde com intensa salivação, transpiração da face e o nariz úmido (Valverde, 2011). A percepção da pungência é variável entre os indivíduos e pode ser influenciada pelo hábito de consumo (Rozin et al., 1981). O consumo constante promove a dessensibilização das células e aumento da tolerância de consumidores habituais aos capsaicinoides. Contudo, a recuperação da sensibilidade parece acontecer quando o alcaloide deixa de ser utilizado (Lima, 2010).

As diferenças no ardor dos frutos dependem da quantidade de capsaicinoides (Ishikawa et al., 1998). A pungência das pimentas é expressa na Escala Scoville (SHU - *Scoville Heat Units*) que foi o primeiro método de quantificação desenvolvido. Os valores variam de zero, para pimentas doces até 1 milhão de SHU para pimentas extremamente picantes como a *Trinidad Scorpion Butch*, com 1.463.700 SHU (Pinto et al., 2013). Considerada a pimenta mais ardida do mundo, entretanto, sendo substituída por *Carolina Reaper*, com mais de 2.200.000 SHU. No entanto, por ser considerado subjetivo, atualmente o método mais confiável e comum para determinar o teor de capsaicinoides é por meio de cromatografia, utilizando-se HPLC (*High performance liquid chromatography*) (Kumar et al., 2011).

A pungência é um atributo comercial importante das pimentas e uma característica de qualidade para pimentas frescas e também para produtos processados, sendo o nível de pungência um dos requisitos principais para determinar a qualidade comercial dos frutos de pimenta (Nwokem et al., 2010).

O acúmulo de capsaicinoides nas pimentas *Capsicum* spp. é altamente variável e extremamente dependente da cultivar. Além disso, também é afetado por fatores importantes como idade da planta, tamanho e estágio de desenvolvimento e amadurecimento do fruto, condições ambientais, como clima, estação do ano e manejo cultural como irrigação (Reyes-Escogido et al., 2011) e nutrição mineral.

A biossíntese dos capsaicinoides é iniciada nas fases iniciais do desenvolvimento do fruto e continua até a maturação máxima, para então, decrescer em consequência da oxidação

pela *Capsicum* peroxidase em razão da presença do peróxido de hidrogênio (Barbero et al., 2014).

Os produtores podem controlar parcialmente a pungência em uma lavoura de pimenta, submetendo as plantas a certos tipos e quantidades de estresse, como variação na temperatura, luminosidade, disponibilidade de água e nutrientes. Qualquer tensão aplicada durante o crescimento pode aumentar significativamente o acúmulo de capsaicinoides (Bosland & Votava, 2012).

3.6. Importância social e usos da pimenta

As pimentas do gênero *Capsicum* são amplamente cultivadas no mundo, sendo utilizadas como matéria-prima para as indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética (Yamamoto & Nawata, 2005; Bento et al., 2007) e de defesa (Perucka & Oleszek, 2000).

No Brasil, as pimentas estão intimamente relacionadas à riqueza cultural e são parte valiosa do patrimônio da biodiversidade, sendo cultivadas em uma imensa variedade de tipos, tamanhos, cores, sabores e pungências (Neitzke et al., 2008). Além disso, as diversas formas de usar as pimentas estão relacionadas a práticas multiculturais e étnicas e, provavelmente, resultam da diversidade genética observada em cada região do país (Sudré et al, 2010).

As pimentas, além de consumidas frescas, podem ser processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos (Reifschneider & Ribeiro, 2008), destacando-se entre os condimentos mais utilizados em todos os continentes. São superadas apenas pelo alho e cebola (Filgueira, 2008). Embora não estejam incluídas no grupo das hortaliças importantes para a alimentação humana, sua importância como condimento vem crescendo no mundo inteiro (Dewitt & Bosland, 2009).

Além de muito apreciadas como condimento, as pimentas são importante fonte de nutrientes na dieta humana (Shetty et al., 2013). São consideradas alimentos funcionais pelo *Food and Drug Administration* (FDA), nos EUA e pela Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa), no Brasil.

Alimentos funcionais são aqueles que, além de conterem nutrientes, possuem componentes de ação protetora, medicinal, terapêutica e curativa especial (Bontempo, 2007). Tanto os frutos das variedades pungentes como os das não pungentes são excelentes fontes de vitaminas, particularmente A e C. São fontes também de vitaminas E e de vitaminas do complexo B: tiamina, riboflavina, niacina, B6 e ácido fólico (Volák & Stodola, 1986; Vaughan & Geissler, 1997; Reifschneider, 2000), antocianina e outros metabólitos

secundários com propriedades antioxidantes (Freitas, 2014). O teor de fibras em pimentas picantes é consideravelmente superior aos teores de algumas frutas e de cereais (Lutz & Freitas, 2008). Ademais, contém quantidades satisfatórias de magnésio, ferro e aminoácidos. Possuem, ainda, efeito termogênico que é a capacidade de acelerar o metabolismo do organismo ao serem consumidas (Rêgo et al., 2012; Bastos et al., 2009).

Somando-se as qualidades gustativas e nutricionais, as espécies de *Capsicum* são extremamente valorizadas pelos atributos farmacológicos relacionados aos capsaicinoides (Ribeiro et al., 2008; Djian-Caporalino et al., 2007). Diversas pesquisas vêm comprovando que os capsaicinoides possuem propriedades medicinais, atuando como cicatrizantes de feridas, antioxidantes, na prevenção de arteriosclerose, no controle do colesterol, no controle de hemorragia e no aumento da resistência física (Adams, 2007; Bontempo, 2007). O uso externo de cremes e pomadas à base de capsaicinoides contribui para a diminuição da dor, pois atua na inibição do acúmulo, dentro do neurônio, do neurotransmissor responsável pela sensação de dor. Ou seja, impede que os nervos emitam sinais de dor ao cérebro. Além disso, a sensação de calor que os capsaicinoides provocam no organismo auxilia no tratamento de dores musculares e das articulações (Eshbaugh, 1993; Sampaio & Rivitti, 2000; Berke & Shieh, 2001; Carvalho et al., 2001).

Além da ampla utilização humana como condimento e *in natura*, ingredientes para remédios caseiros ou medicamentos industriais, a pimenta também é utilizada como matéria-prima para a produção de produtos de defesa pessoal como o *spray* de pimenta. Esse produto é amplamente empregado pela polícia de vários países para conter manifestações em massa. Seu efeito no sistema respiratório pode levá-lo à imobilização por vinte minutos. Registra-se, ainda, o emprego da fumaça provinda da queima dessas plantas como forma de tortura (Turner & Szczawinski, 1991; Bosland, 1996).

As pimenteiras também são utilizadas como plantas ornamentais, em razão do porte anão e dos frutos com diferentes cores no processo de maturação, que contrastam com a folhagem (Carvalho et al., 2006, Moreira et al., 2006). Além disso, também são plantas de fácil cultivo e de grande durabilidade (Neitzke et al., 2010). As cultivares ornamentais, além do uso principal para decoração, também podem ter os frutos aproveitados para consumo (Dewitt, 1999). Dessa forma, as pimenteiras ornamentais apresentam uso polivalente, uma vez que além de adornar ambientes podem ter seus frutos destinados ao consumo *in natura* ou para uso em conservas (Ari et al., 2016).

3.7. Melhoramento genético de *Capsicum* spp.

Para as cultivares de pimenta e pimentão, a produtividade, a resistência a doenças, a qualidade e o teor de capsaicina dos frutos são as características mais relevantes dentro do melhoramento genético de *Capsicum* spp. (Rodrigues et al., 2012).

O sucesso dos programas de melhoramento depende de vários fatores, sendo que a definição dos objetivos e metas é de fundamental importância para se economizar tempo e recursos. Da mesma forma, deve-se escolher criteriosamente o método mais eficiente de seleção, levando-se em conta a base genética da característica a ser melhorada, uma vez que o processo de melhoramento só poderá ser bem-sucedido se a população a ser melhorada possuir variabilidade genética quanto ao atributo sob seleção (Cardoso, 2001).

O melhoramento de pimentas é similar àquele praticado para as outras solanáceas como o tomate, a berinjela e o pimentão, já que a maioria dessas espécies é autógama. Os principais métodos de melhoramento usados no desenvolvimento de cultivares de pimenta são: Método Genealógico ou Pedigree, Método Descendente de Uma Única Semente (*Single Seed Descent*), Retrocruzamento de Linhagens (*Inbred Backcross Line System*) e Retrocruzamento (Ribeiro & Reifschneider, 2008).

De acordo com Alves (2015), o melhoramento de *Capsicum* spp. teve início com a domesticação das espécies pelos indígenas das Américas. A diversificação aumentou com a introdução de raças crioulas e de seleção natural praticada pelas comunidades. Ao selecionar e preservar pimentas que se mostravam mais atrativas e interessantes, os agricultores estavam, involuntariamente, praticando o método de melhoramento conhecido como seleção massal (Reifschneider, 2000). A seleção massal é muito comum no processo de domesticação de espécies, sendo as plantas menos produtivas e defeituosas eliminadas mantendo-se as remanescentes com as melhores características quanto à adaptabilidade e produtividade (Allard, 1971).

Atualmente, melhoristas de *Capsicum* spp. têm optado e dado destaque ao uso de hibridação para obtenção de híbridos (Abreu, 2016). Trata-se de um método que agrega características de interesse em um mesmo genótipo (Rêgo et al., 2009). Além disso, tem um caráter estratégico, pois o híbrido atua como proteção natural, impossibilitando cópias pela concorrência. É um método muito utilizado na produção de sementes pelos setores público e privado, uma vez que proporciona segurança na exploração comercial das cultivares desenvolvidas (Silva, 2003). Segundo Mendes (2009), a hibridação é a fusão de gametas entre dois genitores que dará origem a indivíduos híbridos heterozigotos. Ela pode ocorrer de forma

natural ou ser dirigida artificialmente, sendo uma das maneiras mais eficientes de explorar a variabilidade genética existente em diversas espécies.

Os procedimentos para hibridação requerem conhecimentos básicos sobre sistema reprodutivo permitindo a realização de cruzamentos tanto intra como interespecíficos, além do controle necessário para se evitar contaminações e garantir a identidade dos genitores. Dentre os procedimentos envolvendo a hibridação, existe a polinização controlada que varia de acordo com a espécie, sendo utilizada para evitar autopolinização na produção de híbridos comerciais em plantas autógamas (Alves, 2015). As espécies de *Capsicum* apresentam flores perfeitas e se reproduzem preferencialmente por autofecundação espontânea (Bosland, 1996). Para tanto, são realizadas práticas como a emasculação, que consiste na remoção completa das anteras nas flores do genitor feminino antes da aplicação do pólen em seu estigma (Fonseca, 2016). Após a polinização, é importante que a flor polinizada seja identificada com etiqueta e protegida contra a ação de insetos que possam contaminar a flor com pólen indesejável (Mendes, 2009). Conforme Rêgo et al. (2011), pesquisas que envolvem hibridação em pimenteiras têm sido pouco realizadas devido a fatores como dificuldade de manuseio das pequenas flores para a efetuação dos cruzamentos, multiplicação das sementes e pungência elevada que dificulta a extração das mesmas.

Considerada a fase mais crítica no melhoramento de plantas, a escolha acertada dos genitores é extremamente importante. Para isso, é necessário selecionar genitores com ampla variabilidade genética para as características desejadas (Pedrozo et al., 2009; Dutra Filho et al., 2011). Em geral, um dos parentais é escolhido em função de seu comportamento em comparação à variedade a ser substituída e o outro é escolhido para complementar deficiências específicas do primeiro genitor (Allard, 1971). Além disso, o sucesso do programa de melhoramento por hibridação depende também do germoplasma disponível e de conhecimento do controle genético das características a serem melhoradas (Fehr, 1987).

Nesse sentido, a manutenção da diversidade genética e o conhecimento dos genótipos são de suma importância para que haja conservação dos acessos em bancos de germoplasma. No entanto, esses acessos devem ser caracterizados e avaliados (Franco et al., 2005; Sudré et al., 2007; Moura et al., 2010), já que as informações obtidas em relação à diversidade das coleções biológicas aumentam a eficiência dos trabalhos de melhoramento de espécies cultivadas (Geleta et al., 2005).

A caracterização morfológica é um processo que, por meio da utilização de uma lista de descritores, agregam informações sobre o germoplasma conservado (Ramos et al., 1999). Esses descritores, definidos por especialistas da espécie, devem ser confiáveis, fáceis de

aplicar e apresentar um custo relativamente baixo (Ferreira, 2008). Em geral, os descritores compõem-se de caracteres altamente herdáveis que podem ser clara e eficazmente observados por identificação visual e são igualmente expressos em todos os ambientes (Rodrigues et al., 2010). Ademais, a caracterização morfológica e as avaliações agronômicas são normalmente as formas mais acessíveis de avaliar a diversidade genética e o potencial dos acessos dos bancos de germoplasma e têm sido bastante utilizadas em *Capsicum* spp. (Domenico, 2011).

Portanto, a caracterização e o melhoramento genético são de extrema importância, uma vez que as pesquisas com o gênero *Capsicum*, no Brasil, ainda não atingiram a devida relevância que as pimentas têm na cadeia produtiva (Reifschneider, 2000).

REFERÊNCIAS

- ABREU, MC. 2016. *Recursos genéticos de pimenteiras do gênero Capsicum*. Sete Lagoas: Universidade Federal de São João Del Rei. 16p (Trabalho de conclusão de curso).
- ADAMS, BD. 2007. Antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties of garlic and onions. *Nutrition & Food Science* 37(3): 178-183.
- ALLARD, RW. 1971. *Princípios do melhoramento genético das plantas*. São Paulo: Edgard Blüchner. 381p.
- ALVES, SRM. 2015. *Pré-melhoramento em Capsicum: identificação de espécies hibridação interespecífica e variabilidade genética em caracteres de semente*. Manaus: UFAM. 116p (Tese doutorado).
- ARI, E; YILDIRIM, T; MUTLU, N; BÜYÜKALACA, S; GÖKMEN, Ü; AKMAN, E. 2016. Comparison of different androgenesis protocols for doubled haploid plant production in ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.). *Turkish Journal of Biology* 40(4): 944-954.
- AVRAMENKO, S. Which country eats the most green chilies and peppers in the world? 2018. Disponível em: <https://www.indexbox.io/blog/which-country-consumes-the-most-green-chilies-and-peppers-in-the-world/>. Acessado em 12 de janeiro de 2019.
- BARBERO, GF; RUIZ, AG; LIAZID, A; PALMA, M; VERA, JC; BARROSO, CG. 2014. Evolution of total and individual capsaicinoids in peppers during ripening of the Cayenne pepper plant (*Capsicum annuum* L.). *Food chemistry* 153: 200-206.
- BASTOS, DH; ROGERO, MM; ARÊAS, JAG. 2009. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à *obesidade*. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia* 53(5): 646-656.
- BENTO, C. dos S; SUDRÉ, CP; RODRIGUES, R; RIVA, EM; PEREIRA, MG. 2007. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. *Scientia Agraria* 8(2): 149-156.

- BERKE, TG; SHIEH, SC. 2001. Capsicum, chillies, paprika, bird's eye chilli. In: PETER, KV (eds). *Handbook of herbs and spices*. New York: CRC Press. p. 111-122.
- BERKE, TG; SHIEH, SC. 2012. *Capsicum* cultivars. In: PETER, KV (eds). *Handbook of herbs and spices*. New York: Woodhead Publishing Limited. p. 607.
- BIANCHETTI, LB. 1996. *Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de Capsicum (Solanaceae) ocorrentes no Brasil*. Brasília: Universidade de Brasília (Dissertação mestrado).
- BIANCHETTI, LB; CARVALHO, SIC. 2005. Subsídios à coleta de germoplasma de espécies de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum*. In: WALTER, BMT; CAVALCANTI, TB. *Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 355-385.
- BONTEMPO, M. 2007. *Pimenta e seus benefícios à saúde*. São Paulo: Alaúde. 108p.
- BOSLAND, PW. 1993. Breeding for quality in *Capsicum*. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 12: 25-31.
- BOSLAND, PW. 1996. *Capsicum*: innovative use of an ancient crop. In: Janick, J (eds). *Progress in New Crops*. ASHS Press: Arlington. p. 479-487.
- BOSLAND, PW; VOTAVA, EJ. 2000. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Las Cruces: CABI Publishing. 204p.
- BOSLAND, PW; VOTAVA, EJ. 2012. *Peppers: Vegetable and Spice Capsicums*. Oxfordshire: Centre For Agriculture and Biosciences International. 248p.
- BLEY, K; BOORMAN, G; MOHAMMAD, B; MCKENZIE, D; BABBAR, S. 2012. A comprehensive review of the carcinogenic and anticarcinogenic potential of capsaicin. *Toxicologic pathology* 40(6): 847-873.
- BROWN, CH; CLEMENT, CR; EPPS, P; LUEDELING, E; WICHMANN, S. 2013. The paleobiolinguistics of domesticated chili pepper. *Ethnobiology Letters* 4: 1-11.
- CARDOSO, AII. 2001. Melhoramento de hortaliças. In: NASS LL; VALOIS ACC; MELO IS; VALADARES MC (eds). *Recursos genéticos e melhoramento: plantas*. Rondonópolis: Fundação MT. p. 293-325.
- CARRIZO GC; BARFUSS, MH; SEHR, EM; BARBOZA, GE; SAMUEL, R; MOSCONE, EA; EHRENDORFER, F. 2016. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of botany* 118(1): 35-51.
- CARVALHO, FIF; SILVA, SA; KUREK, AJ; MARCHIORO, VS. 2001. *Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção*. Pelotas: Universitária. 99p.
- CARVALHO, SIC; BIANCHETTI, LB; BUSTAMANTE, PG; SILVA, DB. 2003. *Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (Capsicum spp.) da Embrapa Hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 49p.

CARVALHO, SIC; BIANCHETTI, LB; RIBEIRO, CSC; LOPES, CA. 2006. *Pimentas do gênero Capsicum no Brasil*. [S.l: s.n.].

CARVALHO, SIC; BIANCHETTI, LB. 2008. BOTÂNICA E RECURSOS GENÉTICOS. IN: RIBEIRO, CSC; CARVALHO, SIC; HENZ, GP; REIFSCHNEIDER, FJB. *PIMENTAS CAPSICUM*. BRASÍLIA: EMBRAPA HORTALIÇAS. P. 39-53.

CASALI, VWD; COUTO, FAA. 1984. *Origem e botânica de Capsicum*. Informe Agropecuário 113: 8-10.

CLEMENT CR; CRISTO-ARAÚJO M; D'EECKENBRUGGE GC; PEREIRA AA; PICANÇO-RODRIGUES D. 2010. Origin and domestication of native Amazonian crops. *Diversity* 2: 72-106.

CRONQUIST, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press. p.13-18.

DEWITT, D. 1999. *The Chile Pepper Encyclopedia: Everything You'll Ever Need to Know about Hot Peppers with More Than 100 Recipes*. New York: William Morrow. 352p.

DEWITT, D; BOSLAND, PW. 2009. *The complete Chile Pepper Book. A Gardener's Guide to Choosing, Growing, Preserving and Cooking*. Portland: Timber Press. 336p.

DJIAN-CAPORALINO, C; LEFEBVRE, V; SAGE-DAUBE`ZE, A-M; PALLOIX, A. 2007. *Capsicum*. In: SINGH, RJ (eds). *Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement: vegetable crops*. Flórida: CRC Press. p. 185-243.

DOMENICO, CI. 2011. *Caracterização agronômica e pungência em pimenta (Capsicum chinense Jacq.)*. Campinas: IAC. 38p (Dissertação mestrado).

DOMENICO, CI; COUTINHO, JP; GODOY, HT; MELO, AMT. 2012. Caracterização agronômica e pungência em pimenta de cheiro. *Horticultura Brasileira* 30:466-472.

DUTRA FILHO, JA; MELO, LJOT; RESENDE, LV; ANUNCIAÇÃO FILHO, CJ; BASTOS, GQ. 2011. Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica* 42: 185-192.

ESHBAUGH, WH. 1993. History and exploitation of a serendipitous new crop discovery. In: JANICK, J; SIMON, JE (eds). *New crops*. New York: Wiley. p. 132-139.

ESHBAUGH, WH. 2012. The Taxonomy of the Genus *Capsicum*. In: RUSSO, VM. (org). *Peppers: Botany, Production and Uses*. Cambridge: CABI Publishing.

ESTEVES, M. 2011. *As novas variedades de pimenta da Embrapa e o mercado pimenteiro: oportunidade de renda para agricultores*. Disponível em: <http://hotsites.sct.embrapa.br/prosarural/programacao/2011/cultivaresde-pimenta-mais-resistentes-e-produtivas-1>. Acessado em 20 de novembro de 2018.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations - Statistics Division). *Production/crops: chillies and peppers*. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acessado em 13 de janeiro de 2019.

FEHR, WR. 1987. *Principles of cultivar development - theory and technique*. New York: Macmillan Publishing Co. 536p.

FERRÃO, LFV; CECOM, PR; FINGER, FL; SILVA, FF; PUIATTI, M. 2011. Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfoagronômicos. *Horticultura Brasileira* 17: 354-358.

FERREIRA, ME. 2008. Genotipagem de coleções de germoplasma vegetal. In: FALEIRO, FG; FARIAS NETO, AL; RIBEIRO JUNIOR, WQ. *Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios*. Planaltina: Embrapa Informação Tecnológica. p. 75-89.

FILGUEIRA, FAR. 2008. *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV. 421p.

FONSECA, RM. 2016. *Caracterização morfoagronômica de gerações de Capsicum annum x Capsicum chinense*. Manaus: Universidade Federal do Amazonas. 142p (Tese doutorado).

FRANCO, J; CROSSA, J; TABA, S; SHANDS, H. 2005. A sampling strategy for conserving genetic diversity when forming core subsets. *Crop Science* 45: 1035-1044.

FREITAS, PGN. 2014. *Vibração de plantas de pimenta (Capsicum spp.) para produção de frutos e sementes em ambiente protegido*. Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 84p (Tese doutorado).

GELETA, LF; LABUSCHAGNE, MT; VILJOEN, CD. 2005. Genetic variability in pepper (*Capsicum annum* L.) estimated by morphological data and amplified fragment length polymorphism markers. *Biodiversity and Conservation* 14: 2361-2375.

GIUFFRIDA, D; DUGO, P; TORRE, G; BIGNARDI, C; CAVAZZA, A; CORRADINI, C; DUGO, G. 2013. Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chemistry* 140(4): 794-802.

HEISER JR, CB. Peppers – *Capsicum* (Solanaceae). 1979. In: SMARTT, J; SIMMONDS, NW. *Evolution of crop plants*. London: Longman. p. 265-273.

HEISER JR, CB. Peppers – *Capsicum* (Solanaceae). 1995. In: SMARTT, J; SIMMONDS, NW. *Evolution of crop plants*. London: Longman. p. 449-451.

HERNÁNDEZ-VERDUGO, S; LUNA-REYES, R; OYAMA, K. 2001. Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annum* (Solanaceae) from Mexico. *Plant Systematics and Evolution* 226: 129-142.

HUNZIKER, AT. 2001. *Genera solanacearum. The genera of Solanaceae illustrated, arranged according to a new system*. Ruggell: Gantner.

IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). *Descritores para Capsicum* (*Capsicum spp.*). 1995. Roma: IPGRI. 51p.

ISHIKAWA, K; JANOS, T; SAKAMOTO, S; NUNOMURA, O. 1998. The contents of capsaicinoids and their phenolic intermediates in the various tissues of the plants of *Capsicum annuum* L. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 17: 22-25.

KAPPEL, VD. 2007. *Avaliação das propriedades antioxidante e antimicrobiana de extrato de Capsicum baccatum* L. var. pendulum. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 74p (Dissertação mestrado).

KUMAR, R; DWIVEDI, N; SINGH, RK; KUMAR, S; RAI, VP; SINGH, MA. 2011. Review on molecular characterization of pepper for capsaicin and oleoresin. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 5: 99-110.

LIMA, JFF. 2010. Plantas e Dor. Contributo para o Estudo Etnoantropológico do Tratamento da Dor. *Dor* 18: 5-19.

LUTZ, DL; FREITAS, SC. 2008. Valor nutricional. In: RIBEIRO, CSC; CARVALHO, SIC; HENZ, GP; REIFSCHNEIDER, FJB. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 31-38.

MENDES, AQ. 2009. *Divergência genética e capacidade de combinação em linhagens de pimentão* (*Capsicum annum* L.). Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 58p (Dissertação mestrado).

MIRANDA, TG. 2014. *Caracterização físico-química de genótipos de pimentas* (*Capsicum chinense* e *Capsicum annum*). Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha. 74p (Dissertação mestrado).

MOREIRA, GR; CALIMAN, FRB; SILVA, DJH; RIBEIRO, CSC. 2006. Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário* 27: 16-29.

MOURA, MCCL; GONÇALVES, LSA; SUDRÉ, CP; RODRIGUES, R; AMARAL JÚNIOR, AT; PEREIRA, TNS. 2010. Algoritmo de Gower na estimativa da divergência genética em germoplasma de pimenta. *Horticultura Brasileira* 28: 155-161.

MÓZSIK, G. 2016. It remains a mystery why people living in hot climates consume spicier food. *Temperature: Multidisciplinary Biomedical Journal* 3(1): 50.

NASCIMENTO FILHO, HRD; BARBOSA, RI; LUZ, FJDF. 2007. Peppers of the genus *Capsicum* cultivated in Roraima, Brazilian Amazonia: Habits and forms of use. *Acta Amazonica* 37(4), 561-568.

NEITZKE, RS; BARBIERI, RL; HEIDEN, G; CASTRO, CM. 2008. Divergência genética entre variedades locais de *Capsicum baccatum* utilizando caracteres multicategóricos. *Magistra* 20: 249-255.

NEITZKE, RS; BARBIERI, RL; RODRIGUES, WF; CORREA, IV; CARVALHO, FIF. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. *Horticultura Brasileira* 28: 47-53, 2010.

NEITZKE RS. 2012. *Recursos genéticos de pimentas do gênero Capsicum - explorando a multiplicidade de usos*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 117p (Tese doutorado).

NUEZ, F; GIL ORTEGA, R; COSTA, J. 1996. In: *El Cultivo de Pimientos. Chiles y Ajies*. Ediciones Mundi-Prensa.

NWOKEM, CO; AGBAJI, EB; KAGBU, JA; EKANEM, EJ. 2010. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria. *Science Journal* 3: 17-21.

PEDROZO, CA; BENITES, FRG; BARBOSA, MHP; RESENDE, MDV; SILVA, FL. 2009. Eficiência de Índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. *Scientia Agrária* 10(1): 031-36.

PEREIRA, AL. 1990. *Cultura do pimentão*. Fortaleza: DNOCS. 50p.

PERUCKA, I; OLESZEK, W. 2000. Extraction and determination of capsaicinoids in fruit of hot pepper *Capsicum annuum* L. by spectrophotometry and high-performance liquid chromatography. *Food Chem.* 71: 287-291.

PICKERSGILL, B. 1969. The archaeological record of chili peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Peru. *American Antiquity* 34: 54-61.

PICKERSGILL, B. 1988. The genus *Capsicum*: a multidisciplinary approach to the taxonomy of cultivated and wild plants. *Biologisches Zentralblatt* 107: 381-389.

PICKERSGILL, B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica, Wageningen* 96: 129-133.

PICKERSGILL, B. 2007. Domestication of plants in the Americas: insights from mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany* 100: 925-940.

PINHEIRO, JB; AMARO, GB; PEREIRA, RB. 2012. *Nematóides em pimentas do gênero Capsicum*. Brasília: Embrapa. 9p.

PINTO, CMF; PINTO, CLDO; DONZELES, S. 2013. Pimenta *capsicum*: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 3(2):108-120.

RAMOS, SRR; QUEIRÓZ, MA; CASALI, VWD; CRUZ, CD. 1999. Recursos genéticos de *Cucurbita moschata*: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro. In: QUEIRÓZ, MA; GOEDERT, CO; RAMOS SRR (eds). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro*. Petrolina: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível em: www.cpatia.embrapa.br. Acessado em 15 de novembro de 2018.

RÊGO, ER; RÊGO, MM; FINGER, FL; CRUZ, CD; CASALI, VWD. 2009. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). *Euphytica* 168: 275-287.

RÊGO ER; RÊGO MM; MATOS, IWF; BARBOSA, LA. 2011. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. *Horticultura Brasileira* 29: 364-371.

RÊGO, ER; FINGER, FL; RÊGO, MM. 2012. Consumption of pepper in Brazil and its implications on nutrition and health of humans and animals. In: SALAZAR, MA; ORTEGA, JM (eds). *Peppers: nutrition, consumption and health*. New York: Nova Science Publishers. p.159-170.

REIFSCHNEIDER, FJB. 2000. *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças. 113p.

REIFSCHNEIDER, FJB; RIBEIRO, CSC. 2008. In: RIBEIRO, CSC; CARVALHO, SIC; REIFSCHNEIDER, FJB. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p.11-14.

REIFSCHNEIDER, FJB; NASS, LL; HENZ, GP; HEINRICH, AG; RIBEIRO, C S; EUCLIDES FILHO, K; ...QUECINI, V. 2015. Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros. Brasília. 156p. Disponível em: https://issuu.com/cica/docs/uma_pitada_de_biodiversidade. Acessado em 18 de novembro de 2018.

REYES-ESCOGIDO, M; GONZALEZ-MONDRAGON, EG; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, E. 2011. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. *Molecules*, 16(2): 1253-1270.

RIBEIRO, CSC; LOPES, CA; CARVALHO, SI; HENZ, GP; REIFSCHNEIDER, FJB. 2008. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 200p.

RIBEIRO, CSC; REIFSCHNEIDER, FJB. 2008. Genética e melhoramento. In: RIBEIRO, CSC; LOPES, CA; CARVALHO, SIC; HENZ, GP; REIFSCHNEIDER, FJB. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 55-69.

RODRIGUES, R; BENTO, CS; SILVA, MGM; SUDRÉ, CP. 2010. Atividades de caracterização e avaliação em bancos de germoplasma. In: PEREIRA, TNS. *Germoplasma: conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas*. Viçosa: Arca. p. 115-140.

RODRIGUES, R; GONÇALVES, LSA; BENTO, CS; ROBAINA, RR; SUDRÉ, CP; AMARAL JÚNIOR, AT. 2012. Combining ability and heterosis for agronomic traits in chili pepper. *Horticultura Brasileira* 30(2): 226-233.

ROZIN, P; MARK, M; SCHILLER, D. 1981. The role of desensitization to capsaicin in chili pepper ingestion and preference. *Chemical Senses* 6(1): 23-31.

SAMPAIO, SAP; RIVITTI, EA. 2000. *Dermatologia*. São Paulo: Artes Médicas. 1155p.

SANTOS, VSF. 2009. *Caracterização morfológica e determinação da pungência em pimentos picantes*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa. 114p (Dissertação mestrado).

SERGEEVA, A. *Which country exports the most green chilies and peppers in the world?*. Disponível em: <https://www.indexbox.io/blog/which-country-exports-the-most-green-chilies-and-peppers-in-the-world/>. Acessado em 11 de janeiro de 2019.

SHETTY, AA; MAGADUM, S; MANAGANVI, K. 2013. Vegetables as sources of antioxidants. *Journal of Food & Nutritional Disorders* 2: 1-5.

SILVA, LL. 2003. *Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos de pimentão*. Piracicaba: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 82p (Dissertação mestrado).

SUDRÉ, CP; LEONARDECZ, E; RODRIGUES, R; AMARAL JUNIOR, AT; MOURA, MCL; GONÇALVES, LSA. 2007. Genetic resources of vegetable crops: a survey in the Brazilian germplasm collections pictured through papers published in the journals of the Brazilian Society for Horticultural Science. *Horticultura Brasileira* 25: 496-503.

SUDRÉ, CP; GONÇALVES, LSA; RODRIGUES, R; AMARAL JÚNIOR, A T; RIVASOUSA, EM; BENTO, C. dos S. 2010. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. *Genetics and Molecular Research* 9: 283-294.

TRIDGE. *Top Exporting countries of chili peppers*. Disponível em: <https://www.tridge.com/intelligences/chili-pepper/export>. Acessado em 07 de janeiro de 2019.

TURNER, NJ; SZCZAWINSKI, AF. 1991. *Common poisonous plants and mushrooms of North America*. Portland: Timber. 311p.

VALVERDE, RMV. 2011. *Composição bromatológica da pimenta malagueta in natura e processada em conserva*. Itapetinga: Universidade Estadual da Bahia. 54p (Dissertação mestrado).

VAUGHAN, JG; GEISSLER, CA. 1997. *The new Oxford book of food plants*. New York: Oxford University. 239p.

VOLÁK, J; STODOLA, J. 1986. *Plantes médicinales*. Paris: Gründ. 319p.

4. CARACTERIZAÇÃO MORFO-AGRONÔMICA DE LINHAGENS DE PIMENTA DO TIPO JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.)

RESUMO

Programas de melhoramento genético dependem da exploração da variabilidade genética disponível em bancos de germoplasma, para o desenvolvimento de combinações gênicas superiores. A diversidade encontrada em *Capsicum* spp. é ampla, com grande variedade de formatos, tamanhos, cores, níveis de pungência e composição nutricional. No entanto, a escolha acertada dos genitores é extremamente importante, sendo considerada a fase mais crítica no melhoramento de plantas, tornando-se necessário a realização de apropriada caracterização morfológica e avaliação agronômica dos acessos. Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar linhagens de pimenta do tipo Jalapeño considerando caracteres de produção, biométricos e qualitativos dos frutos, a fim de possibilitar a escolha de genitores promissores para programas de melhoramento genético desse segmento varietal. Para isso, a condução do estudo foi dividida em Experimento 1, realizado em 2017 e, Experimento 2, realizado em 2018. Foram utilizados seis genótipos de pimenta do tipo varietal Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) e duas testemunhas, a cultivar comercial Jalapeño M e o acesso experimental IAC-1589 (PI159236). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e três repetições. Para as avaliações, os caracteres de produção, biométricos e qualitativos dos frutos foram: massa de frutos por planta (MFP); número de frutos por planta (NFP); produtividade total (PT); massa do fruto (MF); comprimento do fruto (CF); diâmetro do fruto (DF); relação comprimento/diâmetro (CD); número de lóculos (NL); espessura do pericarpo (EP); superfície do fruto (SF); formato do fruto (FF); teor de sólidos solúveis (SS); coloração da epiderme (HV e CrV; HM e CrM) e determinação da pungência (CV e CM). Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Considerando a caracterização dos caracteres de produção, biométricos e qualitativos, as linhagens 3, 4, 5, 6 e 7 reúnem características relevantes que se enquadram na demanda dos diferentes mercados de pimenta (fresca e processada). Dessa forma, essas linhagens apresentaram-se como promissoras para serem utilizadas como genitoras em futuros programas de melhoramento genético de pimenta do tipo Jalapeño.

Palavras-chave: Banco de germoplasma, Melhoramento genético, Pimenta, Descritores

ABSTRACT

Genetic breeding programs depend on genetic variability available in germplasm banks for the development of superior gene combinations. The *Capsicum* spp. diversity is wide, due to its shape, sizes, color, pungency level, and nutritional composition variety. However, the progenitor right choice is extremely important, since it has been considered the most critical phase in plant breeding. Thus, it is necessary to carry out accessions' morphological characterization and agronomic evaluation. The present study aimed to characterize Jalapeno pepper lines, considering fruit production, biometric and qualitative traits, to enable the selection of outstanding parental lines for breeding programs of this varietal group of peppers. The experiment was divided into Experiment 1, carried out in 2017, and Experiment 2, in 2018. Six Jalapeño genotypes and two checks were used, the commercial cultivar Jalapeño M and the experimental accession IAC-1589 (PI159236). The experimental design used was in randomized blocks, within 8 treatments and 3 replications. The productive, biometric and qualitative characters evaluated were: fruit mass per plant (MFP); fruit number per plant (NFP); total yield (PT); fruit mass (MF); fruit length (CF); fruit width (DF); length/width ratio (CD); locules number (NL); pericarp thickness (EP); fruit

surface (SF); fruit shape (FF); soluble solids content (SS); fruit coloring (HV and CrV; HM and CrM) and capsaicin content (CV and CM). The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) with a comparison of means by the Scott-Knott test ($p < 0,05$). Considering the productive, biometric and quality traits, lines 3, 4, 5, 6 and 7 have relevant characteristics that fit the different pepper markets (fresh and processed) demand. Thus, these lines were outstanding to be used as parental lines in future Jalapeño pepper breeding programs.

Keywords: Germplasm, Breeding, Pepper, Descriptors

4.1. INTRODUÇÃO

O cultivo de pimentas *Capsicum* spp. é de extrema importância, tanto por sua potencialidade alimentícia, medicinal, ornamental, econômica, quanto por sua relevância para o agronegócio brasileiro (Ohara & Pinto, 2012), bem como mundial.

A produção mundial de *Capsicum* spp., em 2017, englobando pimenta e pimentão, foi de 36,09 milhões de toneladas em área colhida de 1,98 milhão de hectares, sendo a China, México, Turquia, Indonésia e Espanha os maiores produtores mundiais, que, juntos, obtiveram 75% da produção total (FAOSTAT, 2019).

Já no comércio internacional de hortaliças do gênero *Capsicum*, em 2015, as exportações globais atingiram 3,05 milhões de toneladas, no valor de US\$ 4,2 bilhões (Sergeeva, 2018), enquanto que as importações atingiram 3,07 milhões de toneladas de pimenta e pimentão importados, totalizando US\$ 4,7 bilhões (Avramenko, 2018).

No Brasil, a produção anual dessa hortaliça, compreende cerca de 75 mil toneladas cultivadas em 5 mil hectares (Pinheiro et al., 2012). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (Esteves, 2011). As regiões Sudeste e Centro-Oeste destacam-se como as regiões produtoras mais relevantes do país (Pinto et al., 2016).

A ampla aceitação comercial das pimentas *Capsicum* spp. compreende a comercialização de frutos *in natura* ou processados na forma de molhos, conservas, geleias e pápricas, abrangendo também, a venda de plantas ornamentais e na fabricação de cosméticos e fármacos (Ferraz et al., 2016).

No entanto, a exploração de pimentas do gênero *Capsicum* ainda é incipiente no Brasil. Os trabalhos de melhoramento genético com pimenta são escassos, dificultando, dessa forma, a obtenção de cultivares com alta produtividade e qualidade, sobretudo cultivares resistentes à pragas e doenças (Bianchetti & Carvalho, 2005).

Os programas de melhoramento genético dependem da exploração da variabilidade genética disponível, em bancos de germoplasma, para o desenvolvimento de combinações

gênicas superiores (Bianchetti & Carvalho, 2005). A diversidade encontrada em *Capsicum* spp. é ampla, com grande variedade de formatos, tamanhos, cores e sabores de fruto, e também com diferentes níveis de pungência e de composição nutricional (Bosland & Votava, 1999; Reifschneider, 2000).

De acordo com Alves (2015), o melhoramento do gênero *Capsicum* teve início com a domesticação das espécies pelos indígenas das Américas. A diversificação aumentou com introdução de raças crioulas e de seleção natural praticada pelas comunidades, que estavam, involuntariamente, praticando o método de melhoramento conhecido como seleção massal (Reifschneider, 2000).

Atualmente, melhoristas de *Capsicum* spp. têm optado e dado destaque ao uso de hibridação para obtenção de híbridos (Abreu, 2016). Trata-se de um método que agrega características de interesse em um mesmo genótipo (Rêgo et al., 2009). No entanto, anteriormente à hibridação, a escolha acertada dos genitores é extremamente importante, sendo considerada a fase mais crítica no melhoramento de plantas. Em geral, um dos parentais é escolhido em função de seu comportamento em comparação à variedade a ser substituída e o outro é escolhido para complementar as deficiências específicas do primeiro genitor (Allard, 1971). Para isso, torna-se necessário a realização de apropriada caracterização morfológica e avaliação agrônômica dos acessos (Reifschneider, 2000).

A caracterização morfológica é um processo que, por meio de uma lista de descritores, fornece maiores informações sobre o germoplasma conservado (Ramos et al., 1999). Os descritores são geralmente caracteres altamente herdáveis que podem ser clara e eficazmente observados por identificação visual e são igualmente expressos em todos os ambientes (Rodrigues et al., 2010). Ademais, a caracterização morfológica e as avaliações agrônômicas são normalmente as formas mais acessíveis para avaliar a diversidade genética, e seu uso potencial tem sido bastante utilizado nas coleções de germoplasma de *Capsicum* spp. (Domenico, 2011).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar linhagens de pimenta do tipo Jalapeño considerando caracteres de produção, biométricos e qualitativos dos frutos, a fim de possibilitar a escolha de genitores promissores para programas de melhoramento genético desse segmento varietal.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Material experimental

Os genótipos de pimenta utilizados para a condução do estudo dividido em Experimento 1, realizado em 2017 e, Experimento 2, realizado em 2018, fazem parte de coleção cedida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pertencente ao banco de germoplasma de *Capsicum* da instituição, ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP).

Foram utilizados seis genótipos de pimenta do tipo varietal Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) e duas testemunhas, a cultivar comercial Jalapeño M, concedida pela empresa Agristar do Brasil, e o acesso experimental IAC-1589 (PI159236), já utilizado em estudos anteriores pelo Departamento de Genética da ESALQ/USP. Os genótipos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Relação dos genótipos experimentais de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) e das testemunhas utilizadas para condução dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

Genótipos	Identificação de campo	Procedência
IAC Jalapeño 969	1	IAC/ESALQ*
IAC Jalapeño 995	2	IAC/ESALQ
IAC 943 (22)	3	IAC/ESALQ
IAC Jalapeño AS 1062 (34)	4	IAC/ESALQ
IAC Jalapeño 1266 (35)	5	IAC/ESALQ
63/5IAC Jalapeño 1550 (31)	6	IAC/ESALQ
IAC-1589 (PI159236)	7	IAC/ESALQ
Jalapeño M**	8	Agristar do Brasil

*acessos de coleção doada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) à ESALQ/USP.

**sementes cedidas pela empresa detentora Agristar do Brasil.

4.2.2. Produção de mudas

Visando uniformidade e qualidade, as mudas foram produzidas pela empresa familiar IBS Mudas, localizada no município de Piracicaba, estado de São Paulo, situada sob as coordenadas geográficas de 547 m de altitude, com latitude Sul de 22°37'46'' e longitude Oeste de 47°36'07''.

As sementeiras ocorreram em 12 de maio de 2017 para o Experimento 1 e 19 de dezembro de 2017, para o Experimento 2. Foram utilizadas bandejas de polietileno de 128 células, as quais foram preenchidas com substrato comercial à base de fibra de casca de coco (Anaconda®). Em cada célula foi depositada uma semente e, a seguir, a bandeja foi coberta por uma leve camada de vermiculita.

Para a germinação e o desenvolvimento das mudas, as bandejas foram mantidas em estufa agrícola, de estrutura tipo arco, com 100 m de comprimento, 10 m de largura e 4 m de pé direito e com cobertura de plástico de polietileno com difusor de 150 μm . As quatro laterais da estufa foram protegidas com tela antiafídeo. As bandejas foram dispostas sobre bancada suspensa a 0,5 m de altura do piso revestido com concreto. Utilizou-se irrigação por aspersão em sistema de barras móveis e a fertirrigação foi realizada por meio do mesmo sistema de acordo com o manejo nutricional exigido pela cultura e executado pela empresa.

As mudas foram mantidas nessas condições por 66 dias, sendo 16 dias até a germinação completa das sementes viáveis e 50 dias para crescimento e desenvolvimento das mudas até o estágio de 5 a 6 pares de folhas verdadeiras, para o Experimento 1 e, por 45 dias, sendo 11 dias até a germinação completa das sementes viáveis e 34 dias para crescimento e desenvolvimento das mudas até o estágio de 5 a 6 pares de folhas verdadeiras, para o Experimento 2.

4.2.3. Localização e caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido em área experimental do Departamento de Genética da ESALQ/USP, situada no município de Piracicaba, estado de São Paulo, por dois anos consecutivos, 2017 e 2018.

O clima do município de Piracicaba, segundo a classificação de Koppen (1928), é do tipo Cwa, caracterizado como mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18 °C e a do mês mais quente ultrapassa 22 °C. O total de chuvas do mês mais seco é inferior a 30 mm. Em termos anuais, a precipitação média varia de 1.100 a 1.300 mm. A estação seca ocorre durante os meses de abril a setembro, sendo julho o mês mais seco e, na estação chuvosa, janeiro e fevereiro são os meses de maior pluviosidade.

Durante o período de condução dos Experimentos 1 e 2, foram obtidos dados climáticos da base de dados da Estação Meteorológica Automática da Área de Física e Meteorologia da ESALQ (Tabela 2 e Figura 1) para melhor compreensão das variáveis atuantes no campo.

Tabela 2. Valores médios mensais de insolação (IN), precipitação (PR), umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (T MÁX), temperatura mínima (T MIN), temperatura média (T MÉD) e evaporação (EV). Dados registrados no período dos Experimentos 1 e 2, para os anos 2017 e 2018, pelo Posto Meteorológico de Piracicaba. ESALQ, 2019.

	IN h/mês		PREC. mm		UR %		T. MÁX °C		T. MIN °C		T. MÉD °C		EV. mm	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Jan		183,7		225,0		80		30,3		19,4		24,8		6,1
Fev		193,5		71,6		76		30,2		18,2		24,2		6,2
Mar		255,3		204,5		79		32,1		19,6		25,8		5,5
Abr		260,0		35,1		73		29,6		15,9		22,8		4,6
Mai	205,4	250,6	161,6	11,7	81	71	26,2	27,9	14,8	12,3	20,5	20,1	4,6	3,9
Jun	213,4	163,3	17,8	8,9	78	73	25,1	27,5	11,8	12,9	18,4	20,2	3,1	2,8
Jul	267,5	256,7	0,0	2,4	68	62	25,3	28,7	9,5	10,1	17,4	19,4	3,9	2,8
Ago	216,1	197,2	50,6	105,7	70	73	26,3	25,7	12,3	11,3	19,3	18,5	4,5	3,6
Set	301,8		46,7		55,3		32,1		13,9		23,1		5,5	
Out	199,5		80,5		71		30,3		17,3		23,8		5,3	
Nov	223,4		235,7		73		29,6		16,9		23,3		5,5	
Dez	212,4		148,6		76		31,0		19,4		25,2		6,5	

Fonte: Série de dados climatológicos do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP. Departamento de Engenharia de Biossistemas. ESALQ/USP, 2019.

Figura 1. Totais de precipitação mensal, em milímetros, registrados pelo Posto Meteorológico de Piracicaba em 2017 e 2018, durante o período de condução dos Experimentos 1 e 2. ESALQ, 2019.

Fonte: Série de Dados Climatológicos do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP. Departamento de Engenharia de Biossistemas. ESALQ/USP, 2019.

O solo da área experimental é classificado como Terra Roxa Estruturada (Ranzani et al., 1966), situado a 518 m de altitude, com latitude Sul de 22°42'13" e longitude Oeste de 47°38'24". As análises químicas e de textura do solo da área experimental estão apresentadas

na Tabela 3. Para a caracterização química do solo, foram determinados pH em água, quantidade de matéria orgânica (MO), teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e calculadas a acidez potencial (H+Al), a soma de bases, a saturação por Al (m%), a saturação por bases (V%) e a capacidade de troca de cátions (CTC).

Tabela 3. Análise química do solo da área experimental, localizada no Departamento de Genética. Piracicaba, ESALQ, 2019.

pH (CaCl ₂)	M.O	P (resina)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	Soma de bases	CTC	Sat. Bases	Sat. Al	S (SO ₄)
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³							V%	m%	mg dm ⁻³
4,90	16	35	1,8	27	11	38	2	40	78	51	5	8

4.2.4. Condução do experimento em campo

O solo da área experimental foi preparado convencionalmente com operações mecanizadas de aração e gradagem. A seguir, foram confeccionados cinco sulcos com 30 m de comprimento. Os dois sulcos das extremidades foram considerados bordaduras e os três centrais foram utilizados como área útil. A área total de cada um dos experimentos abrangeu 270 m² (30 m x 9 m).

A adubação de plantio, em ambos os experimentos, foi realizada manualmente nos sulcos ainda abertos, de acordo com a necessidade nutricional da cultura, tendo como base a análise de solo da área (Tabela 3).

Para suprir a demanda hídrica da cultura, com a finalidade de manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, adotou-se sistema de irrigação localizado por meio de fitas gotejadoras, com espaçamento de 0,20 m entre os emissores.

O transplante das mudas para o local definitivo ocorreu em 17 de julho de 2017, aos 66 dias a após semeadura (DAS) para o Experimento 1 e em 7 de fevereiro de 2018 para o Experimento 2, quando as mudas apresentavam de 5 a 6 pares de folhas verdadeiras (Figura 2). Os transplantes foram realizados manualmente nos sulcos de plantio. O espaçamento utilizado foi de 0,6 m entre plantas e 1,8 m entre sulcos de plantio.

Figura 2. Campo experimental de avaliação de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.), mostrando as mudas recém transplantadas. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

A adubação de cobertura foi feita via fertirrigação semanal até o final do ciclo de produção da cultura e também foi calculada de acordo com a necessidade nutricional da espécie.

Para o manejo de pragas e doenças, realizou-se a intervenção preventiva com práticas culturais e produtos recomendados para a cultura, visando controlar vetores como tripses (*Thrips* spp., *Frankliniella* spp.), mosca-branca (*Bemisia tabaci*) e doenças limitantes como tospovirose (*Tospovirus*), antracnose (*Colletotrichum* spp.) e murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).

O controle de plantas infestantes foi feito semanalmente após o transplântio, por meio de capina manual. Após a formação da copa das pimenteiras, essa atividade passou a ser executada quinzenalmente.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e três repetições (Figura 3). Cada bloco (30 m lineares) foi constituído por 50 plantas, considerando-se como bordadura as cinco plantas de cada extremidade. Cada parcela experimental foi constituída de cinco plantas, considerando como parcela útil as três plantas centrais. No total, o experimento foi composto por 250 plantas, sendo 72 consideradas úteis e 178 consideradas bordaduras.

Figura 3. Croqui da área experimental de avaliação agrônômica de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

4.2.5. Avaliação agrônômica

A caracterização e a avaliação agrônômica dos frutos dos genótipos de pimenta Jalapeño foram realizadas nas três plantas centrais da parcela experimental, para cada acesso. Os frutos do Experimento 1 foram colhidos em 16 de outubro de 2017, aos 90 dias após o transplântio (DAT) e colhidos dia 18 de maio de 2018 no Experimento 2, aos 100 DAT. Em ambos os experimentos, a colheita ocorreu quando mais de 50% dos frutos da parcela ainda apresentavam coloração verde escura, porém, completamente desenvolvidos. As avaliações foram realizadas no laboratório de campo do Departamento de Genética.

4.2.5.1. Caracteres de produção

Para avaliação da produção, os frutos foram colhidos e armazenados em sacos plásticos identificados. Foram avaliadas as seguintes características:

- a. **Massa de frutos por planta (MFP):** obtida através da relação entre a massa de todos os frutos e o número de plantas da parcela. A massa dos frutos foi mensurada por meio de balança digital. Resultados expressos em g planta⁻¹;
- b. **Número de frutos por planta (NFP):** obtido através da relação entre o número de frutos e o número de plantas da parcela. Resultados expressos em frutos plantas⁻¹;

- c. **Produtividade total (PT):** obtida através da multiplicação da massa de frutos por planta (MF) por 9.260 plantas (total de plantas por hectare). Resultados expressos em $t\ ha^{-1}$.

4.2.5.2. Caracteres biométricos

Para a avaliação de biometria, oito frutos foram escolhidos aleatoriamente a partir do montante dos frutos colhidos de cada parcela. Em seguida, foram armazenados em sacos plásticos identificados para a realização da avaliação das seguintes características:

- Massa do fruto (MF):** obtida através da média da massa de 8 frutos escolhidos aleatoriamente e pesados em balança digital. Resultados expressos em gramas (Figura 4);
- Comprimento do fruto (CF):** obtido através da média de 8 frutos de cada acesso, medindo-se da base da inserção do pedúnculo ao ápice do fruto com auxílio de paquímetro digital. Resultados expressos em centímetros (Figura 4);

Figura 4. Avaliação agrônômica pós colheita de frutos de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.): pesagem individual da massa (esquerda), medição do comprimento do fruto (centro) e avaliação colorimétrica da epiderme (direita). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

- Diâmetro do fruto (DF):** obtido através da média de 8 frutos de cada acesso, medindo-se o terço superior transversal de cada fruto com auxílio de paquímetro digital. Resultados expressos em centímetros;
- Relação comprimento/diâmetro (CD):** obtida pela razão entre o comprimento e o diâmetro dos frutos;
- Número de lóculos (NL):** valor médio obtido através da contagem do número de lóculos em 8 frutos de cada acesso, após corte transversal (Figura 5);

- f. **Espessura do pericarpo (EP):** valor médio obtido de 8 frutos de cada acesso, por meio da medida entre o epicarpo e o mesocarpo em corte transversal do terço superior do fruto, utilizando-se paquímetro digital. Resultados expressos em milímetros (Figura 5);

Figura 5. Variação do número de lóculos (esquerda) e espessura do pericarpo (direita) em frutos de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

- g. **Superfície do fruto (SF):** valor atribuído a 8 frutos de cada acesso por meio de escala de notas estabelecida pelo *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI,1995) e adaptada para caracterizar pimenta do tipo Jalapeño. Nota 1 = superfície lisa; 2 = superfície com presença de *microcracking*; 3 = superfície com presença de *cracking* (rachadura suberizada); 4 = superfície lisa com presença de *cracking* e 5 = superfície com presença de *microcracking* e *cracking* (Figura 6);

Figura 6. Da esquerda para a direita, progressão da intensidade de *cracking* (rachadura) em frutos de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

- h. **Formato do fruto (FF):** valor atribuído para 8 frutos de cada acesso escolhidos ao acaso, sendo nota 1 = campanulado; 2 = arredondado; 3 = alongado; 4 = triangular; e 5 = cônico, conforme representado na Figura 7.

Figura 7. Descritor utilizado para a avaliação do formato do fruto de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). (1) campanulado, (2) arredondado, (3) alongado, (4) triangular e (5) cônico (IPGRI, 1995).

4.2.5.3. Caracteres qualitativos

Para avaliação qualitativa do fruto, a análise do teor de sólidos solúveis (SS) foi realizada em frutos de maturação incompleta e coloração verde escura. Já as análises de coloração da epiderme (HV e CrV, HM e CrM) e quantificação do conteúdo de capsaicinoides (CV e CM) foram realizadas em dois estádios de maturação: maturação incompleta, quando os frutos apresentavam coloração verde escura, e maturação completa quando os frutos apresentavam coloração vermelha. A análise de CV e CM foi realizada somente no Experimento 2.

- a. **Teor de sólidos solúveis (SS):** medição realizada em 8 frutos de cada acesso, através da trituração e homogeneização de cada fruto com posterior leitura direta da polpa através de refratômetro digital (marca Atago, modelo PR-32α). Resultados expressos em graus Brix (°Brix);
- b. **Coloração da epiderme – Ângulo Hue e Croma (HV e CrV; HM e CrM):** determinada utilizando-se colorímetro (*Konica Minolta Chromometer*, CR 300) no padrão CIE-L*a*b*. O ângulo Hue (H°), foi calculado usando-se a fórmula $^{\circ}\text{Hue} =$

$\tan^{-1}b^*/a^*$. O valor de Croma (Cr) foi obtido pela fórmula $\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$. Valores L^* representam luminosidade; a^* definem a escala verde/vermelho e b^* a escala amarelo/azul. As medições de cor foram realizadas nas faces opostas na região equatorial de 4 frutos verdes (HV e CrV) e 4 frutos maduros (HM e CrM) de cada acesso (Figura 4). Resultados expressos em $^{\circ}\text{Hue}$ e Croma;

- c. **Determinação da pungência (CV e CM):** quantificação do conteúdo de capsaicinoides feita através de leitura do extrato de pimenta verde (CV) e madura (CM) em espectrofotômetro. O método utilizado foi o proposto por Rossi & Sartoratto (2014) (Figura 8). Resultados expressos em miligramas de capsaicinoides por gramas de pimenta.

Figura 8. Etapas da determinação do conteúdo de capsaicinoides em frutos de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

4.2.6. Análise estatística

4.2.6.1. Análise de variância

Os dados obtidos nas avaliações dos caracteres de produção, biométricos e qualitativos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando-se do programa estatístico SISVAR, versão 5.7 (Ferreira, 2011).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Caracteres de produção

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados obtidos a partir da análise de variância (ANAVA) para os caracteres de produção das linhagens experimentais de pimenta do tipo Jalapeño avaliadas nos anos de 2017 (Experimento 1) e de 2018 (Experimento 2).

Observa-se que os coeficientes de variação (CV%) obtidos na ANAVA foram altos para todos os caracteres analisados (Tabela 4), com valores oscilando de 24,01 a 47,56%. Na experimentação agrícola, sobretudo em experimentos conduzidos em campo, o coeficiente de variação é tanto maior quanto maior for a variação ambiental, sendo que essa variação se deve aos fatores controláveis ou não controláveis ou ocorrem ao acaso, de forma aleatória em diferentes intensidades e em todo o ciclo de cultivo da cultura (Steel & Torrie, 1980; Pimentel-Gomes, 2000; Ramalho et al., 2012).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT), dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.

FV	GL	Quadrados médios		
		MFP	NFP	PT
Experimento 1				
Genótipo	7	72.721,12ns	197,71ns	6,24ns
Bloco	2	114.959,08ns	180,54ns	9,86ns
Erro	14	43.763,04	91,44	3,75
CV (%)		27,73	24,01	27,73
Experimento 2				
Genótipo	7	279.721,58**	793,02**	49,72**
Bloco	2	101.561,71ns	159,54ns	18,04ns
Erro	14	61.858,89	316,69	10,99
CV (%)		46,92	47,56	46,92

*, ** e ns: representam, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo Teste F; CV = coeficiente de variação.

Entre os fatores que são considerados como fontes mais relevantes de variação em experimentos de campo estão a heterogeneidade do solo e a variabilidade genética do material experimental (Storck et al., 2000; Ramalho et al., 2012). Essas fontes de variação são agravadas em regiões sob efeito de clima tropical (Ramalho et al., 2012).

Nos Experimentos 1 e 2, a influência de variação ambiental sobre os caracteres de produção avaliados é evidente. Em concordância com os resultados encontrados nesses experimentos, Sudré (2003), ao caracterizar agronomicamente uma população de *Capsicum*

spp., verificou valores de coeficiente de variação para massa de frutos por planta de 41,45%. Já Sousa & Maluf (2003) registraram coeficiente de variação de 45,54% para produção total de fruto de pimenta. Ambos os resultados são próximos aos encontrados no presente trabalho.

No resumo da ANAVA (Tabela 4), verifica-se que no Experimento 1 não foram obtidos efeitos significativos entre os genótipos estudados para os caracteres de produção MFP, NFP e PT. No entanto, para o Experimento 2 foram encontrados efeitos significativos para todos os caracteres.

Tabela 5. Valores médios dos genótipos para os caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), em gramas; número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT), em t ha⁻¹, dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.

Genótipo	MFP		NFP		PT	
	Experimento 1					
1	595,6	a	35,67	a	5,51	a
2	685,43	a	43,33	a	6,34	a
3	1.013,70	a	49,67	a	9,38	a
4	845,53	a	48,00	a	7,83	a
5	842,01	a	41,00	a	7,80	a
6	808,83	a	43,00	a	7,49	a
7	526,02	a	25,67	a	4,87	a
8	717,28	a	32,33	a	6,64	a
média	754,30		39,83		6,98	
Experimento 2						
1	241,84	b	22,33	b	3,22	b
2	412,46	b	31,00	b	5,50	b
3	535,47	b	36,33	b	7,14	b
4	498,02	b	33,33	b	6,64	b
5	275,45	b	25,67	b	3,67	b
6	850,70	a	58,67	a	11,34	a
7	1.113,33	a	66,33	a	14,84	a
8	313,53	b	25,67	b	4,18	b
média	530,10		37,41		7,07	
média geral	642,2		38,62		7,02	

Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Observa-se que no Experimento 2 (Tabela 5), a linhagem 7 ficou entre as mais produtivas, mas apresentou o pior desempenho no Experimento 1, embora não tenha diferido estatisticamente das demais linhagens testadas. Esse resultado contraditório, pode ser atribuído ao fato de que o Experimento 1 ter sido colhido aos 90 DAT enquanto a colheita do Experimento 2 ocorreu aos 100 DAT. Essa diferença de 10 dias nas datas de colheitas dos dois experimentos deveu-se à decisão de prevenir eventuais riscos durante a colheita do Experimento 1 cuja colheita iria coincidir com o período de altas precipitações em Piracicaba.

Como o ciclo de maturação da linhagem 7 é o mais tardio entre as linhagens avaliadas, esse genótipo foi prejudicado pelo fato de seus frutos não estarem completamente desenvolvidos para serem colhidos aos 90 DAT, resultando em redução significativa de produtividade.

Ulhoa (2013), ao caracterizar linhagens de Jalapeño amarelo utilizando descritores morfológicos, para, posteriormente, selecionar linhagens promissoras, obteve, para o material CNPH 25.368, 539,77 g planta⁻¹. Já Gomes et al. (2019), ao fazerem a triagem de linhagens avançadas de pimenta Jalapeño, com potencial para colheita mecanizada, relataram produção média de 1.200 g planta⁻¹, sendo que a cultivar comercial BRS Sarakura produziu, aproximadamente, 1.000 g planta⁻¹. Dessa forma, verifica-se que, no presente estudo algumas linhagens superaram os resultados encontrados por Ulhoa (2013) e foram similares aos resultados encontrados por Gomes et al. (2019), como a linhagem 7 (1.113,33 g planta⁻¹), no Experimento 2, que superou, em cerca de 72%, a da linhagem 8, que corresponde à cv. comercial Jalapeño M (4,87 t ha⁻¹).

Apesar de ter sido detectada diferença significativa para NFP apenas no Experimento 2, que variou de 22 a 66 frutos planta⁻¹ para as linhagens 1 e 7, respectivamente, verifica-se, que os valores encontrados no presente trabalho para esse caráter superaram a média de frutos por planta reportada por Dewitt & Bosland (2009) para cultivares do tipo Jalapeño que variou de 25 a 35 frutos planta⁻¹.

4.3.2. Caracteres biométricos

O resumo da ANAVA para os caracteres biométricos (Tabela 6) revela efeitos significativos entre os genótipos estudados para a maioria das características de frutos avaliadas. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas para número de lóculos (NL) e espessura do pericarpo (EP) para ambos os experimentos e, superfície do fruto (SF), no Experimento 2.

Nas avaliações dos caracteres biométricos, foram obtidos coeficientes de variação (CV%) que oscilaram de 1,03 a 12,30% para o Experimento 1 e, de 5,84 a 33,79%, para o Experimento 2. Como essas avaliações foram realizadas em laboratório, com equipamentos calibrados, apenas um avaliador e em ordem pré-estabelecida, registraram-se coeficientes de variação baixos e médios. A exceção foi a característica SF que, em ambos os experimentos, apresentou maiores coeficientes de variação. Presume-se que esse resultado se deve à variação da SF na própria planta. Conforme mencionado em Material e Métodos, tal característica foi avaliada através de notas, em que, a nota 1 refere-se a frutos de superfície lisa e 5, superfície

com presença de *microcracking* e *cracking*. O *cracking*, aspecto estriado em frutos de pimenta Jalapeño está relacionado à presença ou ausência de fissuras na epiderme do fruto durante seu máximo desenvolvimento, que são, entre outros motivos, causadas por condições ambientais e de manejo. Além disso, deve-se considerar que a planta apresenta múltiplas floradas e as condições nem sempre são as mesmas, ocasionando tal variação para os frutos de uma mesma planta.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para os caracteres biométricos massa do fruto (MF), comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, relação comprimento/diâmetro (CD), número de lóculos (NL), espessura do pericarpo (EP), superfície (SF) e formato (FF) do fruto, dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.

FV	GL	Quadrados médios							
		MF	CF	DF	CD	NL	EP	SF	FF
Experimento 1									
Genótipo	7	72,71**	5,13**	0,26**	0,86**	0,04ns	0,10ns	4,66**	0,89**
Bloco	2	7,03ns	0,11ns	0,09*	0,03ns	0,04ns	0,27ns	0,12ns	0,01ns
Erro	14	3,46	0,55	0,02	0,08	0,04	0,22	0,12	0,01
CV (%)		7,03	9,63	5,29	10,37	6,35	11,34	12,30	1,03
Experimento 2									
Genótipo	7	68,71**	4,97**	0,33**	1,77**	0,04ns	0,29ns	0,18ns	1,04**
Bloco	2	1,54ns	0,25ns	0,040ns	0,03ns	0,04ns	0,15ns	0,16ns	0,12ns
Erro	14	3,57	0,34	0,018	0,08	0,04	0,13	0,16	0,08
CV (%)		11,39	9,60	5,84	10,13	6,71	13,08	33,79	7,18

*, ** e ns: representam, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo Teste F; CV = coeficiente de variação.

Figura 9. Exemplares dos genótipos experimentais de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) e das testemunhas (Tabela 1), colhidos aos 100 DAT. Experimento 2. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

Tabela 7. Valores médios dos genótipos para os caracteres biométricos massa do fruto (MF), em gramas; comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, em centímetros; relação comprimento/diâmetro (CD); número de lóculos (NL); espessura do pericarpo (EP), em milímetros; superfície (SF) e formato (FF) do fruto, dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.

Genótipo	MF		CF		DF		CD		NL		EP		SF		FF	
Experimento 1																
1	19,86	b	5,91	b	2,56	c	2,30	d	3	a	4,18	a	1	c	4	triangular
2	18,16	b	6,00	b	2,50	c	2,39	d	3	a	3,95	a	3	b	4	triangular
3	29,31	a	6,97	b	3,40	a	2,06	d	3	a	4,09	a	3	b	4	triangular
4	28,35	a	8,80	a	2,76	b	3,21	b	3	a	4,21	a	4	a	4	triangular
5	29,44	a	9,55	a	2,60	c	3,75	a	3	a	4,24	a	3	b	3	alongado
6	25,73	a	7,65	a	2,80	b	2,74	c	3	a	3,89	a	1	c	4	triangular
7	29,26	a	8,34	a	2,93	b	2,89	c	3	a	3,91	a	4	a	5	cônico
8	31,78	a	8,23	a	3,00	b	2,77	c	3	a	4,44	a	4	a	4	triangular
média	26,48		7,68		2,81		2,76		3		4,11		2,87		4	
Experimento 2																
1	11,19	d	4,92	c	2,15	b	2,29	b	3	a	2,76	a	1	a	4	triangular
2	9,88	d	5,09	c	1,99	c	2,55	b	3	a	2,80	a	1	a	4	triangular
3	13,79	c	4,60	c	2,49	a	1,85	b	3	a	3,07	a	1	a	4	triangular
4	21,00	a	8,51	a	2,25	b	3,81	a	3	a	2,28	a	1,33	a	4	triangular
5	15,85	c	6,97	d	1,73	d	4,02	a	3	a	2,76	a	1,33	a	3	alongado
6	19,69	b	5,94	c	2,66	a	2,24	b	3	a	3,14	a	1	a	4	triangular
7	23,45	a	6,69	b	2,70	a	2,48	b	3	a	3,20	a	1	a	5	cônico
8	17,86	b	6,25	b	2,22	b	2,82	b	3	a	2,54	a	1	a	4	triangular
média	16,59		6,13		2,27		2,76		3		2,82		1,08		4	
média geral	21,53		6,90		2,54		2,76		3		3,46		1,97		4	

Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Considerando os caracteres biométricos (Tabela 7) MF, CF e DF, de modo geral, ficou evidente que, no Experimento 1, o ganho de massa e medidas de comprimento e diâmetro foram maiores que no Experimento 2, com os valores médios variando de 26,48 e 16,59 g fruto⁻¹, para MF, 7,68 e 6,13 cm, CF e, 2,81 e 2,27 cm, para DF, respectivamente.

Para a MF, destacaram-se as linhagens 3 (29,31 g fruto⁻¹), 4 (28,35 g fruto⁻¹), 5 (29,44 g fruto⁻¹), 6 (25,73 g fruto⁻¹), 7 (29,26 g fruto⁻¹) e 8 (31,78 g fruto⁻¹), que não diferiram estatisticamente entre si, no Experimento 1 e, as linhagens 7 (23,45 g fruto⁻¹) e 4 (21,00 g fruto⁻¹), no Experimento 2 por apresentarem-se estatisticamente superiores às demais linhagens avaliadas.

Já em relação aos CF e DF, os frutos de maior comprimento foram registrados pelas linhagens 4 (8,80 cm), 5 (9,55 cm), 6 (7,65 cm), 7 (8,34 cm) e 8 (8,23 cm) no Experimento 1 e, pela linhagem 4 (8,51 cm), no Experimento 2, enquanto que, frutos de maior diâmetro foram registrados pela linhagem 3 (3,40 cm) no Experimento 1 e, 3 (2,49 cm), 6 (2,66 cm) e 7 (2,70 cm), no Experimento 2. Ulhoa et al. (2017), ao caracterizar morfologicamente linhagens de pimenta Jalapeño, verificaram comprimento e diâmetro de frutos variando de 6,2 cm a 9,6

cm e 1,6 cm a 2,8 cm, respectivamente. No presente estudo, os resultados foram similares em termos de comprimento de fruto e ligeiramente maiores para o diâmetro de frutos.

Merece destaque ainda as linhagens 1, 2 e 3, na consistência dos resultados, ao gerarem os menores frutos em ambos os experimentos. Isso se deve ao fato de tais linhagens terem se desenvolvido pouco em campo, apresentando plantas com pouca cobertura de foliar e baixo vigor de crescimento vegetativo e reprodutivo.

Quanto à relação CD, essa razão está diretamente relacionada à noção preliminar do formato do fruto (Chitarra & Chitarra, 2005). Desse modo, frutos com formato mais ou menos pontiagudos apresentam relação $CD > 1,0$ ou, ovalados, quando a relação CD encontra-se próxima a 1,0 (Melo et al., 2013). No presente estudo, no Experimento 1, as linhagens 1, 2 e 3, mostraram resultados mais próximos a 1,0 e a linhagem 5, apresentou formato mais pontiagudo, devido os valores serem mais distantes de 1,0. Por sua vez, no Experimento 2, as linhagens 4 e 5 apresentaram resultados mais distantes de 1,0, enquanto que as demais linhagens (1, 2, 3, 6, 7 e 8) apresentaram resultados mais próximos de 1,0 e, portanto, de formatos pontiagudo e ovalado, respectivamente.

Para FF, observou-se consistência nos resultados, uma vez que o formato não variou, em ambos os experimentos. No entanto, verificou-se diferença entre as linhagens, e estas foram agrupadas da seguinte maneira: linhagens 1, 2, 3, 4, 6 e 8 com frutos de formato triangular (Figura 7); linhagem 5, com frutos de formato alongado (Figura 7), em concordância com o resultado para relação CD apresentado anteriormente, considerada a linhagem de formato mais pontiagudo; e a linhagem 7, com frutos de formato cônico (Figura 9).

Com relação a NL, observou-se que não houve diferença significativa entre as linhagens para ambos os experimentos. O valor médio de número de lóculos encontrados nas pimentas avaliadas foi de 3 lóculos. Pimenta et al. (2016), ao avaliar quatro linhagens de *Capsicum annuum* e a cv. Jalapeño M como testemunha, verificou a predominância de 3 a 4 lóculos para os frutos, corroborando o resultado encontrado neste trabalho.

Embora não tenha havido diferença estatística entre as linhagens para EP, merece registro de que essa característica é muito importante quando se trata de produção de pimenta para a fabricação de molhos, já que frutos de pimenta Jalapeño apresentam espessura de polpa diferenciada das demais espécies de pimenta. Assim, quanto mais espesso o pericarpo do fruto mais polpa será produzida, resultando em maior quantidade de molho (Di Prado, 2013). Essa é uma das razões para o aumento da demanda por esse tipo de pimenta no Brasil (Ulhoa et al., 2014).

Para o Experimento 1, observou-se a linhagem 5 com espessura do pericarpo semelhante (4,24 mm) ao da cultivar comercial Jalapeño M (4,44 mm), evidenciando que tal característica é de extrema importância para as empresas que selecionam materiais com aptidão para a agroindústria de molhos de pimenta. Ulhoa et al. (2017), avaliando cinco linhagens promissoras de pimenta Jalapeño previamente selecionadas, obteve para a linhagem CNPH 25.369 resultado de 4 mm para espessura do pericarpo e, portanto, ligeiramente inferior ao verificado no presente trabalho.

Considerando o caráter SF, verificou-se que houve diferença significativa apenas para o Experimento 1, não sendo encontrado efeito significativo no Experimento 2, já que para todas as linhagens avaliadas, a nota atribuída para superfície do fruto foi 1, representando superfície de fruto lisa. No entanto, para o Experimento 1, foram obtidas três classes de resultados: linhagens 1 e 6 com nota atribuída referente a superfície do fruto lisa, linhagens 2, 3 e 5, com nota referente a superfície do fruto com presença de *cracking* e, as linhagens 4, 7 e 8 com notas atribuídas referentes a superfície do fruto lisa com presença de *cracking*.

O *cracking*, termo utilizado para designar as rachaduras nas paredes de frutos de hortaliças como tomate (Dorais et al., 2004) e pimenta (Moreshet et al., 1999), é causado pelo rompimento do pericarpo ao longo do fruto, especialmente quando este atinge desenvolvimento completo em seu tamanho (Opara et al., 1997), podendo ocorrer em diferentes intensidades e estádios de maturação. Essas rachaduras caracterizam-se por fissuras externas suberizadas, sendo consideradas características de pimentas Jalapeño, já que é comumente encontrada nesse tipo varietal de pimenta (Andrews, 1985; Johnson & Knavel, 1990).

No entanto, a presença do *cracking* no pericarpo do fruto pode interferir na integridade estrutural e firmeza (Opara et al., 1997). Além disso, frutos com a presença de *cracking* apresentam maior perda de água por essas rachaduras, maior propensão à incidência de fungos, uma vez que as rachaduras servem de porta de entrada para tais patógenos, acarretando na redução de qualidade e pós-colheita dessa pimenta.

De acordo com Jansasithorn et al. (2014), o *cracking* é causado por uma série de fatores que envolve principalmente condições climáticas, tipos de manejo, época de cultivo e período de colheita. Ademais, em estudo, esses autores reportaram que a maior incidência de *cracking* em pimentas Jalapeño se deu devido à época de plantio. Pimenteiras estabelecidas em época mais fria apresentaram maior incidência de rachadura na parede dos frutos, enquanto que nos frutos de plantas estabelecidas na época mais quente a incidência de rachadura foi inferior. No presente trabalho, a maior incidência de *cracking* ocorreu no

Experimento 1 que foi estabelecido em maio, e, como se constata na Tabela 2, coincide com a época em que a temperatura média começa a cair, sendo possível inferir que os resultados encontrados para esse caráter estão em concordância com aqueles relatados por Jansasithorn et al. (2014). Portanto, em ambos os estudos, a época de plantio influenciou fortemente a ocorrência de *cracking* em pimentas do tipo Jalapeño.

4.3.3. Caracteres qualitativos

O resumo da ANAVA para os caracteres qualitativos encontra-se na Tabela 8. Com exceção de SS para o Experimento 1 e, HV e HM, para o Experimento 2, verificou-se efeito significativo para os demais caracteres avaliados.

Quanto aos coeficientes de variação, os mesmos apresentaram-se satisfatórios para todos os caracteres, oscilando 1,50 a 14,56% para o Experimento 1 e, 5,37 a 14,47% no Experimento 2, demonstrando precisão adequada para os experimentos.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para os caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS), coloração da epiderme do fruto verde (HV e CrV) e maduro (HM e CrM) e conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM), dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.

FV	GL	Quadrados médios						
		SS	HV	CrV	HM	CrM	CV	CM
Experimento 1								
Genótipo	7	0,32ns	29,35**	42,18**	65,07**	81,90**	-	-
Bloco	2	0,10ns	2,78ns	6,63ns	24,15ns	0,18ns	-	-
Erro	14	0,24	3,91	6,80	12,52	8,39	-	-
CV (%)		11,84	1,50	14,56	10,58	10,16	-	-
Experimento 2								
Genótipo	7	1,15**	105,93ns	58,26**	79,05ns	142,40**	0,21*	1,52**
Bloco	2	0,06ns	102,77ns	4,88ns	22,71ns	4,91ns	0,52ns	0,07ns
Erro	14	0,09	81,04	4,36	17,82	22,24	0,06	0,05
CV (%)		5,37	7,07	9,80	11,66	14,47	13,30	7,55

*, ** e ns: representam, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo Teste F; CV = coeficiente de variação.

Tabela 9. Valores médios dos genótipos para os caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS), em °Brix; coloração da epiderme do fruto verde (HV e CrV) e maduro (HM e CrM), em °Hue e Croma e conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM), em mg capsaicinoides g planta⁻¹, dos Experimentos 1 e 2. Piracicaba, ESALQ, 2019.

Genótipo	SS		HV		CrV		HM		CrM		CV		CM	
	Experimento 1													
1	3,92	a	133,79	a	17,44	b	35,82	a	32,58	a	-	-	-	-
2	3,88	a	135,42	a	16,34	b	28,49	b	24,16	b	-	-	-	-
3	4,46	a	130,09	b	19,10	a	36,07	a	33,80	a	-	-	-	-
4	3,94	a	127,81	c	21,12	a	33,96	a	33,22	a	-	-	-	-
5	3,80	a	126,81	c	24,75	a	41,52	a	31,85	a	-	-	-	-
6	4,33	a	132,98	a	16,49	b	33,60	a	19,13	c	-	-	-	-
7	4,18	a	130,95	b	15,64	b	26,71	b	27,04	b	-	-	-	-
8	4,73	a	134,29	a	12,43	b	31,45	b	26,47	b	-	-	-	-
média	4,15		131,52		17,92		33,44		28,53		-	-	-	-
	Experimento 2													
1	5,27	b	130,30	a	18,59	b	40,40	a	36,01	a	2,04	a	2,27	c
2	5,50	b	130,69	a	17,43	b	27,54	a	32,00	a	1,73	b	2,52	c
3	5,96	a	130,55	a	20,77	b	36,93	a	36,78	a	2,33	a	4,19	a
4	5,46	b	113,77	a	20,23	b	35,55	a	29,64	a	2,16	a	3,31	b
5	4,60	c	123,83	a	31,70	a	35,95	a	42,42	a	2,21	a	2,49	c
6	5,64	b	131,33	a	19,36	b	45,19	a	18,75	b	1,58	b	3,37	b
7	6,31	a	128,40	a	21,68	b	34,22	a	30,88	a	1,81	b	2,17	c
8	6,57	a	129,16	a	20,83	b	33,74	a	34,30	a	1,75	b	3,44	b
média	5,67		127,25		21,32		36,19		32,59		1,96		2,97	
média geral	4,91		129,38		19,62		34,81		30,56		-		-	

Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

O teor de sólidos solúveis é uma característica importante em pimenta, tanto para o consumo *in natura* como para o processamento industrial. Elevados teores de SS na matéria-prima implicam em menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento (Pinheiro et al., 1984). Em frutos de pimenta Jalapeño, quanto maior o teor de sólidos solúveis, maior o rendimento industrial e menor o gasto energético no processo de concentração de polpa durante a fabricação do molho (Gomes et al., 2019).

Considerando os valores médios apresentados na Tabela 9, observa-se que para SS, no Experimento 1, não houve diferença significativa entre as linhagens avaliadas. No entanto, observou-se efeito significativo no Experimento 2, em que a linhagem 5 (4,60 °Brix), e as linhagens 3 (5,96 °Brix), 7 (6,31 °Brix) e 8 (6,57 °Brix) apresentaram-se como estatisticamente inferior e superior às demais, respectivamente. Gomes et al. (2019) ao avaliar linhagens avançadas de Jalapeño encontrou valores superiores aos observados no presente

trabalho, sendo que a linhagem CNPH 30.118 apresentou 7,5 °Brix e a cultivar comercial BRS Sarakura 6,4 °Brix.

Outro fator importante a ser considerado para SS é a data de colheita dos frutos, sendo que, no Experimento 1, como já mencionado, a colheita dos frutos ocorreu aos 90 DAT, ou seja, dez dias antes da colheita dos frutos do Experimento 2. Sendo assim, ao observar os valores médios para cada ano de cultivo, verifica-se que, para o Experimento 2, o valor médio obtido foi, aproximadamente, 27% superior ao Experimento 1. Isso indica que a colheita antecipada prejudicou principalmente o acúmulo de açúcares, uma vez que o teor de sólidos solúveis é dependente do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e, geralmente, o teor de SS aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos (Chitarra & Chitarra, 2005).

A alteração de coloração da epiderme dos frutos de pimenta Jalapeño é o resultado do acúmulo de diferentes carotenoides nos cromoplastos durante o amadurecimento, resultantes não só da degradação da clorofila, como também, da síntese de pigmentos (Tucker, 1993) que conferem aos frutos cores diversas e brilhantes. Além disso, exerce grande influência na preferência pelo consumidor, com frutos de coloração intensa e uniforme.

A pimenta Jalapeño é consumida tanto no estado imaturo, e, portanto, de coloração verde, como maduro, de coloração vermelha. Considerando os resultados para o caráter coloração da epiderme de frutos, verificou-se que em ambos os experimentos, e para os dois estádios de maturação do fruto, houve diferença significativa para a maioria das características avaliadas, com exceção do ângulo Hue para frutos verdes e maduros no Experimento 2.

Para a tonalidade da coloração da epiderme dos frutos, que depende da relação entre os valores de a^* e b^* e resulta no valor do ângulo Hue, observou-se que, no Experimento 1, para HV, as linhagens 1, 2, 6 e 8 apresentaram-se estatisticamente superiores às demais, com 133,79, 135,42, 132,98 e 134,29 °Hue, respectivamente. Já as linhagens 4 e 5 apresentaram desempenho inferior, com 127,81 e 126,81 °Hue, respectivamente. Por sua vez, para HM, no mesmo experimento, as linhagens 2, 7 e 8 apresentaram os menores valores, 28,49, 26,71 e 31,45 °Hue, respectivamente. No Experimento 2, observa-se que não houve diferença estatística para ambos caracteres. Considerando que o ângulo Hue distingue diferentes tons para uma mesma luminosidade (Arias, 2000) e valores mais próximos de 0° apresentam tonalidades mais intensas de vermelho, o vermelho puro, 90° amarelo e, 180°, verde puro, verificou-se que para HV, no Experimento 1, as linhagens com médias superiores, apresentaram coloração verde mais puro que as demais, com menor presença do amarelo,

como foi o caso das linhagens 4 e 5, que resultou numa coloração verde mais amarelado. Para os HM, as linhagens 2, 7 e 8, do Experimento 1, por apresentarem valores mais próximos de 0°, ou seja, vermelho puro, foram consideradas as pimentas mais vermelhas e sem interferência da presença do amarelo, como foi o caso das demais linhagens, que assumiram coloração vermelho mais alaranjado que as citadas anteriormente.

A cromaticidade define a intensidade da cor, sendo os mais opacos com valores próximos de 0 e, com maior vivacidade aqueles próximos de 60. Para CrV, observou-se que as linhagens 3, 4 e 5 (19,10, 21,12 e 24,75, respectivamente) no Experimento 1 e, linhagem 5 (31,70), no Experimento 2, destacaram-se como estatisticamente superiores às demais, ou seja, as linhagens de pimentas com coloração verde mais intensa, viva. De acordo com Alessi (2010) quanto maior o valor de croma, mais puras e intensas são as cores, enquanto que nos menores valores, as cores se mostram mais mescladas. Para CrM, verificou-se que, no Experimento 1 as linhagens 1, 3, 4 e 5 (32,58, 33,80, 33,22 e 31,85, respectivamente) destacaram-se como superiores às demais, enquanto que a linhagem 6 apresentou o menor resultado (19,13). Em concordância com o Experimento 1, no Experimento 2, a linhagem 6 também apresentou o menor resultado (18,75), destacando-se como a linhagem de pimenta de cor vermelho menos intenso quando comparada às demais linhagens.

A pungência típica de pimentas *Capsicum* spp. é conferida por alcaloides denominados capsaicinoides (De Masi et al., 2007). O conteúdo de capsaicinoides, ou seja, a pungência das pimentas, é extremamente variável, uma vez que é influenciado pela espécie, condições ambientais de cultivo, estágio de maturação do fruto, entre outros (Giacalone et al., 2015).

No presente estudo, para CV, observou-se agrupamento das linhagens 1 (2,04 mg g⁻¹), 3 (2,33 mg g⁻¹), 4 (2,16 mg g⁻¹) e 5 (2,21 mg g⁻¹), que se destacaram como superiores. Por sua vez, para CM, verificou-se que a linhagem 3 (4,19 mg g⁻¹) sobressaiu-se e as demais se agruparam em dois grupos: o primeiro, de médias intermediárias (4, 6 e 8) e o segundo, de médias inferiores (1, 2, 5 e 7). A variação na quantidade de capsaicinoides encontrados nesse estudo pode ser atribuída à fatores genéticos intrínsecos aos genótipos avaliados, além das condições ambientais de cultivo. Bosland (1994) reportou que a pungência é mais elevada em pimentas que se desenvolveram em condições climáticas adversas e de estresse.

De modo geral, merece registro o acréscimo do conteúdo de capsaicinoides nos frutos maduros em relação aos verdes. Isso indica que, durante o processo de maturação do fruto o acúmulo de capsaicinoides foi maior, corroborando resultados de Cisneros-Pineda et al.

(2007) que relataram conteúdo de capsaicinoides mais elevado em pimentas maduras quando comparadas às imaturas.

4.4. CONCLUSÃO

Considerando a caracterização dos caracteres de produção, biométricos e qualitativos, as linhagens 3, 4, 5, 6 e 7 reúnem características relevantes que se enquadram na demanda dos diferentes mercados de pimenta (fresca e processada). Dessa forma, essas linhagens apresentaram-se como promissoras para serem utilizadas como genitoras em futuros programas de melhoramento genético de pimenta do tipo Jalapeño.

REFERÊNCIAS

- ABREU, MC. 2016. *Recursos genéticos de pimenteiros do gênero Capsicum*. Sete Lagoas: Universidade Federal de São João Del Rei. 16p. (Trabalho de conclusão de curso).
- ALESSI, ES. 2010. *Tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini-tomates congelados*. USP-ESALQ. 72p. (Tese doutorado).
- ALLARD, RW. 1971. *Princípios do melhoramento genético das plantas*. São Paulo: Edgard Blüchner. 381p.
- ALVES, SRM. 2015. *Pré-melhoramento em Capsicum: identificação de espécies hibridação interespecífica e variabilidade genética em caracteres de semente*. Manaus: UFAM. 116p. (Tese doutorado).
- ANDREWS, J. 1985. *Peppers. The domesticated Capsicums*. University of Texas. 170p.
- ARIAS, R; LEE, TC; LOGENDRA, L; JANES, H. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal Agriculture Food Chemical* 48: 1697-1702.
- AVRAMENKO, S. Which country eats the most Green chilies and peppers in the world? 2018. Disponível em: <https://www.indexbox.io/blog/which-country-consumes-the-most-green-chilies-and-peppers-in-the-world/>. Acessado em: 12 de janeiro de 2019.
- BIANCHETTI, LB; CARVALHO, SIC. 2005. Subsídios à coleta de germoplasma de espécies de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum*. In: WALTER, BMT; CAVALCANTI, TB. *Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 355-385.
- BOSLAND, PW. 1994. Chiles: history, cultivation, and uses. *Developments in food science*. Elsevier, New York.

BOSLAND, PW; VOLTAVA, EJ. 1999. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Wallingford: CABI Publishing. 204p.

CASTRO, SP; DÁVILA, MAG. 2008. Caracterización morfológica de 93 accesiones de capsicum spp del banco de germoplasma de la universidad nacional de colombia – sede palmira. *Acta agronómica*, 57(4): 247-252.

CHITARRA, MIF; CHITARRA, AD. 2005. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2.ed. Lavras: FAEPE. 785p.

CISNEROS-PINEDA, O; TORRES-TAPIA, LW; GUTIÉRREZ-PACHECO, LC; CONTRERAS-MARTÍN, F; GONZÁLEZ-ESTRADA, T; PERAZA-SÁNCHEZ, SR. 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, 104(4): 1755-1760.

DE MASI, L; SIVIERO, P; CASTALDO, D; CAUTELA, D; ESPOSITO, C; LARATTA, B. 2007. Agronomic, chemical and genetic profiles of hot peppers (*Capsicum annuum*). *Molecular Nutrition and Food Research*, 51: 1053-1062.

DEWITT, D; BOSLAND, PW. 2009. *The complete Chile pepper book: a gardener's guide to choosing, growing, preserving and cooking*. London: Timber Press. 336p.

DI PRADO, RCP. 2013. *Parâmetros genéticos e ganhos de seleção em pimenta de Bode (Capsicum chinense Jacq)*. Universidade Federal de Goiás – UFG. 74p. (Dissertação de mestrado).

DOMENICO, CI. 2011. *Caracterização agrônômica e pungência em pimenta (Capsicum chinense Jacq.)*. Campinas: IAC. 38p (Dissertação mestrado).

DORAIS, M; DEMERS, DA; PAPADOPOULOS, AP; IEPEREN, WV. 2004. Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. *Journal of Horticultural Science*, 30: 163-184.

ESTEVES, M. 2011. *As novas variedades de pimenta da Embrapa e o mercado pimenteiro: oportunidade de renda para agricultores*. Disponível em: <http://hotsites.sct.embrapa.br/prosarural/programacao/2011/cultivaresde-pimenta-mais-resistentes-e-produtivas-1>. Acessado em: 20 de novembro de 2018.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations - Statistics Division). *Production/crops: Chillies and peppers*. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acessado em: 13 de janeiro de 2019.

FERRAZ, RM; RAGASSI, CF; HEINRICH, AG; LIMA, MF; PEIXOTO, JR; REIFSCHNEIDER, FJB. 2016. Caracterização morfoagronômica preliminar de acessos de pimentas cumari. *Horticultura Brasileira* 34(4).

GIACALONE, M; FORFORI, F; GIUNTA, F. 2015. Chili pepper compounds in the management of neuropathic pain. In: *Bioactive Nutraceuticals and Dietary Supplements in Neurological and Brain Disease*. Academic Press. p. 187-195.

- GOMES, LM; RIBEIRO, CSDC; RAGASSI, CF; SILVA, LS; REIFSCHNEIDER, FJB. 2019. Advanced lines of Jalapeño pepper with potential for mechanical harvesting. *Ciência Rural* 49(2).
- JANSASITHORN, R; EAST, AR; HEWETT, EW; HEYES, JA. 2014. Skin cracking and postharvest water loss of Jalapeño chilli. *Scientia Horticulturae* 175: 201-207.
- JOHNSON, D; KNAVEL, DE. 1990. Inheritance of cracking and scarring in pepper fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115(1): 172-175.
- KÖPPEN, W; GEIGER, R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.
- MELO, APC; SELEGUINI, A; VELOSO, VRS. 2013. Caracterização física e química de frutos de araçá (*Psidium guineense* Swartz). *Comunicata Scientiae* 4(1): 91-95.
- MORESHET, S; YAO, C; ALONI, B; KARNI, L; FUCHS, M; STANGHELLINI, C. 1999. Environmental factors affecting the cracking of greenhouse-grown bell pepper fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74(1): 6-12.
- NASCIMENTO, WM; DIAS, DCFS; FREITAS, RA. 2006. Produção de sementes de pimenta. *Informe Agropecuário* 27: 30-39.
- OHARA, R; PINTO, CMF. 2012. Mercado de Pimentas Processadas. In: PINTO, CMF; PINTO, CLO; DONZELES, SML. *Informe Agropecuário* 33: 7-13.
- OLIVEIRA, DVV; COELHO, LGF; GOMES, LM; RIBEIRO, CSC; REIFSCHNEIDER, FJB. 2014. Produtividade de linhagens avançadas e produção de semente genética de pimenta do tipo Jalapeño Amarelo. *Horticultura Brasileira* 31: 3644-3651.
- OPARA, LU; STUDMAN, CJ; BANKS, NH. 1997. Fruit skin splitting and cracking. *Horticultural reviews* 19: 217-262.
- PIMENTA, S; RODRIGUES, R; SUDRÉ, CP; MORAES, JGT; BENTO, CS; MEDEIROS, AM. 2016. Protecting vegetable cultivars in Brazil: a chili pepper case-study research. *Horticultura Brasileira* 34: 161-167.
- PIMENTEL-GOMES, F. 2000. *Estatística experimental*. Piracicaba: ESALQ.
- PINHEIRO, JB; AMARO, GB; PEREIRA, RB. 2012. *Nematóides em pimentas do gênero Capsicum*. Brasília: Embrapa. 9p.
- PINHEIRO, RVR; MARTELETO, LO; SOUZA, ACG de; CASALI, WD; CONDÉ, AR. 1984. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. *Revista Ceres* 31: 360-387.
- PINTO, CM; SANTOS, IC; ARAUJO, FF; SILVA, TP. 2016. Pepper importance and growth (*Capsicum* spp.). In: RÊGO, ER; RÊGO, MM; FINGER, FL (eds). *Production and breeding of chilli peppers* (*Capsicum* spp.). Springer International Publishing. p.1-25.

RAMALHO, MAP; FERREIRA, DF; OLIVEIRA, AC de. 2012. *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. Lavras: UFLA. 328p.

RAMOS, SRR; QUEIRÓZ, MA; CASALI, VWD; CRUZ, CD. 1999. Recursos genéticos de *Cucurbita moschata*: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro. In: QUEIRÓZ, MA; GOEDERT, CO; RAMOS SRR (eds). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro*. Petrolina: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível em: www.cpatia.embrapa.br. Acessado em 15 de novembro de 2018.

RÊGO, ER; RÊGO, MM; FINGER, FL; CRUZ, CD; CASALI, VWD. 2009. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). *Euphytica* 168: 275-287.

REIFSCHNEIDER, FJB. 2000. *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças. 113p.

RIBEIRO, CSC; SOUZA, BO; KICH, A; REIFSCHNEIDER, FJB. Lançamento de três cultivares de pimenta do tipo Jalapeño pela Embrapa Hortaliças. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/download/biblioteca/olme4039c.pdf>. Acessado em: 29 de julho de 2019.

RODRIGUES, R; BENTO, CS; SILVA, MGM; SUDRÉ, CP. 2010. Atividades de caracterização e avaliação em bancos de germoplasma. In: PEREIRA, TNS. *Germoplasma: conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas*. Viçosa: Arca. p. 115-140.

SANTOS, RMC. 2012. *Variabilidade genética, controle genético e avaliação de características de pimenteiros ornamentais (Capsicum annum)*. Viçosa – Universidade Federal de Viçosa. 58p. (Dissertação mestrado).

SERGEEVA, A. *Which country exports the most green chilies and peppers in the world?*. Disponível em: <https://www.indexbox.io/blog/which-country-exports-the-most-green-chilies-and-peppers-in-the-world/>. Acessado em: 11 de janeiro de 2019.

SOUSA, JA; MALUF, WR. 2003. Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq). *Scientia Agricola* 60: 105-113.

STEEL, RGD; TORRIE, JH. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: McGraw – Hill Book Company. 633p.

STORCK, L; GARCIA, DC; LOPES, SL; ESTEFANEL, V. 2000. *Experimentação vegetal*. Santa Maria: UFSM. 198p.

SUDRÉ, CP. 2003. *Divergência genética e avaliação da resistência à mancha bacteriana em Capsicum spp*. Campos dos Goytacazes: UENF. 126p. (Dissertação mestrado).

TUCKER, GA. 1993. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, JE; TUCKER, GA. (Ed.). *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman & Hall.

ULHOA, AB. 2013. *Caracterização morfoagronômica e molecular de linhagens de pimenta do tipo jalapeño amarelo (Capsicum annuum var. annuum)*. Rio de Janeiro - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Dissertação mestrado).

ULHOA, AB; PEREIRA, TN; SILVA, RN; RAGASSI, CF; RODRIGUES, R; PEREIRA, MG; REIFSCHNEIDER, FJ. 2014. Caracterização molecular de linhagens de pimenta do tipo Jalapeño amarelo. *Horticultura Brasileira* 32(01).

ULHOA, AB; PEREIRA, TNS; RIBEIRO, CSC; MOITA, AW; REIFSCHNEIDER, FJB. 2017. Obtenção e caracterização morfoagronômica de linhagens de pimenta do tipo Jalapeño Amarelo. *Horticultura Brasileira* 35: 343-348.

5. DESEMPENHO AGRONÔMICO E HETEROSE EM HÍBRIDOS DE PIMENTA DO TIPO JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.)

RESUMO

A exploração do gênero *Capsicum* no Brasil ainda é pequena e poucos são os trabalhos de melhoramento genético com pimenta. Muitos métodos são utilizados nos programas de melhoramento visando desenvolver novas cultivares. A hibridação em pimenteiros tem sido pouco explorada, devido, principalmente, às dificuldades envolvidas na execução dos cruzamentos manuais. No entanto, o uso de híbridos possui vantagens como a possibilidade de combinação entre diferentes e interessantes características qualitativas e quantitativas, além da possível manifestação de heterose. Dessa forma, objetivou-se a obtenção e caracterização de híbridos visando identificar as melhores combinações híbridas com atributos adequados para o mercado de pimentas frescas e processadas. Além disso, estimar os efeitos de heterose entre os cruzamentos, para caracteres relacionados à produtividade e à qualidade dos frutos. O experimento foi conduzido em duas etapas: obtenção dos híbridos em condições de casa de vegetação e avaliação do potencial dos híbridos, seus genitores e testemunha em campo. Para a obtenção dos híbridos, através da hibridação artificial, foram utilizados sete genótipos do tipo varietal Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) e a cultivar comercial Jalapeño M. A hibridação artificial, para a obtenção da geração F1, foi efetuada em esquema de dialelo incompleto sem recíprocos. Para a segunda etapa, avaliação do potencial dos híbridos, foram utilizados os híbridos F1 provenientes da primeira etapa, os respectivos genitores e a testemunha, cultivar híbrida Jalapeño Plus. Essa etapa do estudo foi conduzida em campo. O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, com 29 tratamentos e três repetições. Para as avaliações, os caracteres de produção, biométricos e qualitativos dos frutos foram: massa de frutos por planta (MFP); número de frutos por planta (NFP); produtividade total (PT); massa do fruto (MF); comprimento do fruto (CF); diâmetro do fruto (DF); número de lóculos (NL); espessura do pericarpo (EP); superfície do fruto (SF); formato do fruto (FF); teor de sólidos solúveis (SS); coloração da epiderme (HV e HM); firmeza do fruto (FI) e determinação da pungência (CV e CM). Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Para cada caráter avaliado foi calculada a heterose dos vinte híbridos em relação à média dos parentais (HMP) e a heterobeliose (HPS). Utilizou-se, também, do índice de Mulamba & Mock considerando os caracteres: MFP, NFP, PT, MF, CF, DF, EP, HV, HM, CV e CM. Com base nos resultados obtidos para os caracteres de produção, biométricos e qualitativos, somados à classificação gerada pelo índice de classificação de postos, destacam-se os híbridos 6x4, 7x2, 7x6, 8x2 e 8x3. Essas combinações apresentaram um conjunto de atributos competitivos, sendo indicadas para atender à demanda por novos híbridos de pimenta do tipo Jalapeño com duplo propósito, processamento e consumo fresco. Além disso, verificou-se que várias combinações híbridas, especialmente 8x2' e 8x2, manifestaram altos valores heteróticos positivos, promissores para a maioria dos caracteres estudados.

Palavras-chave: Hibridação, Melhoramento genético, Valor heterótico, Seleção

ABSTRACT

The genus *Capsicum* spp. research in Brazil is still incipient and there are few pepper genetic breeding studies. Many breeding methods can be used to develop new cultivars. Hybridization in pepper plants has been poorly explored, mainly, due to the difficulties involved in performing manual crosses. However, the use of hybrids show advantages such as the possibility of combining different and interesting qualitative and quantitative traits, in addition to the possible

heterosis manifestation. The objective of this study was to obtain and characterize hybrids to identify the best hybrid combinations with suitable attributes for fresh and processed peppers market. Also, to estimate the heterosis effects between crossings for traits related to fruit yield and quality. The experiment was conducted in two phases: hybridization under greenhouse conditions and evaluation of the hybrids' potential, the parental lines, and commercial check. For hybridization, seven Jalapeño genotypes (*Capsicum annuum* L.) and a commercial check, Jalapeño M, were used. An incomplete diallel crossing without reciprocals was performed. For the second phase, the hybrids' potential evaluation, the acquired F1 hybrids from the first phase, the parental lines and the commercial check, Jalapeño Plus, were used. The experimental design used was in randomized blocks, within 29 treatments and 3 replications. The productive, biometric and qualitative characters evaluated were: fruit mass per plant (MFP); fruit number per plant (NFP); total yield (PT); fruit mass (MF); fruit length (CF); fruit width (DF); locules number (NL); pericarp thickness (EP); fruit surface (SF); fruit shape (FF); soluble solids content (SS); fruit coloring (HV and HM), fruit firmness (FI) and capsaicin content (CV and CM). The data were submitted to analysis of variance with a comparison of means by the Scott-Knott test ($p < 0,05$). For each evaluated trait, the heterosis of the twenty hybrids was calculated, concerning the parental mean (HMP) and the heterobeltiosis (HPS). It was also used the Mulamba & Mock index considering the following traits: MFP, NFP, PT, MF, CF, DF, EP, HV, HM, CV e CM. Based on the results obtained for the productive, biometric and qualitative traits, added to the Mulamba & Mock index, the outstanding hybrids were 6x4, 7x2, 7x6, 8x2 and 8x3. These combinations showed a set of competitive attributes, being indicated to attend the demand for new Jalapeño pepper hybrids with a dual purpose, processing and fresh consumption. Furthermore, it was verified that several hybrid combinations, especially 8x2 and 8x2, demonstrated high positive heterotic values, with potential for most of the characters studied.

Keywords: Hybridization, Breeding, Heterotic values, Selection

5.1. INTRODUÇÃO

As pimentas *Capsicum* spp. são amplamente cultivadas no mundo, podendo ser utilizadas como matéria prima não apenas para a indústria alimentícia, mas também para os setores farmacêutico e cosmético e ornamentação (Yamamoto & Nawata, 2005; Bento et al., 2007) ampliando seu uso e importância enquanto agronegócio (Neitzke et al., 2016).

A produção mundial de *Capsicum* spp., em 2017, foi de 36,09 milhões de toneladas em área de 1,98 milhão de hectares, apresentando incremento de 24% na produção quando comparada aos dados de 2016. Os maiores produtores de pimenta e pimentão, em 2017, foram China, México e Turquia, com cultivo de 23,68 milhões de toneladas, sendo 75% dessa produção ofertada pela China (FAOSTAT, 2019). As maiores produtividades, no entanto, foram obtidas pela Espanha e Estados Unidos da América, com 62,3 e 36,9 t ha⁻¹, respectivamente, enquanto que a média mundial foi de 18,2 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019) evidenciando a disparidade entre as tecnologias de produção e insumos empregados.

No Brasil, a produção de pimenta vem crescendo muito no decorrer dos anos, especialmente no Sudeste e Centro-Oeste que se destacam como as regiões produtoras mais relevantes do país (Pinto et al., 2016). Embora não se encontrem dados atuais e completos,

estima-se que a área cultivada anualmente compreende em 5 mil hectares com produção de 75 mil toneladas, sendo os principais estados produtores, Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia e Sergipe (Pinheiro et al., 2012). De acordo com Ribeiro et al. (2008), o mercado de pimenta no Brasil sempre foi considerado secundário, porém nos últimos anos esse cenário está se modificando rapidamente pelas exportações de novos tipos de pimentas.

A exploração do gênero *Capsicum* ainda é pequena, pois, no Brasil, poucos são os trabalhos de melhoramento genético com pimenta. A baixa exploração dessa olerícola dificulta o emprego de genótipos produtivos, uniformes e resistentes (Souza et al., 2010).

Atualmente, o grande desafio dos melhoristas do gênero *Capsicum* é selecionar cultivares vigorosas, uniformes, com alta produtividade e precocidade e resistentes ou tolerantes a estresses abióticos e bióticos. Os objetivos dos melhoristas devem estar alinhados às demandas da indústria e do consumidor *in natura* quanto às características qualitativas do fruto (Rego et al., 2011). Dessa forma, deve-se dar atenção aos estudos genéticos dos caracteres morfoagronômicos, como forma de avaliar o potencial genético dos genitores, de produzir descendentes melhores e de aumentar a eficiência dos métodos de melhoramento (Allard, 1971; Fehr, 1987; Cruz & Regazzi, 1994; Marchesan, 2009; Gonçalves et al., 2011).

Muitos métodos são utilizados nos programas de melhoramento visando desenvolver cultivares, sendo a escolha de cada um deles baseada em fatores como objetivos do programa, sistemas reprodutivos da cultura a ser melhorada, herança genética da característica desejada e variabilidade da população base (Allard, 1971).

A hibridação é fator importante na evolução das plantas como fonte de novas combinações genéticas, sendo útil no cultivo de plantas como forma de inserir um atributo desejável, resultando em uma nova cultivar de interesse agrônomo (Gonçalves et al., 2011). A hibridação em pimenteiras tem sido pouco explorada visando ao aumento da variabilidade genética e à combinação gênica entre populações e se deve, principalmente, às dificuldades envolvidas na execução dos cruzamentos manuais (Rêgo et al., 2009, 2011). No entanto, apesar de ser um processo trabalhoso, o uso de híbridos possui vantagens como a possibilidade de combinação entre diferentes e interessantes características qualitativas e quantitativas, além da possível manifestação de heterose (Maluf, 2001).

A heterose é um termo empregado para descrever a manifestação de aumento no valor de um caráter quantitativo em híbridos, sendo também comumente denominada de vigor híbrido (Silva, 2002). A presença e a magnitude da heterose manifestadas nos híbridos fornecem uma perspectiva de viabilidade de se obter cultivares híbridas (Geleta &

Labuschagne, 2004; Maramba et al., 2009). A heterose se manifesta quando o caráter avaliado no híbrido é maior (heterose positiva) ou menor (heterose negativa) do que a média dos genitores. A quantidade de heterose produzida em um cruzamento entre dois genitores depende da diferença da frequência gênica entre os mesmos para os locos envolvidos na expressão de uma determinada característica. Não havendo diferença, não ocorrerá heterose (Falconer, 1987; Silva, 2002).

O estudo da heterose possibilita obter perspectivas de obtenção de cultivares híbridas conforme seu desempenho em relação ao de seus genitores, sendo a expressão da heterose de grande importância para a comercialização de híbridos, especialmente quando sua média supera a média do genitor de melhor desempenho (Allard, 1971; Maluf, 2001).

Nesse contexto, objetivou-se a obtenção e caracterização de híbridos visando identificar as melhores combinações híbridas com atributos adequados para o mercado de pimentas frescas e processadas. Além disso, estimar os efeitos de heterose entre os cruzamentos, para caracteres relacionados à produtividade e à qualidade dos frutos.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

A estimação da heterose entre linhagens e híbridos de pimenta Jalapeño foi realizada com base em características de produção, biométricas e qualitativas de fruto. O experimento foi conduzido em duas etapas: obtenção dos híbridos experimentais em condições de casa de vegetação e avaliação do potencial dos híbridos, seus genitores e testemunha em campo.

5.2.1. Obtenção dos híbridos experimentais

5.2.1.1. Material experimental

Os genótipos de pimenta utilizados como genitores para a obtenção dos híbridos fazem parte de coleção cedida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pertencente ao banco de germoplasma de *Capsicum* da instituição, ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP).

Para a hibridação artificial, foram utilizados sete genótipos do tipo varietal Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) e a cultivar comercial Jalapeño M da empresa Agristar do Brasil. Os genótipos estão descritos na Tabela 10.

Tabela 10. Relação dos genótipos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) e da cultivar comercial utilizados como genitores para a obtenção dos híbridos experimentais. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

Genótipos	Identificação de campo	Procedência
IAC Jalapeño 969	1	IAC/ESALQ*
IAC Jalapeño 995	2	IAC/ESALQ
IAC 943 (22)	3	IAC/ESALQ
IAC Jalapeño AS 1062 (34)	4	IAC/ESALQ
IAC Jalapeño 1266 (35)	5	IAC/ESALQ
63/5IAC Jalapeño 1550 (31)	6	IAC/ESALQ
IAC-1589 (PI159236)	7	IAC/ESALQ
Jalapeño M**	8	Agristar do Brasil

*acessos de coleção doada pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) à ESALQ/USP.

**sementes cedidas pela empresa detentora Agristar do Brasil.

5.2.1.2. Produção de mudas dos genitores

A produção das mudas foi realizada pela empresa familiar IBS Mudas, localizada no município de Piracicaba, estado de São Paulo, situada sob as coordenadas geográficas de 547 m de altitude, com latitude Sul de 22°37'46'' e longitude Oeste de 47°36'07''.

A semeadura ocorreu em 12 de maio de 2017. Foram utilizadas bandejas de polietileno de 128 células, as quais foram preenchidas com substrato comercial à base de fibra de casca de coco (Anaconda®). Em cada célula foi depositada uma semente e, a seguir, a bandeja foi coberta por uma leve camada de vermiculita.

Para a germinação e o desenvolvimento das mudas, as bandejas foram mantidas em estufa agrícola, de estrutura tipo arco, com 100 m de comprimento, 10 m de largura e 4 m de pé direito e com cobertura de plástico de polietileno com difusor de 150 µm. As quatro laterais da estufa foram protegidas com tela antiafídeo. As bandejas foram dispostas sobre bancada suspensa a 0,5 m de altura do piso revestido com concreto. Utilizou-se irrigação por aspersão em sistema de barras móveis e a fertirrigação foi realizada por meio do mesmo sistema de acordo com o manejo nutricional exigido pela cultura e executado pela empresa.

As mudas foram mantidas nessas condições por 63 dias, sendo 16 dias até a germinação completa das sementes viáveis e 47 dias para crescimento e desenvolvimento das mudas até o estágio de 5 a 6 pares de folhas verdadeiras.

5.2.1.3. Caracterização da área e condução inicial do experimento

A primeira etapa do estudo foi conduzida em estufa agrícola experimental do Departamento de Genética da ESALQ/USP, situada no município de Piracicaba, estado de São Paulo.

O clima do município de Piracicaba, segundo a classificação de Koppen (1928), é do tipo Cwa, caracterizado como mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18 °C e a do mês mais quente ultrapassa 22 °C. O total de chuvas do mês mais seco é inferior a 30 mm. Em termos anuais, a precipitação média varia de 1.100 a 1.300 mm. A estação seca ocorre durante os meses de abril a setembro, sendo julho o mês mais seco e, na estação chuvosa, janeiro e fevereiro são os meses de maior pluviosidade.

Para o período de condução do experimento, foram obtidos dados climáticos da base de dados da Estação Meteorológica Automática da Área de Física e Meteorologia da ESALQ (Tabela 11 e Figura 10) para melhor compreensão das variáveis atuantes no experimento.

Tabela 11. Valores médios mensais de insolação (IN), umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (T MÁX), temperatura mínima (T MIN), temperatura média (T MÉD) e evaporação (EV). Dados registrados no período do experimento, para os meses entre maio e dezembro de 2017, pelo Posto Meteorológico de Piracicaba. ESALQ, 2019.

2017	IN h/mês	UR %	T MÁX °C	T MIN °C	T MÉD °C	EV mm
Mai	205,4	81	26,2	14,8	20,5	4,60
Jun	213,4	78	25,1	11,8	18,4	3,11
Jul	267,5	68	25,3	9,5	17,4	3,92
Ago	216,1	70	26,3	12,3	19,3	4,59
Set	301,8	55,3	32,09	13,97	23,03	5,52
Out	199,5	71	30,3	17,3	23,8	5,33
Nov	223,4	73	29,6	16,9	23,3	5,55
Dez	212,4	76	31,0	19,4	25,2	6,59

Figura 10. Variações mensais das temperaturas máxima (T máx), média (T méd) e mínima (T min), em °C, registrados pelo Posto Meteorológico de Piracicaba, para os meses entre maio e dezembro de 2017, durante o período de condução do experimento. Piracicaba, ESALQ, 2019.

Fonte: Série de Dados Climatológicos do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP. Departamento de Engenharia de Biosistemas. ESALQ/USP, 2019.

A estufa agrícola era de estrutura tipo arco, com 17 m de comprimento, 8,0 m de largura e 3,0 m de pé direito. As paredes laterais e frontais eram tela antiafídeo, com cobertura superior de plástico de polietileno com difusor de 150 μm .

Para o procedimento de hibridação, foram utilizados vasos plásticos de coloração preta, com capacidade para 11 litros, preenchidos com substrato comercial a base de fibra de casca de coco (Anaconda®). Os vasos foram dispostos em 4 linhas de cultivo de 15,5 m de comprimento e 1,5 m entre as linhas (Figura 11).

Figura 11. Vista interna de estufa agrícola mostrando as mudas transplantadas de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) utilizados como genitores para a produção de híbridos F₁. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

As mudas foram transplantadas para os vasos em 14 de julho de 2017, aos 63 dias após a semeadura (DAS), quando apresentavam de 5 a 6 pares de folhas verdadeiras, colocando-se uma planta por vaso.

A irrigação utilizada foi por gotejamento com fitas gotejadoras ao longo das linhas de cultivo, afixadas sobre os vasos, com emissores a cada 20 cm.

Para suprimento nutricional das plantas, utilizou-se de fertirrigação efetuada pelo mesmo sistema irrigação, com solução nutritiva adicionada à caixa d'água, calculada para a necessidade das plantas de acordo com os diferentes estádios fenológicos até o completo amadurecimento dos frutos e a senescência das mesmas.

As plantas foram tutoradas com estacas de bambu e fitilho ao atingir em torno de 30 cm de altura. O processo se repetiu por mais quatro vezes no decorrer do período do experimento.

5.2.1.4. Hibridação artificial

A hibridação artificial, para a obtenção da geração F₁, foi efetuada utilizando-se oito genitores em esquema de dialelo incompleto sem recíprocos, como apresentado na Figura 12, a seguir.

Genitores	Identificação	1	2	3	4	5	6	7	8
IAC Jalapeño 969	1	⊗	1x2	1x3	1x4	1x5	1x6	1x7	1x8
IAC Jalapeño 995	2		⊗	2x3	2x4	2x5	2x6	2x7	2x8
IAC 943 (22)	3			⊗	3x4	3x5	3x6	3x7	3x8
IAC Jalapeño AS 1062 (34)	4				⊗	4x5	4x6	4x7	4x8
IAC Jalapeño 1266 (35)	5					⊗	5x6	5x7	5x8
63/5IAC Jalapeño 1550 (31)	6						⊗	6x7	6x8
IAC-1589 (PI159236)	7							⊗	7x8
Jalapeño M	8								⊗

⊗ Autofecundação

Figura 12. Esquema do dialelo incompleto sem recíprocos utilizado na hibridação artificial para obtenção de geração F₁ de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Visando otimizar o procedimento de hibridação, uma vez que altas temperaturas prejudicam o pegamento de frutos, a produção de sementes, as atividades foram realizadas nas horas mais amenas do dia, preferencialmente pela manhã, entre 7 e 9 h.

O processo de hibridação, esquematizado na Figura 13, iniciou-se com a coleta de pólen seco dos genitores masculinos após a antese dos botões florais. O pólen de cada genitor foi armazenado em tubo de Eppendorf devidamente identificado. Quando necessário, os tubos foram armazenados em geladeira por até 24 h.

A próxima etapa consistiu na emasculação antes da antese dos botões florais dos genitores femininos. O estágio ideal para a emasculação do botão caracteriza-se pelo aspecto entumecido e coloração verde clara. Com o auxílio de uma pinça, retirou-se a corola do botão, expondo as anteras que também foram eliminadas, deixando-se apenas o estigma exposto. Em seguida, procedeu-se a polinização, abrindo-se o tubo Eppendorf, em posição invertida, e deixando uma pequena quantidade de pólen cair na cavidade interna da tampa, para então esse ser colocado em contato com o estigma para que ficassem ali aderidos. Após esse procedimento, o botão polinizado foi identificado com etiqueta da cor correspondente ao cruzamento realizado.

Figura 13. Processo de hibridação entre genótipos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). A) Botão floral feminino entumescido antes da antese; B) Flor aberta com grãos de pólen secos; C) Coleta dos grãos de pólen do genitor masculino; D) Início da emasculação do botão floral feminino com retirada da corola; E) Emasculação finalizada com retirada da corola e do cone de anteras; F) Hibridação finalizada com a flor feminina polinizada e identificada. Piracicaba, ESALQ, 2019.

Fonte: LONGATTI, B.F. ESALQ/USP, 2019.

Os cruzamentos tiveram início aos 46 DAT e foram realizados todos os dias durante um mês até que todos os genitores femininos apresentassem de 3 a 5 botões “pegos”.

Os frutos resultantes dos cruzamentos permaneceram na planta até atingir coloração vermelha intensa indicando maturação completa. Nesse estágio, foram colhidos, levados para o laboratório de campo e mantidos em repouso por 24 h sob condições de temperatura ambiente e umidade relativa não controlada até o momento da extração das sementes.

5.2.1.5. Extração das sementes híbridas

Os frutos foram seccionados e a extração das sementes foi feita manualmente. A seguir, foram colocadas sobre papel absorvente durante 5 dias até atingir grau de umidade de aproximadamente 10%.

As sementes secas foram transferidas para envelopes de papel identificados, os quais foram guardados sobre sílica gel dentro de um recipiente plástico, que, por sua vez, foi

armazenado em câmara fria, onde permaneceu até o início da segunda etapa do estudo, descrita a seguir.

5.2.2. Avaliação dos híbridos experimentais

5.2.2.1. Material experimental

Os híbridos F_1 provenientes dos cruzamentos realizados na primeira etapa do experimento, os respectivos genitores e a testemunha, cultivar híbrida Jalapeño Plus da empresa Agristar do Brasil, encontram-se descritos na Tabela 12.

Tabela 12. Relação de híbridos F₁, genitores e testemunha comercial utilizados para estudo da heterose de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Material	Identificação de campo	Cruzamento
F₁	0	IAC Jalapeño 995 x IAC Jalapeño 969
	1	IAC 943 (22) x IAC Jalapeño 969
	2	Jalapeño M x IAC Jalapeño 969
	3	IAC 943 (22) x IAC Jalapeño 995
	4	IAC Jalapeño AS 1062 (34) x IAC Jalapeño 995
	5	63/5IAC Jalapeño 1550 (31) x IAC Jalapeño 995
	6	IAC-1589 (PI159236) x IAC Jalapeño 995 /(1)*
	7	Jalapeño M x IAC Jalapeño 995 /(2)*
	8	Jalapeño M x IAC Jalapeño 995
	9	IAC Jalapeño AS 1062 (34) x IAC 943 (22)
	10	IAC Jalapeño 1266 (35) x IAC 943 (22)
	11	IAC-1589 (PI159236) x IAC 943 (22)
	12	Jalapeño M x IAC 943 (22)
	13	63/5IAC Jalapeño 1550 (31) x IAC Jalapeño AS 1062 (34)
	14	Jalapeño M x IAC Jalapeño AS 1062 (34)
	15	IAC-1589 (PI159236) x IAC Jalapeño 1266 (35)
	16	Jalapeño M x IAC Jalapeño 1266 (35)
	17	IAC-1589 (PI159236) x 63/5IAC Jalapeño 1550 (31)
	18	Jalapeño M x 63/5IAC Jalapeño 1550 (31)
	19	Jalapeño M x IAC-1589 (PI159236)
Testemunha	20	Jalapeño Plus F1
Genitores	21	IAC Jalapeño 969
	22	IAC Jalapeño 995
	23	IAC 943 (22)
	24	IAC Jalapeño AS 1062 (34)
	25	IAC Jalapeño 1266 (35)
	26	63/5IAC Jalapeño 1550 (31)
	27	IAC-1589 (PI159236)
	28	Jalapeño M

*plantas 1 e 2 dentro do mesmo cruzamento devido à segregação no formato de fruto.

5.2.2.2. Produção de mudas

A produção das mudas, com o intuito de se estabelecer *stand* inicial com plantas sadias e uniformes, também foi realizada pela empresa familiar IBS Mudás.

A semeadura das sementes híbridas foi realizada em 19 de dezembro de 2017. Foram utilizadas bandejas de polietileno de 128 células, as quais foram preenchidas com substrato comercial à base de fibra de casca de coco (Anaconda®). Em cada célula foi depositada uma semente e, a seguir, a bandeja foi coberta por uma leve camada de vermiculita.

Para a germinação e o desenvolvimento das mudas, as bandejas foram mantidas em estufa agrícola, de estrutura tipo arco, com 100 m de comprimento, 10 m de largura e 4 m de pé direito e com cobertura de plástico de polietileno com difusor de 150 µm. As quatro laterais da estufa foram protegidas com tela antiafídeo. As bandejas foram dispostas sobre bancada suspensa a 0,5 m de altura do piso revestido com concreto. Utilizou-se irrigação por aspersão em sistema de barras móveis e a fertirrigação foi realizada por meio do mesmo sistema de acordo com o manejo nutricional exigido pela cultura e executado pela empresa.

As mudas foram mantidas sob condições de ambiente protegido por 45 dias, sendo 11 dias para a germinação plena das sementes viáveis e 34 dias para o crescimento e o desenvolvimento das mudas até o estágio de 5 a 6 pares de folhas verdadeiras.

5.2.2.3. Localização e caracterização da área experimental

A segunda etapa do estudo foi conduzida em campo experimental do Departamento de Genética da ESALQ/USP, situada no município de Piracicaba, estado de São Paulo.

Para o período de condução do experimento, foram obtidos dados climáticos da base de dados da Estação Meteorológica Automática da Área de Física e Meteorologia da ESALQ (Tabela 13 e Figura 14) para melhor compreensão das variáveis atuantes no campo.

Tabela 13. Valores médios mensais de insolação (IN), precipitação (PR), umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (T MÁX), temperatura mínima (T MIN), temperatura média (T MÉD) e evaporação (EV). Dados registrados no período do experimento, para os meses entre dezembro de 2017 e junho de 2018, pelo Posto Meteorológico de Piracicaba. ESALQ, 2019.

	IN h/mês		PR mm		UR %		T MÁX °C		T MIN °C		T MÉD °C		EV mm	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Dez	212,4		148,6		76		31,0		19,4		25,2		6,59	
Jan		183,7		225,0		80		30,3		19,4		24,8		6,16
Fev		193,5		71,6		76		30,2		18,2		24,2		6,27
Mar		255,3		204,5		79		32,1		19,6		25,8		5,54
Abr		260,0		35,1		73		29,6		15,9		22,8		4,63
Mai		250,6		11,7		71		27,9		12,3		20,1		3,90
Jun		163,3		8,9		73		27,5		12,9		20,2		2,89

Fonte: Série de dados climatológicos do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP. Departamento de Engenharia de Biossistemas. ESALQ/USP, 2019.

Figura 14. Totais de precipitação mensal, em milímetros, registrados pelo Posto Meteorológico de Piracicaba, para os meses entre dezembro de 2017 e junho de 2018, durante o período de condução do experimento. ESALQ, 2019.

Fonte: Série de Dados Climatológicos do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP. Departamento de Engenharia de Biossistemas. ESALQ/USP, 2019.

O campo experimental utilizado apresenta solo classificado como Terra Roxa Estruturada (Ranzani et al., 1966) e está situado a 518 m de altitude, com latitude Sul de 22°42'13" e longitude Oeste de 47°38'24". As análises químicas e de textura do solo do campo estão apresentadas na Tabela 14. Para a caracterização química do solo, foram determinados pH em água, quantidade de matéria orgânica (MO), teores de fósforo, potássio,

cálcio, magnésio, alumínio e calculadas a acidez potencial (H+Al), a soma de bases, a saturação por Al (m%), a saturação por bases (V%) e a capacidade de troca de cátions (CTC).

Tabela 14. Análise química do solo da área experimental, localizada no Departamento de Genética. Piracicaba, ESALQ, 2019.

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	Soma de bases	CTC	Sat. Bases	Sat. Al	S (SO ₄)
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³							V%	m%	mg dm ⁻³
4,9	16	35	1,8	27	11	38	2	40	78	51	5	8

5.2.2.4. Condução do experimento em campo

O solo do campo experimental foi preparado de modo convencional com operações mecanizadas de aração e gradagem. A seguir foi realizada a demarcação dos sulcos de plantio que foram preparados com 93 m de comprimento. Os dois sulcos das extremidades foram considerados bordaduras e os três centrais foram utilizados como área útil. O experimento se estendeu por 697,5 m² (93 m x 7,5 m).

A adubação de plantio foi realizada manualmente nos sulcos ainda abertos, de acordo com a necessidade nutricional da cultura, tendo como base a análise de solo da área (Tabela 14).

Para suprir a demanda hídrica da cultura, adotou-se sistema de irrigação por meio de aspersores instalados no campo, de modo a cobrir toda a superfície, garantindo molhamento uniforme de todas as plantas. O sistema era acionado três vezes por semana, por aproximadamente 1 hora, porém, podendo ser acionado com diferentes durações ou desligado de acordo com as necessidades da cultura frente a situações de temperatura elevadas e precipitação abundante.

O transplantio das mudas para o local definitivo foi realizado em 07 de fevereiro de 2018, aos 50 dias após a semeadura (DAS), assim que as mudas atingiram desenvolvimento de 5 a 6 pares de folhas verdadeiras. O transplantio foi realizado manualmente nos sulcos de plantio. O espaçamento adotado foi de 0,5 m entre plantas e 1,5 m entre sulcos de plantio (Figura 15).

Figura 15. Campo experimental de avaliação de híbridos experimentais F₁ de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) mostrando as mudas recém transplantadas. Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

A adubação de cobertura foi feita de modo manual, quinzenalmente, também calculada de acordo com a necessidade nutricional da espécie, até o fim do ciclo de produção.

O manejo de pragas e doenças foi realizado de forma preventiva com práticas culturais e produtos recomendados para a cultura, visando controlar vetores como tripses (*Thrips* spp, *Frankliniella* spp), mosca-branca (*Bemisia tabaci*) e doenças limitantes como tospovirose (*Tospovirus*), antracnose (*Colletotrichum* spp.) e murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).

O controle de plantas infestantes foi feito após o transplântio, por meio de capina manual. Após a formação da copa das pimenteiras essa atividade passou a ser executada de acordo com a necessidade e, principalmente, apenas ao redor do caule para que o solo entre as linhas de cultivo não permanecesse descoberto, no entanto, a capina de limpeza total era realizada quando as plantas invasoras atingiam aproximadamente 30 cm.

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, com 29 tratamentos e três repetições (Figura 16). Cada bloco (93 m lineares) foi constituído por 186 plantas, considerando-se como bordadura as seis plantas de cada extremidade. Cada parcela experimental foi constituída por seis plantas, considerando como parcela útil as quatro plantas centrais. No total, o experimento foi composto por 930 plantas, totalizando em 348 plantas úteis e 582 bordaduras.

- 1 Identificação de campo adotada para os híbridos experimentais;
 • Planta de bordadura entre parcelas (não utilizada nas avaliações);
 * Planta útil da parcela;
 • Bordadura do experimento.

Figura 16. Croqui da área experimental de avaliação de híbridos experimentais F₁ de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

5.2.2.5. Avaliação agronômica

A caracterização e as avaliações agronômicas dos híbridos F_1 provenientes dos cruzamentos realizados na primeira etapa do experimento, os respectivos genitores e a testemunha, cultivar híbrida Jalapeño Plus, foram realizadas aos 110 DAT. Para isso, utilizou-se das quatro plantas centrais da parcela experimental de cada genótipo para avaliação das características de campo e de laboratório.

5.2.2.5.1. Caracteres de produção

Para avaliação do potencial de produção dos híbridos, genitores e testemunha, os frutos foram colhidos, armazenados em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório de campo, onde foram avaliadas as seguintes características:

- a. **Massa de frutos por planta (MFP):** obtida através da relação entre a massa de todos os frutos e o número de plantas da parcela. A massa dos frutos foi mensurada por meio de balança digital. Resultados expressos em g planta^{-1} ;
- b. **Número de frutos por planta (NFP):** obtido através da relação entre o número de frutos e o número de plantas da parcela. Resultados expressos em $\text{frutos planta}^{-1}$;
- c. **Produtividade total (PT):** obtida através da multiplicação da massa de frutos por planta (MF) por 13.333 plantas (total de plantas por hectare). Resultados expressos em t ha^{-1} .

5.2.2.5.2. Caracteres biométricos

Para a avaliação de biometria, oito frutos foram escolhidos aleatoriamente a partir do montante dos frutos colhidos de cada parcela. Em seguida, foram armazenados em sacos plásticos identificados para a realização da avaliação das seguintes características:

- a. **Massa do fruto (MF):** obtida através da média da massa de 8 frutos escolhidos aleatoriamente e pesados em balança digital. Resultados expressos em gramas (Figura 17);
- b. **Comprimento do fruto (CF):** obtido através da média de 8 frutos de cada genótipo, medindo-se da base da inserção do pedúnculo ao ápice do fruto com auxílio de paquímetro digital. Resultados expressos em centímetros (Figura 17);

- c. **Diâmetro do fruto (DF):** obtido através da média de 8 frutos de cada genótipo, medindo-se o terço superior transversal de cada fruto com auxílio de paquímetro digital. Resultados expressos em centímetros;

Figura 17. Avaliação agrônômica pós colheita de frutos de híbridos experimentais F₁ de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.): pesagem individual da massa (esquerda) e medição do comprimento do fruto (direita). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

- d. **Número de lóculos (NL):** valor médio obtido através da contagem do número de lóculos em 8 frutos de cada genótipo, após corte transversal (Figura 18);
- e. **Espessura do pericarpo (EP):** valor médio obtido de 8 frutos de cada genótipo, por meio da medida entre o epicarpo e o mesocarpo em corte transversal do terço superior do fruto, utilizando-se paquímetro digital. Resultados expressos em milímetros (Figura 18);

Figura 18. Variação do número de lóculos (esquerda) e espessura do pericarpo (direita) em frutos de híbridos experimentais de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

- f. **Superfície do fruto (SF):** valor atribuído a 8 frutos de cada genótipo por meio de escala de notas estabelecida pelo *International Plant Genetic Resources Institute*

(IPGRI,1995) e adaptada para caracterizar pimenta do tipo Jalapeño. Nota 1 = superfície lisa; 2 = superfície com presença de *microcracking*; 3 = superfície com presença de *cracking* (rachadura suberizada); 4 = superfície lisa com presença de *cracking* e 5 = superfície com presença de *microcracking* e *cracking* (Figura 19);

Figura 19. Da esquerda para a direita, progressão da intensidade de *cracking* (rachadura) em frutos de híbridos experimentais F₁ de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

- g. **Formato do fruto (FF):** valor atribuído para 8 frutos de cada genótipo escolhidos ao acaso, sendo nota 1 = campanulado; 2 = arredondado; 3 = alongado; 4 = triangular; e 5 = cônico, conforme representado na Figura 20.

Figura 20. Descritor utilizado para a avaliação do formato do fruto de híbridos experimentais F₁ de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). (1) campanulado, (2) arredondado, (3) alongado, (4) triangular e (5) cônico (IPGRI, 1995).

5.2.2.5.3. Caracteres qualitativos

Para avaliação qualitativa, as análises do teor de sólidos solúveis e de coloração da epiderme (HV e HM) dos frutos foram realizadas no laboratório de campo do Departamento de Genética. A firmeza e pungência do fruto foram determinadas, respectivamente, nos laboratórios de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita do Departamento de Ciências Biológicas e de Genética Bioquímica de Plantas do Departamento de Genética.

- a. **Teor de sólidos solúveis (SS):** determinado em 8 frutos de cada genótipo, através da trituração e homogeneização de cada fruto com posterior leitura direta da polpa em de refratômetro digital (marca Atago, modelo PR-32 α). Resultados expressos em graus Brix ($^{\circ}$ Brix);
- b. **Coloração da epiderme – Ângulo Hue (HV e HM):** determinada utilizando-se colorímetro (*Konica Minolta Chromometer*, CR 300) no padrão CIE-L*a*b*. O ângulo Hue (H°), foi calculado usando-se a fórmula $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} b^*/a^*$. Valores L* representam luminosidade; a* definem a escala verde/vermelho e b* a escala amarelo/azul. As medições de cor foram realizadas nas faces opostas na região equatorial de 4 frutos verdes (HV) e 4 frutos maduros (HM) de cada acesso. Resultados expressos em $^{\circ}\text{Hue}$;
- c. **Firmeza do fruto (FI):** medição realizada em 8 frutos recém colhidos de cada genótipo, utilizando-se penetrômetro digital com ponteira de 5 mm nas faces opostas na região equatorial do fruto. Resultados expressos em Newton (Figura 21);

Figura 21. Determinação da firmeza do fruto de híbridos experimentais F₁ de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

- d. **Determinação da pungência (CV e CM):** quantificação do conteúdo de capsaicinoides feita através de leitura do extrato de pimenta verde (CV) e maduro (CM) em espectrofotômetro. O método utilizado foi o proposto por Rossi & Sartoratto (2014) (Figura 22). Resultados expressos em miligramas de capsaicinoides por gramas de pimenta e SHU (*Scoville Heat Units*). Para a conversão de mg g^{-1} para SHU, utilizou-se do coeficiente correspondente a capsaicina pura em SHU, que é: $1,6 \times 10^7$ (Todd et al., 1977).

Figura 22. Etapas da determinação do conteúdo de capsaicinoides em frutos híbridos F₁ de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 2019.

5.2.3. Análises estatístico-genéticas

5.2.3.1. Análise de variância

Os dados obtidos nas avaliações dos caracteres de produção, biométricos e qualitativos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando-se do programa estatístico SISVAR, versão 5.7 (Ferreira, 2011).

5.2.3.2. Heterose

Para cada caráter avaliado foi calculada a heterose dos vinte híbridos experimentais em relação à média dos parentais (HMP) e a heterobeltiose (HPS), heterose em relação ao parental superior. Os valores heteróticos expressos em porcentagem (%) foram obtidos através da aplicação das seguintes fórmulas:

$$HMP = \left[\bar{F}_1 - \left(\frac{\bar{P}_i + \bar{P}_j}{2} \right) \right] \quad \rightarrow \quad H\% = \frac{HMP}{\left(\frac{\bar{P}_i + \bar{P}_j}{2} \right)} \times 100$$

$$HPS = \bar{F}_1 - PS \quad \rightarrow \quad H\% = \frac{HPS}{PS} \times 100$$

Sendo:

MP= média parental, e

PS= parental superior.

5.2.3.3. Índice de classificação de postos

O índice baseado na classificação de postos, proposto por Mulamba & Mock (1978), hierarquiza os genótipos, inicialmente, para cada caráter avaliado, por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados para aqueles de melhor desempenho de acordo com atribuições feitas pelo melhorista e características relevantes para o mercado da cultura. Posteriormente, são somadas as ordens obtidas por cada genótipo, referente a cada caráter, resultando no índice de seleção, como descrito a seguir:

$$I = r_i + r_j + \dots + r_n$$

Sendo:

I= valor do índice para determinado indivíduo;

rj= classificação de um indivíduo em relação à j-ésima variável, e

n= número de variáveis consideradas no índice.

Para o presente estudo, utilizou-se do índice baseado na classificação de postos para os resultados obtidos dos seguintes caracteres: MFP, NFP, PT, MF, CF, DF, EP, HV, HM, CV e CM.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1.1. Caracteres de produção

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados obtidos a partir da análise de variância (ANAVA) para os caracteres de produção dos híbridos F₁, genitores e testemunha comercial de pimenta do tipo Jalapeño avaliadas no ano de 2018.

Observa-se que os coeficientes de variação (CV%) oscilaram entre 26,24 e 27,95%. Para todas as características avaliadas os resultados apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para os caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT). Piracicaba, ESALQ, 2019.

FV	GL	Quadrados médios		
		MFP	NFP	PT
Genótipo	28	708883,72**	1781,46**	126,31**
Bloco	2	294432,52ns	984,96ns	50,77ns
Erro	56	67415,57	281,87	11,97
CV(%)		26,28	27,95	26,24
Média geral		988,06	60,06	13,18

** e ns: representam, respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo Teste F; CV= coeficiente de variação.

Considerando MFP, NFP e PT (Tabela 16), observa-se que os resultados obtidos agruparam-se em três classes: médias superiores, intermediárias e inferiores.

Para MFP, verificou-se que as médias variaram de 2.007,08 a 302,31 g planta⁻¹. Os híbridos 6x4 (2.007,08 g planta⁻¹), 7x2 (1.956,67 g planta⁻¹) e 7x6 (1.762,50 g planta⁻¹) destacaram-se com as médias mais elevadas, registrando desempenho superior aos demais genótipos avaliados. Quanto à classe de médias intermediárias, observou-se variação de 1.549,73 (híbrido comercial Jalapeño Plus) a 1.051,47 g planta⁻¹ (8x4). Na classe de desempenho inferior, as médias variaram de 854,64 (7x3) a 302,31 g planta⁻¹ (1). Gomes et al. (2019), ao avaliar linhagens avançadas de pimenta Jalapeño, verificaram 1.000 g planta⁻¹ para a cultivar comercial BRS Sarakura, considerada padrão comercial para esse tipo varietal de

pimenta. No presente estudo, as médias das linhagens 6 e 7 foram superiores à de BRS Sarakura.

Tabela 16. Valores médios dos caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), em gramas; número de frutos por planta (NFP); produtividade total (PT), em t ha⁻¹. Piracicaba, ESALQ, 2019.

MFP			NFP			PT		
Genótipo			Genótipo			Genótipo		
6x4	2.007,08	a	7x2	121,67	a	6x4	26,76	a
7x2	1.956,67	a	6x2	96,33	a	7x2	26,09	a
7x6	1.762,50	a	6x4	94,33	a	7x6	23,50	a
J. Plus	1.549,73	b	7x6	93,00	a	J. Plus	20,66	b
6x2	1.459,58	b	7	83,00	b	6x2	19,46	b
7	1.391,67	b	8x2'	82,33	b	7	18,56	b
8x6	1.377,75	b	6	80,33	b	8x6	18,37	b
6	1.280,05	b	8x2	76,33	b	6	17,40	b
8x2'	1.258,75	b	8x6	74,33	b	8x2'	16,78	b
8x2	1.212,56	b	5x3	72,00	b	8x2	16,17	b
8x3	1.202,65	b	4x2	71,00	b	8x3	16,03	b
5x3	1.200,83	b	J. Plus	69,00	b	5x3	16,01	b
4x2	1.111,70	b	8x4	62,67	c	4x2	14,82	b
8x4	1.051,47	b	8x3	61,33	c	8x4	14,02	b
7x3	854,64	c	8x1	59,33	c	7x3	11,40	c
8x1	838,75	c	3x1	56,00	c	8x1	11,18	c
3x1	800,85	c	3	45,33	c	3x1	10,68	c
7x5	752,05	c	7x3	44,67	c	7x5	10,03	c
3	735,09	c	7x5	43,33	c	3	9,80	c
8x5	653,11	c	5	42,33	c	8x5	8,71	c
4	622,53	c	4	42,00	c	4	8,30	c
4x3	593,36	c	8x5	42,00	c	4x3	7,91	c
8x7	540,00	c	2	38,67	c	8x7	7,20	c
2	515,58	c	4x3	33,67	c	2	6,88	c
3x2	482,64	c	3x2	33,67	c	3x2	6,44	c
5	463,54	c	8x7	33,67	c	5	6,18	c
8	368,08	c	2x1	32,00	c	8	4,91	c
2x1	308,25	c	8	29,67	c	2x1	4,11	c
1	302,31	c	1	28,00	c	1	4,03	c

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para NFP, observou-se que as médias variaram de 121,67 (7x2) a 28 frutos planta⁻¹ (1). Os híbridos 7x2, 6x2, 6x4 e 7x6 destacaram-se como superiores, com 121,27, 96,33, 94,33 e 93,00 frutos planta⁻¹, respectivamente. As médias intermediárias variaram de 83 (7) a

69 frutos planta⁻¹ (Jalapeño Plus). Quanto à classe de médias inferiores, a variação foi de 62,67 (8x4) a 28 frutos planta⁻¹ (1). Na literatura, são encontrados poucos estudos sobre o desenvolvimento de híbridos de pimenta do tipo Jalapeño. Em trabalhos com linhagens, plantas de pimenta Jalapeño produziram de 25 a 35 frutos (Dewitt & Bosland, 2009). No presente estudo, verificou-se produção de até 122 frutos planta⁻¹ nos híbridos, resultado provavelmente explicado pelo vigor de híbrido.

Considerando PT, verificou-se que, de modo geral, as médias variaram de 26,76 (6x4) a 4,03 t ha⁻¹ (1). Para a classe de desempenho superior, destacaram-se os híbridos 6x4 (26,76 t ha⁻¹), 7x2 (26,09 t ha⁻¹) e 7x6 (23,50 t ha⁻¹). A testemunha comercial Jalapeño Plus apresentou resultado intermediário (20,66 t ha⁻¹) e as médias dessa classe variaram de 20,66 a 14,02 t ha⁻¹ (8x4). Já, as médias da classe de desempenho inferior, oscilaram de 11,40 a 4,03 t ha⁻¹ (7x3 e 1, respectivamente).

Com base nos resultados para os caracteres de produção, destaca-se o potencial das combinações híbridas, 6x2, 6x4, 7x2 e 7x6, que foram superiores à testemunha comercial Jalapeño Plus em todos os caracteres avaliados. As médias desses híbridos experimentais foram superiores à da testemunha em 23%, para MFP e PT, e em 46%, para NFP.

5.3.1.2. Caracteres biométricos

O resumo da ANAVA para os caracteres biométricos (Tabela 17) revela efeitos significativos entre os genótipos estudados para todas as características de frutos avaliadas.

Nas avaliações dos caracteres biométricos, foram obtidos coeficientes de variação (CV%) que oscilaram de 2,94 a 9,98%, demonstrando precisão adequada para o experimento.

Tabela 17. Resumo da análise de variância para os caracteres biométricos massa do fruto (MF), comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, superfície do fruto (SF), formato do fruto (FF), número de lóculos (NL) e espessura do pericarpo (EP). Piracicaba, ESALQ, 2019.

FV	GL	Quadrados médios						
		MF	CF	DF	SF	FF	NL	EP
Genótipo	28	63,86**	3,40**	0,22**	3,61**	0,70**	0,41**	0,64**
Bloco	2	5,50	0,23	0,08**	0,01	0,01	0,01	0,03
Erro	56	4,09	0,15	0,01	0,01	0,04	0,02	0,03
CV%		9,98	5,80	4,96	2,94	5,32	5,30	5,77
Média geral		20,28	6,68	2,49	3,97	4,08	2,86	3,13

** e ns: representam, respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo Teste F; CV= coeficiente de variação.

Para MF (Tabela 18), as médias variaram de 29,25 a 9,88 g fruto⁻¹. Verificou-se que o híbrido 6x4 (29,25 g fruto⁻¹) e a testemunha comercial (28,44 g fruto⁻¹) destacaram-se com maior massa de fruto. A MF dos frutos dos demais genótipos agruparam-se em quatro classes: médias variando de 25,38 a 25,07 g fruto⁻¹; de 23,45 a 18,47 g fruto⁻¹; de 17,86 a 13,52 g fruto⁻¹; e de 11,19 g fruto⁻¹ registrado pelo genitor 1 e, 9,88 g fruto⁻¹ pelo genitor 2. A massa do fruto é uma característica de grande variabilidade genética que varia inter ou intraespecífica (Carvalho & Bianchetti, 2008), podendo se encontrar variações para esse caráter, como ocorrido no presente estudo.

Em relação ao CF, os frutos de maior comprimento foram registrados nos híbridos 7x5 (8,73 cm), 6x4 (8,59 cm) e no genitor 4 (8,68 cm). Os demais acessos dividiram-se em cinco grupos: híbrido 8x5 (7,96 cm); 7x6 a 4x3, com médias variando de 7,47 a 6,94 cm; 8x7 a 8x3, com médias variando de 6,84 a 6,47 cm; 8 a 2x1, com médias variando de 6,25 a 5,76 cm; e 3 a 2, com médias variando de 5,09 a 4,60 cm. Gomes et al. (2019), ao avaliar linhagens avançadas de pimenta Jalapeño, reportaram comprimento de frutos superiores aos encontrados nesse trabalho, com médias variando de 13,00 a 8,40 cm. Para o híbrido comercial padrão Jalapeño Plus, os autores relataram resultado de 8,40 cm, que também foi superior ao obtido no presente trabalho, que foi de 7,07 cm.

Para DF, verificaram-se cinco agrupamentos de médias: no primeiro, doze genótipos, de 8x3 a 6, classificaram-se no grupo com diâmetro maior, com médias variando de 2,88 a 2,66 cm; o segundo grupo incluiu nove genótipos, de 8x2' a 8x4, com médias variando de 2,62 a 2,41 cm; no terceiro foram classificados seis genótipos, de 4 a 1, com médias variando de 2,25 a 2,15 cm; no quarto e quinto grupos, foram classificados apenas um genótipo cada, com médias de 1,99 cm e 1,73 cm, respectivamente, para os genótipos 2 e 5. Os resultados são corroborados Ulhoa et al. (2017) que, ao caracterizar morfologicamente linhagens de pimenta do tipo Jalapeño amarelo, verificaram diâmetro variando de 1,6 a 2,8 cm, resultados semelhantes ao apresentado no presente estudo.

Tabela 18. Valores médios dos caracteres biométricos massa do fruto (MF), em gramas; comprimento (CF) e diâmetro (DF) de fruto, em centímetros. Piracicaba, ESALQ, 2019.

MF			CF			DF		
Genótipo			Genótipo			Genótipo		
6x4	29,25	a	7x5	8,73	a	8x3	2,88	a
J. Plus	28,44	a	4	8,68	a	J. Plus	2,80	a
8x6	25,38	b	6x4	8,59	a	3x2	2,78	a
7x6	25,28	b	8x5	7,96	b	8x6	2,78	a
7x2	25,07	b	7x6	7,47	c	7x6	2,75	a
7	23,45	c	7x2	7,47	c	6x2	2,72	a
8x4	22,93	c	8x6	7,27	c	4x3	2,71	a
4x3	22,66	c	5x3	7,10	c	7x2	2,71	a
7x3	22,26	c	J. Plus	7,07	c	7	2,70	a
8x3	22,02	c	8x4	7,01	c	6x4	2,70	a
7x5	21,96	c	8x2	7,00	c	7x3	2,69	a
8x2'	21,41	c	5	6,97	c	6	2,66	a
4	21,34	c	4x3	6,94	c	8x2'	2,62	b
8x1	20,99	c	8x7	6,84	d	5x3	2,59	b
8x7	20,74	c	7	6,69	d	8x1	2,56	b
5x3	20,61	c	8x2'	6,65	d	4x2	2,52	b
6x2	20,41	c	8x1	6,64	d	8x2	2,50	b
8x2	20,32	c	7x3	6,58	d	3	2,49	b
6	19,70	c	4x2	6,50	d	3x1	2,48	b
3x2	19,53	c	8x3	6,47	d	8x7	2,47	b
4x2	19,10	c	8	6,25	e	8x4	2,41	b
8x5	18,47	c	6x2	6,20	e	4	2,25	c
8	17,86	d	6	5,95	e	2x1	2,23	c
3x1	15,80	d	3x2	5,78	e	8	2,22	c
2x1	14,50	d	2x1	5,76	e	8x5	2,21	c
3	14,12	d	2	5,09	f	7x5	2,19	c
5	13,52	d	1	4,93	f	1	2,15	c
1	11,19	e	3x1	4,84	f	2	1,99	d
2	9,88	e	3	4,60	f	5	1,73	e

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Merece registro que, embora tenha sido realizado controle preventivo para as principais pragas e doenças da cultura durante cultivo em campo, observou-se incidência de tripses (*Thrips* spp. e *Frankliniella* spp.) e de tospovirose (*Tospovirus*). Verificou-se maior incidência de tripses nos genótipos 1, 2, 2x1 e 3x1 e de tospovirose nos genótipos 5 e 8x5, observando-se sintomas típicos causados pelo inseto e pelo vírus. Desse modo, especula-se que as pimentadeiras desses genótipos apresentaram baixo desempenho para os caracteres de

produção e biométricos, pois tanto a parte vegetativa quanto o fruto sofreram danos intensos. Nas pimenteiras, de acordo com Lopes et al. (2007), os sintomas mais comuns causados por tripses são, atraso no desenvolvimento, folhas de tamanho reduzido, retorcidas e disformes. Já, os frutos apresentam manchas escuras, cicatrizes de vários tipos, deformações diversas e redução de tamanho. Por sua vez, a tospovirose, que tem o tripses como vetor, também afeta crescimento e a produtividade de pimenteiras, principalmente quando são infectadas precocemente. Os frutos ficam deformados, podendo aparecer manchas necróticas e anéis concêntricos característicos da doença, afetando qualidade e comprometendo a comercialização da pimenta (Latham & Jones, 1996; Latham & Jones, 1997; Lopes et al., 2007). No presente estudo, como observado na Figura 23, os frutos dos genótipos mais afetados por tripses (1, 2, 2x1 e 3x1) e por tospovirose (5 e 8x5) desenvolveram todos os sintomas típicos.

Figura 23. Frutos de acessos de pimenta Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) com sintomas típicos de danos causados por: a) tripses (*Thrips* spp. e *Frankliniella* spp.) e b) *Tospovirus*.

Considerando o caráter SF (Tabela 19), observaram-se três agrupamentos: frutos com superfície presença de *microcracking* e *cracking*, lisa com *cracking* e lisa. A classe predominante, com 79,3% dos genótipos, foi frutos de superfície lisa com presença de *cracking*. O genitor 5 e o híbrido 8x5 foram classificados com presença de *microcracking* e *cracking*. O híbrido comercial, o genitor 6 e os híbridos 6x2 e 6x4, classificados com frutos de SF lisa. A rachadura em pimenta Jalapeño, mais comumente conhecida como *cracking* ou *corking*, é resultado do rompimento do pericarpo ao longo do fruto, ou seja, formação de uma fenda suberizada na epiderme. Isso pode ocorrer em frutos grandes ou pequenos, imaturos ou

maduros e o tamanho dessa rachadura depende da gravidade do sintoma e da predisposição genética.

Tabela 19. Valores médios dos caracteres biométricos superfície de fruto (SF), formato do fruto (FF), número de lóculos (NL) e espessura do pericarpo (EP), em milímetros. Piracicaba, ESALQ, 2019.

SF			FF			NL			EP		
Genótipo			Genótipo			Genótipo			Genótipo		
5	5,00	a	8x7	5,00	cônico	7x6	3,00	a	J. Plus	4,60	a
8x5	5,00	a	7x6	5,00	cônico	7	3,00	a	7x2	3,72	b
7x6	4,00	b	7x3	5,00	cônico	7x5	3,00	a	8x2'	3,67	b
7x2	4,00	b	7	5,00	cônico	8x1	3,00	a	7x6	3,64	b
7x3	4,00	b	8x3	4,67	cônico	7x2	3,00	a	6x4	3,52	b
7x5	4,00	b	6x4	4,33	triangular	6x4	3,00	a	6x2	3,51	b
8x7	4,00	b	7x5	4,00	triangular	7x3	3,00	a	8x6	3,50	b
8x2	4,00	b	8x1	4,00	triangular	8x7	3,00	a	8x2	3,48	b
8x2'	4,00	b	6x2	4,00	triangular	8x2	3,00	a	5x3	3,31	c
8x6	4,00	b	7x2	4,00	triangular	8x2'	3,00	a	8x1	3,31	c
8x1	4,00	b	8x2	4,00	triangular	8x6	3,00	a	8x3	3,25	c
8x3	4,00	b	8x2'	4,00	triangular	8x3	3,00	a	6	3,20	c
8x4	4,00	b	8x6	4,00	triangular	8x4	3,00	a	7	3,19	c
4	4,00	b	8x4	4,00	triangular	8x5	3,00	a	8x7	3,17	c
7	4,00	b	8x5	4,00	triangular	6	3,00	a	7x3	3,09	d
8	4,00	b	4x3	4,00	triangular	8	3,00	a	3	3,09	d
1	4,00	b	8	4,00	triangular	J. Plus	3,00	a	3x2	2,98	d
2	4,00	b	J. Plus	4,00	triangular	2	3,00	a	4x2	2,97	d
3	4,00	b	6	4,00	triangular	3	3,00	a	3x1	2,94	d
4x3	4,00	b	3	4,00	triangular	5	3,00	a	4x3	2,92	d
3x2	4,00	b	4	4,00	triangular	4x2	3,00	a	5	2,76	e
4x2	4,00	b	2x1	4,00	triangular	5x3	3,00	a	8x4	2,75	e
2x1	4,00	b	3x1	4,00	triangular	6x2	3,00	a	8x5	2,74	e
3x1	4,00	b	3x2	4,00	triangular	3x2	3,00	a	1	2,69	e
5x3	4,00	b	4x2	4,00	triangular	3x1	3,00	a	7x5	2,64	e
J. Plus	1,00	c	2	3,67	triangular	4	2,00	b	4	2,62	e
6	1,00	c	1	3,67	triangular	4x3	2,00	b	2x1	2,61	e
6x2	1,00	c	5	3,00	alongado	2x1	2,00	b	8	2,58	e
6x4	1,00	c	5x3	3,00	alongado	1	2,00	b	2	2,46	e

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O *cracking* observado em pimenta Jalapeño é uma característica desejável ou indesejável, dependendo do mercado consumidor. É considerada a pimenta mais popular da América do Norte (Ulhoa et al., 2014; Nuez et al., 1996) e, de acordo com Bosland & Votava

(1999), frutos com *cracking* são apreciados no México, mas não tem valor comercial nos Estados Unidos. Segundo Nuez et al. (1996), a presença ou ausência desse caráter define o destino da produção. Frutos contendo rachaduras de 30 a 60% da superfície são destinados para a indústria de conserva, uma vez que essa característica evita que a cutícula do fruto se desprenda durante o processo de produção. Porém, se os frutos apresentarem *cracking* em mais de 60% da superfície, considerado excessivo, serão destinados à indústria de elaboração de pimenta defumada denominada de *chipotle*. Frutos com mais de 60% de *cracking* não são aceitos pelo mercado fresco e nem pela indústria de conserva, pois as rachaduras da epiderme agravam a perda de água, interferindo na firmeza do pericarpo e facilitando a entrada de patógenos. No presente estudo, observaram-se genótipos tanto de superfície lisa que atenderiam ao requisito norte-americano, quanto genótipos de superfície lisa com rachaduras, atendendo ao mercado mexicano de pimenta fresca ou para indústria de conserva.

Quanto ao FF, verificou-se que os genótipos agruparam-se em três classes de formatos. Os híbridos 8x7, 7x6, 7x3, 8x3 e o genitor 7 foram classificados como frutos de formato cônico; o híbrido 5x3 e o genitor 5, como frutos de formato alongado; e o demais, como frutos de formato triangular (Figura 20).

Para NL, observou-se que as médias registradas variaram de 2 a 3 lóculos fruto⁻¹. Com exceção dos híbridos 4x3 e 2x1 e dos genitores 4 e 1, com 2 lóculos, os demais genótipos apresentaram 3 lóculos. O número de lóculos é dependente do número de carpelos e está diretamente relacionado ao formato do fruto (Blat et al., 2007). López-Espinosa et al. (2013) encontraram resultados semelhantes aos verificados no presente estudo, uma vez que, ao avaliar pimenta Jalapeño sob condição de cultivo protegido, registraram médias variando de 2 a 3 lóculos fruto⁻¹.

Quanto à EP, verificou-se que os valores médios variaram de 4,60 a 2,46 mm. O híbrido comercial Jalapeño Plus, destacou-se pela maior média (4,60 mm), diferindo estatisticamente dos demais. Seu desempenho foi 22% superior quando comparado à média (3,57 mm) do grupo seguinte (7x2, 8x2', 7x6, 6x4, 6x2, 8x6, 8x2). Os demais genótipos registraram médias variando de 3,31 a 3,17 mm (5x3 ao 8x7); 3,09 a 2,92 mm (7x3 ao 4x3) e 2,76 a 2,46 mm (5 ao 2).

A espessura do pericarpo está relacionada à qualidade do fruto e à produtividade. De acordo com Blat et al. (2007) uma cultivar com pericarpo espesso tem duas principais vantagens: frutos mais pesados, podendo ser comercializados por peso e não por volume e maior conservação pós-colheita, pois o processo de murchamento é menos acentuado. Ademais, como mencionado anteriormente, a pimenta Jalapeño é considerada a mais popular

da América do Norte por sua característica de pericarpo diferenciado dos demais tipos varietais de pimenta. Quanto mais espesso o pericarpo do fruto, maior a quantidade de polpa para produção de molho (Di Prado, 2013). No desenvolvimento de cultivares para utilização pela indústria de molhos, a espessura do pericarpo e a produtividade, são caracteres essenciais na seleção de genótipos promissores (Ulhoa et al, 2017). Mesmo com espessura de polpa inferior à da testemunha comercial, o híbrido 7x2 se mostrou promissor ao se considerar o binômio produtividade-espessura do pericarpo, que são características desejáveis pelo segmento de indústria, pois superou em 20% a produtividade da testemunha Jalapeño Plus.

5.3.1.3. Caracteres qualitativos

O resumo da ANAVA para os caracteres qualitativos encontra-se na Tabela 20. Verificou-se efeito significativo para todos os caracteres avaliados.

Quanto aos coeficientes de variação, os mesmos apresentaram-se satisfatórios para todos os caracteres, oscilando de 2,96 a 13,06%, demonstrando precisão adequada para os experimentos.

Tabela 20. Resumo da análise de variância para os caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS), firmeza do fruto (FI), coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM) e conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM). Piracicaba, ESALQ, 2019.

FV	GL	Quadrados médios					
		SS	FI	HV	HM	CV	CM
Genótipo	28	0,67**	41,43**	40,55**	53,90**	0,17**	1,19**
Bloco	2	0,11*	0,10	31,89	1,50	0,06	0,04
Erro	56	0,02	5,19	16,6	3,33	0,03	0,02
CV%		2,92	13,06	3,16	5,19	10,57	5,54
Média geral		5,57	17,45	128,93	35,15	1,88	3,12

** e ns: representam, respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo Teste F; CV= coeficiente de variação.

Para o caráter SS (Tabela 21), observou-se que as médias oscilaram de 6,57 a 4,60 °Brix, agrupando-se em sete classes e destacando-se o genitor 8 com o maior valor médio (6,57 °Brix). Para os grupos intermediários, as médias variaram de 6,34 a 6,18 °Brix (7 e 8x7), 6,08 a 5,87 °Brix (8x2' a 6x4), 5,73 a 5,61 °Brix (8x6 a 8x3), 5,46 a 5,29 °Brix (4 a J. Plus); 5,15 a 5,00 °Brix (4x3 a 2x1). De acordo com Tadesse et al. (2002), o teor mínimo recomendado de sólidos solúveis em pimentas imaturas é em torno de 4,80 °Brix. Com exceção da pimenta 5, todos os genótipos avaliados apresentaram teor de sólidos solúveis

superior a 4,60 °Brix. Rahman et al. (2014) reportaram valores médios inferiores aos encontrados no presente trabalho, que variaram de 4,00 a 5,00 °Brix. Merece registro ainda que, a concentração de sólidos solúveis está diretamente ligada a fertilidade do solo, material genético, manejo da cultura, e temperatura (Tadesse et al., 2002), e, portanto, os valores registrados podem ter sido influenciados negativamente por tais variáveis.

Em relação à FI, constatou-se diferença significativa em três classes de médias. Os genótipos que apresentaram desempenho superior foram 8x2, 1, 3x1, 2 e Jalapeño Plus, com médias de 24,17 a 21,64 N. Os genótipos de desempenho intermediário apresentaram valores médios de 20,71 a 18,02 N. Os genótipos de desempenho inferior registraram médias de 16,88 a 11,21 N.

A firmeza do fruto é um caráter de grande importância, sendo uma das principais características que melhoristas levam em consideração ao selecionar cultivares com potencial para comercialização. Biles et al. (1993), ao avaliar pimentas *Capsicum annuum* durante a maturação, reportaram incremento expressivo de firmeza durante os 20-60 dias após formação do fruto e decréscimo contínuo significativo até os 103 dias. Lurie et al. (1996), reportaram declínio de firmeza em *Capsicum* spp. conforme alteração na coloração do fruto de verde para vermelho, além de correlacionar esse declínio com elevada perda de água. De acordo com Blat et al. (2007), quanto maior a firmeza do fruto, menores serão as perdas causadas por danos físicos durante o manuseio pós-colheita. No presente trabalho, observou-se que os genótipos 8x2, 1, 3x1, 2 e o híbrido comercial destacaram-se com médias superiores aos demais. Destaca-se novamente que os genótipos 1, 2 e 3x1 foram severamente atacados por trips. Desse modo, especula-se que a elevada firmeza registrada nos frutos desses genótipos se deva à deformação do fruto, acarretando em rigidez da parede celular. Diferentemente, os híbridos 8x2 e Jalapeño Plus, que não apresentaram incidência de praga ou doença, mostraram firmeza elevada, revelando maior potencial pós-colheita, uma vez que seus frutos permaneceram mais firmes que os demais genótipos.

Para pimentão, Díaz-Pérez et al. (2007) relataram que frutos menores perderam firmeza mais rapidamente que frutos maiores devido à maior taxa de perda de água. Isso ocorreu porque a proporção AS/MF (área da superfície do fruto/massa do fruto) é maior em frutos menores do que nos maiores. No presente trabalho, observou-se que a massa não influenciou na firmeza do fruto. Frutos maiores não apresentaram necessariamente maiores médias de firmeza quando comparados aos frutos menores (Tabela 18). Isso se deve, provavelmente, ao fato de o pimentão ter menor perda de água por não apresentar o *cracking* característico da pimenta Jalapeño. O *cracking*, de acordo com Jansasithron (2012), acelera a

taxa de perda de água, resultando em menor firmeza de fruto. Ao se comparar os resultados de FI com os de SF, verifica-se que os genótipos com frutos classificados como superfície lisa com rachaduras, em sua maioria, são os mesmos com as menores médias de FI. Portanto, é possível presumir que as rachaduras contribuíram negativamente para o caráter FI.

Tabela 21. Valores médios para os caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS), em graus Brix (°Brix); firmeza do fruto (FI), em Newton; coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM), em °Hue. Piracicaba, ESALQ, 2019.

SS			FI		HV		HM	
Genótipo			Genótipo		Genótipo		Genótipo	
8	6,57	a	8x2	24,17	a	8x1	133,22	a
7	6,34	b	1	22,82	a	8x4	132,86	a
8x7	6,18	b	3x1	22,55	a	J. Plus	131,98	a
8x2'	6,08	c	2	22,20	a	3x1	131,90	a
7x2	6,00	c	J. Plus	21,64	a	8x2	131,38	a
7x3	5,97	c	7	20,71	b	6	131,33	a
8x1	5,94	c	6x4	20,36	b	6x4	130,92	a
8x4	5,93	c	7x6	20,11	b	7x3	130,92	a
7x5	5,92	c	4x2	19,53	b	2x1	130,72	a
3	5,90	c	7x2	19,35	b	2	130,69	a
6x4	5,87	c	6	19,23	b	8x2'	130,69	a
8x6	5,73	d	6x2	19,11	b	1	130,30	a
6	5,67	d	5x3	19,02	b	8x7	130,15	a
3x2	5,65	d	8x6	18,64	b	8x6	130,12	a
8x3	5,61	d	8x5	18,07	b	4x3	129,76	a
4	5,46	e	2x1	18,02	b	3	129,55	a
2	5,44	e	8x1	16,88	c	3x2	129,21	a
7x6	5,43	e	7x5	16,19	c	8	129,16	a
5x3	5,36	e	3x2	16,06	c	7x2	129,12	a
J. Plus	5,29	e	4x3	14,74	c	7	128,73	a
4x3	5,15	f	5	14,32	c	7x6	128,68	a
8x2	5,15	f	8x7	14,25	c	4x2	128,67	a
4x2	5,11	f	7x3	14,02	c	8x3	128,57	a
8x5	5,09	f	8x4	13,41	c	5x3	128,54	a
1	5,04	f	8x3	12,95	c	4	127,10	a
3x1	5,04	f	3	12,82	c	7x5	126,70	a
6x2	5,03	f	8x2'	12,54	c	8x5	121,87	b
2x1	5,00	f	8	11,28	c	5	118,16	b
5	4,60	g	4	11,21	c	6x2	118,12	b
						2	27,54	e

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando o caráter HV (Tabela 21), observou-se que, com exceção dos genótipos 8x5, 5 e 6x2, com médias de 121,87 a 118,12 °Hue, os demais genótipos não diferiram entre si e a média desse grupo oscilou de 133,22 a 126,70 °Hue (8x1 ao 7x5). Isso indica que, embora não sejam de coloração verde absoluto (=180 °Hue), os frutos desses genótipos são de coloração verde mais intenso e com menor interferência do amarelo. Por sua vez, os genótipos com menor valor de HV indicam que seus frutos têm menos verde puro e mais verde amarelado por se situarem mais distantes de 180 °Hue e mais próximos de 90 °Hue.

Quanto ao HM, verificou-se que o híbrido 8x2' destacou-se dos demais por registrar o maior valor (46,12 °Hue). Esse resultado indica que, dentre todos os genótipos avaliados, esse híbrido produziu as pimentas de coloração mais vermelho alaranjada, pois quanto mais distante de 0 °Hue (vermelho absoluto), maior a interferência do amarelo. Os demais genótipos agruparam-se em quatro classes distintas de intensidade do vermelho, sendo que a classe de menor valor foi a que registrou genótipos com os frutos de cor vermelha mais intensa, com menor interferência do amarelo.

A alteração de cor é um importante componente na qualidade visual da pimenta. De acordo com Barrera et al. (2008), a coloração em pimentão e pimentas varia dependendo da espécie, cultivar, estágio de maturidade e condições de cultivo. A mudança do verde para o vermelho durante o amadurecimento ocorre devido ao decréscimo ou ao desaparecimento da clorofila seguido de incremento ou manifestação de carotenoides antes encobertos pela clorofila (Perez-Lopez et al., 2007; Menichini et al., 2009). Os principais carotenoides presentes em pimentas vermelhas são capsantina, capsorubina e criptoxantina, enquanto que luteína e violaxantina são os principais carotenoides de pimentas verdes (Hornero-Mendez et al., 2000). No presente trabalho, observaram-se frutos de coloração vermelho mais intenso, como também, frutos de coloração vermelho alaranjada, indicando menor concentração de carotenoides. Pesquisadores relataram diferentes composições de carotenoides possivelmente relacionadas ao estágio de amadurecimento e as cultivares utilizadas (Sun et al., 2007), bem como sensibilidade do genótipo a temperaturas elevadas que podem aumentar e acelerar a degradação dos carotenoides (Uenojo et al. 2007).

Considerando os valores médios apresentados na Tabela 22, observa-se que para CV, as médias variaram de 2,36 a 1,45 mg g⁻¹ (37.813 a 23.200 SHU) e, para CM, a variação foi de 5,22 a 2,17 mg g⁻¹ (83.573 a 34.773 SHU). Para CV, verificou-se claramente a formação de dois agrupamentos: um com maior conteúdo (3x2, 3, 8x4, 5, 4, 3x1, 2x1, 1, 8x1 e 6x4) e outro com menor conteúdo de capsaicinoides. Em relação a CM, o híbrido 8x3 destacou-se como superior em relação aos demais genótipos avaliados, com 5,22 mg g⁻¹ (83.573 SHU),

seguido pelo genitor 3, com o segundo maior valor (4,20 mg g⁻¹ - 67.146 SHU). De modo geral, observou-se que os frutos maduros apresentaram maior conteúdo de capsaicinoides quando comparados aos frutos imaturos, validando Dewitt & Bosland (2009) ao reportarem que frutos maduros são mais pungentes que frutos imaturos.

Tabela 22. Valores médios para o caráter qualitativo conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM), em mg capsaicinoides/g pimenta e *Scoville Heat Units* (SHU). Piracicaba, ESALQ, 2019.

CV				CM			
Genótipo	mg g ⁻¹	SHU		Genótipo	mg g ⁻¹	SHU	
3x2	2,36	37.813	a	8x3	5,22	83.573	a
3	2,34	37.386	a	3	4,20	67.146	b
8x4	2,28	36.426	a	8x2'	3,85	61.600	c
5	2,21	35.413	a	7x6	3,69	59.093	c
4	2,16	34.613	a	8x4	3,61	57.813	c
3x1	2,11	33.813	a	8	3,45	55.146	d
2x1	2,07	33.173	a	3x2	3,42	54.666	d
1	2,05	32.746	a	6	3,37	53.973	d
8x1	2,03	32.533	a	5x3	3,32	53.066	d
6x4	1,96	31.413	a	4	3,31	53.013	d
6x2	1,92	30.720	b	2x1	3,27	52.373	d
J. Plus	1,90	30.400	b	8x2	3,21	51.413	d
8x2	1,90	30.346	b	8x7	3,20	51.253	d
8x7	1,88	30.080	b	6x4	3,17	50.720	d
8x2'	1,87	29.920	b	8x5	3,04	48.640	e
7x2	1,83	29.333	b	3x1	3,03	48.480	e
7	1,82	29.120	b	8x6	2,97	47.466	e
5x3	1,79	28.693	b	8x1	2,97	47.466	e
7x3	1,78	28.426	b	7x3	2,94	47.093	e
8	1,75	28.053	b	J. Plus	2,85	45.546	e
8x3	1,75	28.053	b	4x2	2,80	44.853	e
8x6	1,75	28.000	b	4x3	2,80	44.853	e
2	1,74	27.786	b	7x2	2,60	41.600	f
7x6	1,69	27.040	b	2	2,53	40.480	f
4x3	1,61	25.706	b	5	2,49	39.893	f
6	1,58	25.333	b	6x2	2,43	38.826	f
4x2	1,56	25.013	b	7x5	2,36	37.813	f
7x5	1,54	24.586	b	1	2,27	36.373	f
8x5	1,45	23.200	b	7	2,17	34.773	f

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Embora encontre-se na literatura que o grau de pungência da pimenta Jalapeño varia de 2.500 a 5.000 SHU (Reifschneider, 2000), pesquisas mais recentes reportaram que a pungência dessa pimenta pode atingir valores por volta de 50.000 SHU (Rohrig, 2014). No presente estudo, os resultados obtidos para frutos verdes corroboraram os de Rohring (2014). Nos frutos maduros, a quantidade de capsaicinoides de 48% dos genótipos avaliados ultrapassou 50.000 SHU, sendo que o híbrido 8x3, superou em 67% essa classificação. Gomes et al. (2019), relataram valores de 53.490 SHU para o acesso CNPH 30.118 (tipo Jalapeño) e 25.060 SHU para o híbrido comercial Jalapeño Plus. Esse valor é 44% menor que o resultado obtido para essa cultivar no presente trabalho (45.546 SHU).

De acordo com Bosland (1994), o grau de pungência de pimentas do gênero *Capsicum* é influenciado por sua constituição genética, condições climáticas e de cultivo, bem como idade e estágio de maturação do fruto. Ainda, segundo o autor, embora seja possível fazer seleção para o caráter em programas de melhoramento genético, a ocorrência de qualquer estresse durante o cultivo resultará no aumento do conteúdo de capsaicinoides. Dewitt & Bosland (2009) reportaram que a deficiência ou o excesso de água, devido ao estresse para a planta, resulta em acréscimo no grau de pungência. E que a pungência também é aumentada quando o fruto amadurece sob altas temperaturas. No presente estudo, a colheita dos frutos foi realizada no final de maio de 2018, quando as precipitações foram baixas e as temperaturas moderadamente elevadas (Tabela 13 e Figura 14). Considerando essas condições, pressupõe-se que os altos conteúdos de capsaicinoides registrados são resultantes de plantas que experimentaram algum estresse, principalmente, na fase de desenvolvimento e amadurecimento dos frutos.

5.3.2. Heterose

As estimativas de heterose em relação à média parental e à média do parental superior obtidas pelas oito cultivares parentais e seus 20 híbridos F₁ são apresentadas a seguir. Verificou-se que várias combinações híbridas manifestaram altos valores heteróticos positivos, promissores para a maioria dos caracteres estudados.

5.3.2.1. Heterose para os caracteres de produção

Na Tabela 23, são apresentados os valores médios de heterose relativa à média dos parentais (HMP) e a heterose relativa à média do parental superior (HPS) para os caracteres

massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT).

Tabela 23. Médias dos caracteres de produção massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP) e produtividade total (PT) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Genótipo	MFP			NFP			PT		
	Média	Heterose relativa (%)		Média	Heterose relativa (%)		Média	Heterose relativa (%)	
		HMP	HPS		HMP	HPS		HMP	HPS
1	302,31			28,00			4,03		
2	515,58			38,66			6,87		
3	735,08			45,33			9,80		
4	622,52			42,00			8,30		
5	463,53			42,33			6,18		
6	1280,04			80,33			18,55		
7	1391,66			83,00			17,40		
8	368,07			29,66			4,91		
2x1	308,25	-24,62	-40,21	32,00	-3,99	-17,23	4,11	-24,59	-40,17
3x1	800,85	54,40	8,95	56,00	52,73	23,54	10,67	54,30	8,88
3x2	482,64	-22,82	-34,34	33,66	-19,85	-25,74	6,43	-22,86	-34,39
4x2	1111,69	95,36	78,58	71,00	76,05	69,05	14,82	95,39	78,55
4x3	593,36	-12,59	-19,28	33,66	-22,91	-25,74	7,91	-12,60	-19,29
5x3	1200,83	100,37	63,36	72,00	64,27	58,84	16,01	100,38	63,37
6x2	1459,58	62,57	14,03	96,33	61,91	19,92	19,46	53,11	4,91
6x4	2007,08	110,99	56,80	94,33	54,22	17,43	26,76	99,33	44,26
7x2	1956,66	105,18	40,60	121,66	100,00	46,58	26,09	115,00	49,94
7x3	854,64	-19,63	-38,59	44,66	-30,40	-46,19	11,39	-16,25	-34,54
7x5	752,05	-18,92	-45,96	43,33	-30,85	-47,80	10,03	-14,93	-42,36
7x6	1762,50	31,94	26,65	93,00	13,88	12,05	23,50	30,74	35,06
8x1	838,75	150,23	127,88	59,33	105,79	100,03	11,18	150,11	127,70
8x2	1212,56	174,44	135,18	76,33	123,45	97,44	16,17	174,53	135,37
8x2'	1258,75	184,90	144,14	82,33	141,01	112,96	16,78	184,89	144,25
8x3	1202,64	118,04	63,61	61,33	63,57	35,30	16,03	117,95	63,57
8x4	1051,46	112,29	68,90	62,66	74,88	49,19	14,02	112,26	68,92
8x5	653,11	57,07	40,90	42,00	16,68	-0,78	8,70	56,90	40,78
8x6	1377,75	67,19	7,63	74,33	35,16	-7,47	18,36	56,52	-1,02
8x7	540,00	-38,63	-61,20	33,66	-40,24	-59,45	7,20	-35,45	-58,62

Para MFP, verificou-se que, em relação à HMP, os valores heteróticos oscilaram entre -38,63% (8x7) e 184,90% (8x2'). Destacaram-se os híbridos 8x2' (184,90%), 8x2 (174,44%), 8x1 (150,23%), 8x3 (118,04%), 8x4 (112,29%), 6x4 (110,99%), 7x2 (105,18%) e 5x3 (100,37%). Os híbridos 8x7 (-38,63%), 2x1 (-24,62%) e 3x2 (-22,82%) foram os que apresentaram os maiores valores heteróticos negativos. A heterose em relação ao parental superior, denominada como heterobeltiose, é a medida de maior interesse quando intenciona-

se explorar comercialmente o vigor híbrido (Melo, 1987). De todas as combinações híbridas avaliadas, 8x2' (144,14%), 8x2 (135,18%) e 8x1 (127,88%) destacaram-se das demais, exibindo melhor comportamento em relação ao parental superior para o caráter MFP. Resultados semelhantes foram relatados por Ahmed & Hurra (2000), Mamdov & Pyshnaja (2001) e Doshi & Shukla (2001), que, ao avaliar híbridos de pimentas e pimentões reportaram valores máximos de heterobeltiose de 174,52%, 181,2% e 77,9%, respectivamente. Ainda, o aumento da produção na cultura da pimenta como resultado de efeito heterótico foi anteriormente relatado por Owens (1992).

Quanto ao caráter NFP, em relação à HMP, as estimativas heteróticas oscilaram entre -40,24% (8x7) e 141,02% (8x2'). Os híbridos 8x2' (141,02%), 8x2 (123,45%), 8x1 (105,79%) e 7x2 (100,00%) foram os que manifestaram maiores valores de heterose. Em contrapartida, as combinações 8x7 (-40,24%), 7x5 (-30,85%) e 7x3 (-30,40%) expressaram os maiores valores heteróticos negativos. Já, para heterobeltiose, observou-se que as melhores combinações em relação à HMP (8x2', 8x2, 8x1) mostraram-se, também, superiores aos parentais em 112,96%, 97,44% e 100,03%, respectivamente. Afroza et al. (2013), em estudos de heterose em pimentas *C. annuum*, relataram variações de -44,88% a 106,69% em relação à HMP para NFP, indicando semelhança aos valores heteróticos verificados no presente estudo, embora esses tenham manifestado ligeira superioridade.

Para PT, observou-se que, em relação à HMP houve oscilação entre -35,45% (8x7) e 184,89% (8x2'). As combinações híbridas 8x2' (184,89%), 8x2 (174,53%), 8x1 (150,11%), 8x3 (117,95%), 7x2 (115,00%), 8x4 (112,26%) e 5x3 (100,38%) foram as que registraram os maiores valores heteróticos. Por sua vez, os híbridos 8x7 (-35,45%), 2x1 (-24,59%) e 3x2 (-22,86%) exibiram comportamento negativo em relação à HMP. Quanto à HPS, as combinações híbridas que destacaram-se com os maiores valores heteróticos foram 8x2' (144,25%), 8x2 (135,37%) e 8x1 (127,70%). Os valores positivos do vigor de híbrido obtidos no presente estudo foram superiores aos relatados por Lasmar (2013). Ao avaliar pimentas *C. annuum*, o autor reportou superioridade dos híbridos em relação a HPM e HPS, uma vez que verificou, dentre as melhores combinações, 58,2%, 42,6% e 27,3% para HMP e 45,3%, 34,9% e 21,5% para HPS. De acordo com Souza & Maluf (2003), parentais de baixo desempenho podem gerar híbridos com alto grau de heterose, como verificado nas combinações híbridas de alto potencial observadas. Presume-se que os elevados valores de heterose e heterobeltiose obtidos podem ser devidos ao vigor do híbrido que está diretamente relacionado com o grau de não semelhança dos parentais. Segundo Borém (2001), valores altos de heterose são obtidos quando há grande divergência genética entre os genótipos utilizados nas combinações.

Ademais, os componentes de produtividade são controlados por efeitos genéticos aditivos e não-aditivos (dominância, sobredominância e epistasia), cuja influência varia consideravelmente em função de fatores ambientais e características do genótipo (Zatykó, 2006). Geleta & Labuschagne (2004), Kamble et al. (2009) e Shrestha et al. (2011) também relataram altos valores de heterose e heterobeltiose para produtividade em *C. annuum*.

5.3.2.2. Heterose para os caracteres biométricos

Nas Tabelas 24 e 25 são indicados os valores médios de heterose relativa à média dos parentais (HMP) e de heterose relativa à média do parental superior (HPS) para os caracteres massa (MF), comprimento (CF), diâmetro (DF), superfície (SF), formato (FF) do fruto, número de lóculos (NL) e espessura do pericarpo (EP).

Para o caráter MF (Tabela 24), o vigor do híbrido em relação à HMP apresentou valores que variaram de 0,40% (8x7) a 62,73% (3x2), merecendo registro de que não houve heterose negativa. As combinações híbridas 3x2 (62,73%), 8x2' (54,34%), 7x2 (50,47%) e 5x3 (49,09%) foram as que se destacaram com os maiores valores heteróticos em relação à média parental. Os híbridos 5x3 (45,91%) e 8x7 (-11,56%) exibiram o maior e o menor valor de HPS, respectivamente. Khalil & Hatem (2014), ao estudar híbridos de *C. annuum*, verificaram valores heteróticos em relação à HMP variando de -23,58% a 70,11%. Para heterobeltiose, observaram variação de -45,35% a 54,17%, sendo que apenas uma combinação híbrida se destacou como superior em relação à HPS. No presente estudo, o mesmo não ocorreu, uma vez que apenas quatro dos vinte híbridos avaliados manifestaram HPS negativa. Dessa forma, as plantas das demais combinações apresentaram frutos mais pesados que seus parentais, indicando vigor de híbrido expressivo, especialmente 3x2, 8x2' e 7x2.

Quanto ao CF e ao DF, em relação à HMP, observou-se que apenas as combinações híbridas 4x2 (-5,59%) e 8x4 (-6,10%), para CF, e 7x5 (1,28%), para DF, manifestaram heterose negativa, indicando frutos de menores dimensões que seus respectivos parentais. Os demais híbridos apresentaram heterose positiva, com valores oscilando entre 1,61% (3x1) e 27,80% (7x5), para CF, e valores oscilando entre 0,41% (8x7) e 24,35% (3x2), para DF. Por sua vez, em relação à HPS, verificou-se que os valores de heterose variaram entre -25,12% (4x2) e 25,20% (7x5), para CF, e -19,01% (7x5) e 17,87% (8x2'), para DF. Ainda, observou-se que apenas as combinações híbridas 4x2, 4x3, 8x4, 3x1, 7x3 e 6x4, para CF, e 7x5, 8x7, 8x5, 3x1 e 7x3, para DF, manifestaram heterose negativa. Kumar et al. (2014) ao estudar

heterose em pimentas *C. annuum* L. também reportaram valores heteróticos positivos em relação à média parental e ao parental superior para CF e DF. Os valores máximos de heterose foram superiores aos registrados no presente estudo, tanto para HMP (CF: 56,60% e DF: 67,47%), quanto para HPS (CF: 42,16% e DF: 66,80%). Esses resultados se devem, provavelmente, por não se tratar dos mesmos tipos varietais de pimentas. Heteroses positivas para CF e DF em pimentas *C. annuum* L. também foram reportadas por Anandanayaki & Natarajan (2000) e Nandadevi & Hosmani (2003).

Tabela 24. Médias dos caracteres biométricos massa do fruto (MF) comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Genótipo	MF			CF			DF		
	Média	Heterose relativa		Média	Heterose relativa		Média	Heterose relativa	
		HMP	HPS		HMP	HPS		HMP	HPS
1	11,19			4,93			2,15		
2	9,88			5,09			1,99		
3	14,12			4,60			2,49		
4	21,34			8,68			2,25		
5	13,52			6,97			1,73		
6	19,70			5,95			2,66		
7	23,45			6,69			2,70		
8	17,86			6,25			2,22		
2x1	14,50	37,67	29,61	5,76	15,05	13,24	2,23	7,82	3,88
3x1	15,80	24,81	11,85	4,84	1,61	-1,76	2,48	6,91	-0,40
3x2	19,53	62,73	38,28	5,78	19,34	13,63	2,78	24,35	11,93
4x2	19,10	22,39	-10,47	6,50	-5,59	-25,12	2,52	18,80	12,02
4x3	22,66	27,79	6,19	6,94	4,49	-20,05	2,71	14,65	9,12
5x3	20,61	49,09	45,91	7,10	22,67	1,82	2,59	23,00	4,29
6x2	20,41	38,04	3,64	6,20	12,39	4,26	2,72	17,07	2,38
6x4	29,25	42,58	37,10	8,59	17,48	-1,00	2,70	9,99	1,51
7x2	25,07	50,47	6,94	7,47	26,84	11,67	2,71	15,57	0,37
7x3	22,26	18,48	-5,08	6,58	16,54	-1,65	2,69	3,86	-0,25
7x5	21,96	18,81	-6,34	8,73	27,80	25,20	2,19	-1,28	-19,01
7x6	25,28	17,19	7,82	7,47	18,31	11,76	2,75	2,55	1,73
8x1	20,99	44,51	17,53	6,64	18,84	6,24	2,56	17,25	15,32
8x2	20,32	46,50	13,77	7,00	23,40	11,89	2,50	18,76	12,61
8x2'	21,41	54,34	19,86	6,65	17,34	6,40	2,62	24,31	17,87
8x3	22,02	37,70	23,29	6,47	19,16	3,41	2,88	22,24	15,68
8x4	22,93	16,98	7,45	7,01	-6,10	-19,21	2,41	8,06	7,42
8x5	18,47	17,70	3,40	7,96	20,34	14,16	2,21	11,90	-0,45
8x6	25,38	35,17	28,87	7,27	19,18	16,26	2,78	13,88	4,52
8x7	20,74	0,40	-11,56	6,84	5,67	2,24	2,47	0,41	-8,52

Para o caráter SF (Tabela 25), verificou-se que apenas os híbridos 6x2 (166,67%) e 3x1 (14,29%) manifestaram valores positivos de heterose em relação à HMP. Já, os híbridos 7x5 (%), 8x5 (%), 5x3 (%), 8x7 (%), 8x1 (%) e 2x1 (%), manifestaram valores heteróticos negativos. Nos demais híbridos não houve manifestação de heterose em relação à HMP. As magnitudes de heterobeltiose variaram de -76,92% (8x5) a 166,67% (6x2). Merece registro que apenas o híbrido 6x2 manifestou heterose positiva. Com exceção dos híbridos 8x5, 7x5,

5x3, 8x7, 7x6, 7x3, 7x2, 8x1 e 2x1, que manifestaram heterose negativa, as demais combinações híbridas não exibiram heterose em relação ao parental superior.

Considerando o caráter FF, em relação à HMP, observou-se que a heterose oscilou entre -14,29% (5x3) e 16,67% (8x3). Apenas os híbridos 5x3 (-14,29%) e 7x2 (-7,69%) manifestaram heterose negativa. Dos demais híbridos, treze exibiram heterose positiva e quatro, ausência de heterose. Para heterobeltiose, os híbridos 8x3 (16,67%), 2x1 (9,09%) e 6x4 (8,33%) manifestaram heterose positiva. Por sua vez, os híbridos 5x3 (-25,00%), 7x2 (-20,00%) e 7x5 (-20,00%) apresentaram heterose negativa. Os demais quatorze híbridos manifestaram ausência de heterose em relação ao parental superior.

Quanto ao caráter NL, os valores relativos à HMP oscilaram entre -20,00% (2x1 e 4x3) e 20,00% (3x1, 4x2, 6x4, 8x1, 8x4). Destacaram-se os híbridos 3x1, 4x2, 6x4, 8x1, 8x4 com as maiores heteroses. Os híbridos 2x1 e 4x3 manifestaram os maiores valores heteróticos negativos. Dentre os vinte híbridos, oito não exibiram heterose em relação à média do parental. Por sua vez, para HPS, merece registro que não houve heterose positiva. Os valores heteróticos variaram de -33,33% a 0,00%. As combinações híbridas 2x1 e 4x3 manifestaram os maiores valores de heterose negativa. Embora as combinações 3x1, 4x2, 6x4, 8x1 e 8x3 tenham se apresentado com heterose positiva superior, estas não superaram o parental superior. Resultados semelhantes foram relatados por Blat et al. (2007) que, em estudo com pimentão, verificaram ausência de heterose e predominância de valores heteróticos negativos em relação à HMP e ao parental superior, assim como observado no presente estudo.

Para EP, quanto às estimativas de HMP, foram observados efeitos heteróticos variando de -11,15% (7x5) a 45,77% (8x2'), sobressaindo-se os híbridos 8x2' (45,77%), 8x2 (38,10%) e 7x2 (31,64%) que manifestaram maiores valores de heterose. Em contrapartida, as combinações 7x5 (-11,15%) e 7x3 (-1,59%) foram as únicas que expressaram valores heteróticos negativos. Os valores relativos à heterobeltiose oscilaram entre -17,22% (7x5) e 42,56% (8x2'). As combinações híbridas 8x2' (42,56%), 8x2 (35,06%) e 8x1 (22,90%) manifestaram os maiores valores heteróticos. Esses resultados corroboram os de Ahmed & Hurra (2000) que, em pesquisa com *C. annuum*, relataram valores positivos de heterose e heterobeltiose para a espessura do pericarpo. Por sua vez, Miranda (2014) reportou que híbridos de *C. annuum* não apresentaram valores significativos de heterose e heterobeltiose para esse caráter. Considerando a pouca literatura disponível sobre pesquisas com híbridos de pimenta Jalapeño, ao se comparar com dados de pesquisas, é preciso levar em conta que nem sempre se trata do mesmo grupo varietal.

Tabela 25. Médias dos caracteres biométricos superfície (SF) e formato (FF) do fruto, número de lóculos (NL) e espessura do pericarpo (EP) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Gen.	SF			FF			NL			EP		
	Média	Heterose relativa		Média	Heterose relativa		Média	Heterose relativa		Média	Heterose relativa	
		HMP	HPS		HMP	HPS		HMP	HPS		HMP	HPS
1	4,00			3,67			2,00			2,69		
2	4,00			3,67			3,00			2,46		
3	4,00			4,00			3,00			3,09		
4	4,00			4,00			2,00			2,62		
5	5,00			3,00			3,00			2,76		
6	1,00			4,00			3,00			3,20		
7	4,00			5,00			3,00			3,19		
8	4,00			4,00			3,00			2,58		
2x1	4,00	0,00	0,00	4,00	9,09	9,09	2,00	-20,00	-33,33	2,61	1,10	-3,22
3x1	4,00	0,00	0,00	4,00	4,35	0,00	3,00	20,00	0,00	2,94	1,73	-4,75
3x2	4,00	0,00	0,00	4,00	4,35	0,00	3,00	0,00	0,00	2,98	7,27	-3,56
4x2	4,00	0,00	0,00	4,00	4,35	0,00	3,00	20,00	0,00	2,97	17,06	13,63
4x3	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	2,00	-20,00	-33,33	2,92	2,51	-5,29
5x3	4,00	-11,11	-20,00	3,00	-14,29	-25,00	3,00	0,00	0,00	3,31	13,41	7,34
6x2	1,00	-60,00	-75,00	4,00	4,35	0,00	3,00	0,00	0,00	3,51	24,07	9,79
6x4	1,00	-60,00	-75,00	4,33	8,33	8,33	3,00	20,00	0,00	3,52	20,92	9,90
7x2	4,00	0,00	0,00	4,00	-7,69	-20,00	3,00	0,00	0,00	3,72	31,64	16,60
7x3	4,00	0,00	0,00	5,00	11,11	0,00	3,00	0,00	0,00	3,09	-1,59	-3,24
7x5	4,00	-11,11	-20,00	4,00	0,00	-20,00	3,00	0,00	0,00	2,64	-11,15	-17,22
7x6	4,00	60,00	0,00	5,00	11,11	0,00	3,33	0,00	0,00	3,64	13,87	13,75
8x1	4,00	0,00	0,00	4,00	4,35	0,00	3,00	20,00	0,00	3,31	25,62	22,90
8x2	4,00	0,00	0,00	4,00	4,35	0,00	3,00	0,00	0,00	3,48	38,10	35,06
8x2'	4,00	0,00	0,00	4,00	4,35	0,00	3,00	0,00	0,00	3,67	45,77	42,56
8x3	4,00	0,00	0,00	4,67	16,67	16,67	3,00	0,00	0,00	3,25	14,89	5,40
8x4	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	3,00	20,00	0,00	2,75	5,90	5,10
8x5	5,00	11,11	0,00	4,00	14,29	0,00	3,00	0,00	0,00	2,74	2,75	-0,60
8x6	4,00	60,00	0,00	4,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,50	21,18	9,37
8x7	4,00	0,00	0,00	5,00	11,11	0,00	3,00	0,00	0,00	3,17	9,76	-0,84

5.3.2.3. Heterose para os caracteres qualitativos

Os valores médios de heterose relativa à média dos parentais (HMP) e de heterose relativa à média do parental superior (HPS) para os caracteres teor de sólidos solúveis (SS), firmeza do fruto (FI), coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM), conteúdo

de capsaicinoides de fruto verde (CV) e maduro (CM) estão indicados nas Tabelas 26, 27 e 28.

Para o caráter SS (Tabela 26), em geral, os valores heteróticos observados expressaram pequena magnitude. Em relação à HMP, as heteroses variaram de -14,29% (8x2) a 8,16% (7x5), esta sendo a combinação híbrida de maior destaque em relação à média parental. Quanto à heterobeltiose, os efeitos heteróticos oscilaram entre -22,57% (8x5) e 3,47% (6x4). Em relação à HPS, merece registro que somente a combinação híbrida 6x4 manifestou heterose positiva, enquanto que os demais híbridos exibiram heterose negativa. Como valores máximos de HMP, Nascimento (2013), reportou 32,61%, Geleta & Labuschagne (2004) observaram 22,20% e Rodrigues et al. (2012), verificaram 12,93% ao avaliar acessos de pimenta *Capsicum* spp. No presente estudo, os valores registrados foram inferiores aos encontrados por Nascimento (2013), porém, semelhantes aos reportados por Geleta & Labuschagne (2004) e Rodrigues et al. (2012). No que concerne à heterobeltiose, os valores registrados não corroboram tais autores, uma vez que, nesses estudos foram registrados valores positivos de heterobeltiose (27,47% e 17,40%, respectivamente), enquanto que na presente pesquisa, apenas a combinação 6x4 (3,47%) manifestou HPS positiva.

O comportamento dos híbridos para FI em relação aos efeitos heteróticos, mostrou variação de -25,05% (8x2') a 44,39% (8x2). Os maiores valores heteróticos de HMP foram apresentados pelos cruzamentos 8x2 (44,39%), 8x5 (41,19%) e 5x3 (40,14%). As magnitudes de heterobeltiose variaram de -43,49% (8x2') a 32,80% (5x3). As combinações híbridas 5x3 (32,80%), 8x5 (26,19%) e 8x4 (18,92%) manifestaram altos valores heteróticos positivos. Dos vinte híbridos avaliados, treze manifestaram valores negativos em relação à média parental, indicando desempenho inferior ao melhor parental. Blat et al. (2007), ao estudar híbridos de pimentão, verificaram valores interessantes de heterose em relação a HMP e HPS, sendo que, dos dez híbridos avaliados, apenas dois apresentaram desempenho inferior ao dos parentais, enquanto que os demais foram superiores, ou seja, mais firmes que seus genitores.

Tabela 26. Médias dos caracteres qualitativos teor de sólidos solúveis (SS) e firmeza do fruto (FI) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Genótipo	SS			FI		
	Média	Heterose relativa (%)		Média	Heterose relativa (%)	
		HMP	HPS		HMP	HPS
1	5,07			22,82		
2	5,44			22,20		
3	5,90			12,82		
4	5,46			11,21		
5	4,60			14,32		
6	5,67			19,23		
7	6,34			20,71		
8	6,57			11,28		
2x1	5,00	-4,82	-8,03	18,02	-19,96	-21,05
3x1	5,04	-8,02	-14,47	22,55	26,52	-1,20
3x2	5,65	-0,29	-4,18	16,06	-8,27	-27,65
4x2	5,11	-6,24	-6,41	19,53	16,90	-12,03
4x3	5,15	-9,22	-12,61	14,74	22,65	14,95
5x3	5,36	2,10	-9,10	19,02	40,14	32,80
6x2	5,03	-9,45	-11,34	19,11	-7,75	-13,92
6x4	5,87	5,48	3,47	20,36	33,76	5,88
7x2	6,00	1,81	-5,47	19,35	-9,80	-12,82
7x3	5,97	-2,51	-5,94	14,02	-16,37	-32,30
7x5	5,92	8,16	-6,67	16,19	-7,55	-21,81
7x6	5,43	-9,57	-14,35	20,11	0,71	-2,90
8x1	5,94	1,98	-9,69	16,88	-1,01	-26,04
8x2	5,15	-14,29	-21,70	24,17	44,39	8,88
8x2'	6,08	1,25	-7,51	12,54	-25,05	-43,49
8x3	5,61	-10,08	-14,71	12,95	7,51	1,04
8x4	5,93	-1,41	-9,79	13,41	19,27	18,92
8x5	5,09	-8,92	-22,57	18,07	41,19	26,19
8x6	5,73	-6,42	-12,83	18,64	22,24	-3,03
8x7	6,18	-4,31	-5,98	14,25	-10,88	-31,18

Para HV (Tabela 27), em geral, os valores heteróticos observados foram de pequena magnitude. Em relação à HMP, verificou-se oscilação entre -9,84% (6x2) e 3,79% (5x3), destacando-se os híbridos 5x3 (3,79%) e 8x4 (3,69%). Os valores relativos à heterobeliose variaram de -10,06% (6x2) a 2,86% (8x4). Dos vinte híbridos avaliados, onze manifestaram heterose negativa em relação à média do parental superior. Os valores heteróticos pouco expressivos podem ter resultado da baixa variabilidade genética existente entre os parentais envolvidos nos cruzamentos para esse caráter.

Tabela 27. Médias do caráter qualitativo coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Genótipo	HV			HM		
	Média	Heterose relativa (%)		Média	Heterose relativa (%)	
		HMP	HPS		HMP	HPS
1	130,30			40,07		
2	130,69			27,54		
3	129,55			36,93		
4	127,10			32,22		
5	118,16			38,61		
6	131,33			37,53		
7	128,73			34,22		
8	129,16			33,74		
2x1	130,72	0,17	0,02	36,10	6,79	-9,90
3x1	131,90	1,52	1,23	34,48	-10,45	-13,95
3x2	129,21	-0,70	-1,13	32,03	-0,65	-13,28
4x2	128,67	-0,17	-1,54	36,46	22,00	13,15
4x3	129,76	1,12	0,16	33,28	-3,75	-9,89
5x3	128,54	3,79	-0,78	32,38	-14,28	-16,14
6x2	118,12	-9,84	-10,06	41,83	28,56	11,46
6x4	130,92	1,32	-0,31	38,36	9,99	2,21
7x2	129,12	-0,45	-1,20	29,36	-4,93	-14,21
7x3	130,92	1,38	1,06	34,40	-3,30	-6,85
7x5	126,70	2,63	-1,58	29,27	-19,62	-24,19
7x6	128,68	-1,04	-2,02	36,83	2,65	-1,87
8x1	133,22	2,69	2,24	30,20	-18,16	-24,62
8x2	131,38	1,12	0,53	31,44	2,62	-6,81
8x2'	130,69	0,59	0,00	46,12	50,52	36,70
8x3	128,57	-0,61	-0,76	39,13	10,73	5,94
8x4	132,86	3,69	2,86	34,23	3,80	1,46
8x5	121,87	-1,44	-5,64	31,10	-14,02	-19,45
8x6	130,12	-0,10	-0,92	33,74	-5,31	-10,09
8x7	130,15	0,93	0,76	35,99	5,90	5,15

Considerando HM, no que diz respeito às estimativas de HMP, foram observados efeitos heteróticos variando de -19,62% (7x5) a 50,52% (8x2'), sobressaindo-se os híbridos 8x2 (50,52%)' e 6x4 (28,56%). Os valores referentes a HPS apresentaram variação de -24,62% (8x1) a 36,70% (8x2'). Das vinte combinações híbridas avaliadas, treze deles exibiram heterose negativa relativa à HPS.

Para CV (Tabela 28), no que diz respeito às estimativas de HMP, foram observados efeitos heteróticos variando de -28,59% (4x3) a 16,26% (8x4), sobressaindo-se os híbridos

8x4 (16,26%), 3x2 (16,04%) e 6x2 (15,66%) que manifestaram maiores valores de heterose. As combinações 4x3 (-28,59%), 8x5 (-26,89%) e 7x5 (23,80%) foram as que expressaram os maiores valores heteróticos negativos. Os valores relativos à heterobeltiose oscilaram entre -34,49% (8x5) e 10,56% (6x2). As combinações híbridas 6x2 (10,56%) e 8x2 (8,17%) e 8x1 (22,90%) manifestaram os maiores valores heteróticos. Os maiores valores heteróticos negativos foram manifestados pelos híbridos 8x5 (-34,49%), 4x3 (-31,24%), 7x5 (-30,57%), 4x2 (-27,73%) e 8x3 (-24,96%).

Quanto ao caráter CM, a amplitude de variação dos valores relativos à HMP foi de -25,34% (4x3) a 36,68% (8x3), sobressaindo-se as combinações híbridas 8x3 (36,68%), 2x1 (36,29%), 7x6 (33,17%) e 8x2' (28,83%). As magnitudes de heterobeltiose variaram de -33,20% (4x3) a 29,38% (2x1). Os híbridos 2x1 (29,38%), 8x3 (24,46%) e 8x2' (11,70%) manifestaram altos valores de vigor em relação ao parental superior. Heterose positiva para o conteúdo de capsaicinoides foi reportada por Mishra et al. (1991) e Sousa & Maluf (2000). Prasath & Ponnuswami (2008), em estudo com híbridos de pimentas *C. annuum* L., também reportaram a manifestação de altos valores heteróticos relativos à HPS para o conteúdo de capsaicinoides assim como no presente estudo, tanto para CV como para CM. Zewdie et al. (2001) afirmaram que, para o desenvolvimento de cultivares com altos níveis de capsaicinoides, é necessário que as combinações apresentem elevada HPS, visando obter híbridos mais pungentes para atender à demanda do mercado consumidor. Dessa forma, merecem destaque os híbridos 6x2 e 8x2 para o mercado de pimentas Jalapeño verdes (imaturas) e 2x1 e 8x3, para o mercado de pimentas Jalapeño maduras.

Tabela 28. Médias do caráter qualitativo conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM) e valores de heterose em relação à média dos parentais (HMP) e à média do parental superior (HPS). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Genótipo	CV			CM		
	Média	Heterose relativa (%)		Média	Heterose relativa (%)	
		HMP	HPS		HMP	HPS
1	2,05			2,27		
2	1,74			2,53		
3	2,34			4,20		
4	2,16			3,31		
5	2,21			2,49		
6	1,58			3,37		
7	1,82			2,17		
8	1,75			3,45		
2x1	2,07	9,60	1,30	3,27	36,29	29,38
3x1	2,11	-3,57	-9,56	3,03	-6,34	-27,80
3x2	2,36	16,04	1,14	3,42	1,59	-18,59
4x2	1,56	-19,83	-27,73	2,80	-4,05	-15,39
4x3	1,61	-28,59	-31,24	2,80	-25,34	-33,20
5x3	1,79	-21,17	-23,25	3,32	-0,85	-20,97
6x2	1,92	15,66	10,56	2,43	-17,79	-28,06
6x4	1,96	4,80	-9,24	3,17	-5,18	-6,03
7x2	1,83	3,09	0,73	2,60	10,56	2,77
7x3	1,78	-14,51	-23,97	2,94	-7,59	-29,86
7x5	1,54	-23,80	-30,57	2,36	1,29	-5,21
7x6	1,69	-0,69	-7,14	3,69	33,17	9,49
8x1	2,03	7,02	-0,65	2,97	3,73	-13,93
8x2	1,90	8,69	8,17	3,21	7,53	-6,77
8x2'	1,87	7,16	6,65	3,85	28,83	11,70
8x3	1,75	-14,26	-24,96	5,22	36,68	24,46
8x4	2,28	16,26	5,24	3,61	6,90	4,84
8x5	1,45	-26,89	-34,49	3,04	2,36	-11,80
8x6	1,75	4,90	-0,19	2,97	-13,00	-13,93
8x7	1,88	5,22	3,30	3,20	14,00	-7,06

5.3.3. Índice de classificação de postos

Para melhor compreensão dos resultados manifestados pelas combinações híbridas, utilizou-se do índice baseado na classificação de postos (Mulamba & Mock, 1978), que consiste em classificar os genótipos experimentais e a testemunha em relação às características relevantes para a cultura. No presente estudo, optou-se por classificá-los de acordo com os resultados obtidos para os caracteres MFP, NFP, PT, MF, CF, DF, EP, HV,

HM, CV e CM. Na Tabela 29 está apresentada a classificação final dos híbridos experimentais e da cultivar comercial Jalapeño Plus.

Tabela 29. Classificação final dos híbridos de acordo com o índice de Mulamba & Mock (1978) para os caracteres massa de frutos por planta (MFP), número de frutos por planta (NFP), produtividade total (PT), massa do fruto (MF), comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, espessura do pericarpo (EP), coloração da epiderme do fruto verde (HV) e maduro (HM) e conteúdo de capsaicinoides do fruto verde (CV) e maduro (CM). Piracicaba, ESALQ, 2019.

Classificação de postos	Genótipo	Total da somatória
1	6x4	181
2	7x2	170
3	J. Plus	165
4	7x6	164
5	8x6	154
6	8x2	144
7	8x2'	142
8	8x4	138
9	8x1	129
10	5x3	128
11	8x3	123
12	6x2	117
13	7x3	108
14	3x2	105
15	3x1	94
16	4x3	90
17	8x7	88
18	4x2	81
19	7x5	81
20	8x5	74
21	2x1	65

Dentre os híbridos avaliados, de acordo com o índice de Mulamba & Mock, os híbridos 6x4 e 7x2 obtiveram as maiores pontuações 181 e 170, respectivamente, destacando-se como superiores inclusive ao híbrido comercial Jalapeño Plus, que foi classificado como o terceiro melhor, com pontuação de 165. Dessa forma, verifica-se que essas combinações híbridas, em relação aos caracteres escolhidos que melhor exprimem o potencial da pimenta Jalapeño, apresentaram-se promissoras para suprir demanda por novos híbridos tanto do mercado de pimenta fresca como do mercado de pimenta para indústria de molhos, uma vez que, atualmente, são escassos os genótipos desse segmento varietal.

5.4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos para os caracteres de produção, biométricos e qualitativos, somados à classificação gerada pelo índice de classificação de postos, destacam-se os híbridos 6x4, 7x2, 7x6, 8x2 e 8x3. Essas combinações apresentaram um conjunto de atributos competitivos, sendo indicadas para atender à demanda por novos híbridos de pimenta do tipo Jalapeño com duplo propósito, processamento e consumo fresco. Além disso, verificou-se que várias combinações híbridas, especialmente 8x2' e 8x2, manifestaram altos valores heteróticos positivos, promissores para a maioria dos caracteres estudados.

REFERÊNCIAS

- AFROZA, B; KHAN, SH; JABEEN, N; NARAYAN, S. 2013. Heterosis studies for yield and maturity traits in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Annals of Agri-Bio Reserch*, 18: 368-370.
- AHMED, N; HURRA, M. 2000. Heterosis studies for fruit yield and some economic characters in sweet peppers (*Capsicum annum* L.). *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 19: 74-77.
- ALLARD, RW. 1971. Princípios do melhoramento genético das plantas. São Paulo: Edgard Blüchner. 381p.
- ANANDANAYAKI B; NATARAJAN S. 2000. Studies on heterosis for growth, flowering, fruit characters and yield in chilli (*Capsicum annuum* L.). *South Indian Horticulture*, (1-6): 53-55.
- BARRERA, JA; HERNÁNDEZ, MS; MELGAREJO, LM; MARTÍNEZ, O; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, JP. 2008. Physiological behavior and quality traits during fruit growth and ripening of four Amazonichot pepper accessions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(5): 847-857.
- BENTO, C. dos S; SUDRÉ, CP; RODRIGUES, R; RIVA, EM; PEREIRA, MG. 2007. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. *Scientia Agraria* 8(2): 149-156.
- BILES, CL; WALL, MM; BLACKSTONE, K. 1993. Morphological and physiological changes during maturation of New Mexican type peppers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118(4): 476-480.
- BLAT, SF; BRAZ, LT; ARRUDA, AS. 2007. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. *Horticultura Brasileira* 25: 350-354.
- BORÉM, A. 2001. Melhoramento de plantas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 300p.

BOSLAND, PW. 1994. Chiles: history, cultivation, and uses. Developments in food science. Elsevier: New York.

BOSLAND, PW; VOLTAVA, EJ. 1999. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Wallingford: CABI Publishing. 204p.

BOSLAND, P. 1999. What makes chile peppers hot? In: HANSON, B. Chile peppers: hot tips and tasty picks for gardeners and gourmets. Brooklyn: Botanic Garden.

CARVALHO, SIC; BIANCHETTI, LB. 2008. Botânica e recursos genéticos. In: RIBEIRO, CSC; CARVALHO, SIC; HENZ, GP; REIFSCHNEIDER, FJB. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 39-53.

CRUZ, CD; REGAZZI, AJ. 1994. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa Imprensa Universitária. 390p.

DEWITT, D; BOSLAND, PW. 2009. The complete chile pepper book: A gardener's guide to choosing, growing, preserving, and cooking. London: Timber Press. 336p.

DI PRADO, RCP. 2013. *Parâmetros genéticos e ganhos de seleção em pimenta de Bode (Capsicum chinense Jacq)*. Universidade Federal de Goiás – UFG. 74p. (Dissertação de mestrado).

DÍAZ-PÉREZ, JC; MUY-RANGEL, MD; MASCORRO, AG. 2007. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 68-73.

DOSHI, KM; SHUKLA, PT. 2001. Combining ability analysis for fresh fruit yield and its components over environments in chilli (*Capsicum annum* L.). *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 20: 46-49.

FALCONER, DS. 1987. Introdução à genética quantitativa. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa Imprensa Universitária. 279p

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations - Statistics Division). Production/crops: Chillies and peppers. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acessado em 19 de maio de 2019.

FEHR, WR. 1987. Principles of cultivar development - theory and technique. New York: Macmillan Publishing Co. 536p.

GELETA, LF; LABUSCHAGNE, MT. 2004. Comparative performance and heterosis in single, three-way and double cross pepper hybrids. *Journal of Agricultural Science* 142: 659-663.

GOMES, LM; RIBEIRO, CSC; RAGASSI, CF; SILVA, LS; REIFSCHNEIDER, FJB. 2019. Advanced lines of Jalapeño pepper with potential for mechanical harvesting. *Ciência Rural*, 49(2).

GONÇALVES, LSA; RODRIGUES, R; BENTO, CS; ROBAINA, RR; AMARAL JÚNIOR, AT. 2011. Herança de caracteres relacionados à produção de frutos em *Capsicum baccatum* var. *pendulum* com base em análise dialélica de Hayman. *Revista Ciência Agronômica* 42(3): 662-669.

HORNERO-MÉNDEZ, D; GÓMEZ-LADRÓN DE GUEVARA, R; MÍNGUEZ-MOSQUERA, MI. 2000. Carotenoid biosynthesis changes in five red pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars during ripening. Cultivar selection for breeding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 3857-3864.

JANSASITHORN, R. 2012. *Managing chilli (Capsicum spp.) quality attributes: the importance of pre-harvest and postharvest factors*. New Zealand: Massey University. 211p. (Tese de doutorado).

KAMBLE, C; MULGE, R; MADALAGERI, MB; JADEESHA, RC. 2009. Studies on heterosis in *capsicum* (*Capsicum annuum* L.) for yield and yield traits. *Karnataka Journal Agricultural Science*. 22: 155-157.

KHALIL, MR; HATEM, MK. 2014. Study on combining ability and heterosis of yield and its components in pepper (*Capsicum annum*, L.). *Alexandria Journal for Agricultural Research*, 59(1): 61-71.

KÖPPEN, W; GEIGER, R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.

KUMAR, RL; KAGE, U; SRIDEVI, O; LAXUMAN, C; MADALAGERI, DM; NATIKAR, P; SALIMATH, PM. 2013. Heterosis studies in Chilli (*Capsicum annuum* L.). *Plant Gene and Trait*, 4(4): 74-77.

LASMAR, A. 2013. *Análise dialélica e heterose em pimentas tipo páprica*. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 65p. (Tese de doutorado).

LATHAM, LJ; JONES, RAC. 1996. Tomato spotted wilt tospovirus and its managements. *Journal Agricultural Fourth Ser*, 37: 86-91.

LATHAM, LJ; JONES, RAC. 1997. Occurrence of tomato spotted wilt tospovirus in native flora, weeds, and horticultural crops. *Australian Journal of Agricultural Research* 48: 359-369.

LOPES, CA; RIBEIRO, CSC; CRUZ, DMR; FRANÇA, FH; REIFSCHNEIDER, FJB; HENZ, GP; ...; MAKISHIMA, N. 2007. *Pimenta (Capsicum spp.)*. Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção. Acessado em 01 de agosto de 2019.

LÓPEZ-ESPINOSA, ST; MORENO-RESÉNDEZ, A; CANO-RÍOS, P; RODRÍGUEZ-DIMAS, N; ROBLEDO-TORRES, V; MÁRQUEZ-QUIROZ, C. 2013. Organic fertilization: An alternative to produce jalapeño pepper under greenhouse conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 666-672.

LURIE, S; SHAPIRO, B; BENYEHOSHUA, S. 1986. Effects of water-stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. *Journal of The American Society For Horticultural Science*, 111: 880-885.

MALUF, WR. 2001. Heterose e emprego de híbridos F1 em hortaliças. Recursos genéticos e melhoramento: plantas. Rondonópolis: Fundação MT. p. 327-356.

MAMDOV, MI; PYSHNAJA, ON. 2001. Heterosis and correlations studies for earliness, fruit yield and some economic characteristics in sweeter pepper. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 20: 42-45.

MARAME, F; DESSALEGNE, L; FININSA, C; SIGVALD, R. 2009. Heterosis and heritability in crosses among Asian and Ethiopian parents of hot pepper genotypes. *Euphytica* 168: 235-247.

MARCHESAN, CB; MELO, AMT; PATERNIANI, MEAGZ. 2009. Combining ability in sweet pepper for resistance to powdery mildew. *Horticultura Brasileira* 27: 189-195.

MELO, PCT. 1988. *Heterose e capacidade combinatória em um cruzamento dialélico parcial entre seis cultivares de tomate* (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Piracicaba: Universidade de São Paulo. 108p. (Tese de doutorado).

MENICHINI, F; TUNDIS, R; BONESI, M; LOIZZO, MR; CONFORTI, F; STATTI, G; ...; MENICHINI, F. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq cv. Habanero. *Food Chemistry*, 114(2): 553-560.

MIRANDA, TG. 2014. *Caracterização físico-química de genótipos de pimenta* (*Capsicum chinense* e *Capsicum annuum*). Diamantina: Universidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri. 72p. (Dissertação de mestrado).

MISHRA, SN; SAHOO, S; LOTHIA, RE; MISHRA, RS. 1991. Heterosis and combining ability for seed characters in chilli (*Capsicum annuum* L.). *Indian Journal Agricultural Sciences*, 61(2): 123-125.

MULAMBA, NN; MOCK, JJ. 1978. Improvement of yield potential of the ETO blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian journal of genetics and cytology*, 7: 40-51.

NANDADEV, I; HOSMANI, RM. 2003. Estimation of heterosis, combining ability and per se performance in summer grown chilli (*Capsicum annuum* L.) for yield and resistance to leaf curl complex. *Capsicum News*, 22: 59-62.

NASCIMENTO, NFF. 2013. *Heterose e diversidade genética em híbridos intra e interespecíficos de pimenteiros ornamentais* (*Capsicum spp.*). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 105p. (Tese de doutorado).

NEITZKE, RS; FISCHER, SZ; VASCONCELOS, CS; BARBIERI, RL; TREPTOW, RO. 2016. Ornamental peppers: acceptance and preferences by consumers. *Horticultura Brasileira* 34(1): 102-109.

NETO, NL. Dicionário gastronômico: Pimentas com suas receitas. São Paulo: Boccato, 2004.

NUEZ, F; GIL ORTEGA, R; COSTA, J. 1996. In: *El Cultivo de Pimientos. Chiles y Ajies*. Ediciones Mundi-Prensa.

OWENS, K. 1992. Breeding pepper varieties for commercial processing. In: *Proceedings of the conferences on chili pepper production in the tropics*. Kualalumpur. p.195-201.

PÉREZ-LÓPEZ, AJ; LÓPEZ-NICOLAS, JM; NÚÑEZ-DELICADO, E; AMOR, FMD; CARBONELL-BARRACHINA, AA. 2007. Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition and minerals contents of Sweet Peppers, cv. Almuden. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(20): 8158-8164.

PINHEIRO, JB; AMARO, GB; PEREIRA, RB. 2012. Nematóides em pimentas do gênero *Capsicum*. Brasília: Embrapa. 9p.

PINTO, CM; SANTOS, IC; ARAUJO, FF; SILVA, TP. 2016. Pepper importance and growth (*Capsicum* spp.). In: RÊGO, ER; RÊGO, MM; FINGER, FL (eds). Production and breeding of chilli peppers (*Capsicum* spp.). Springer International Publishing. p.1-25.

PRASATH, D; PONNUSWAMI, V. 2008. Heterosis and combining ability for morphological, yield and quality characters in paprika type chilli hybrids. *Indian Journal of Horticulture*, 65(4): 441-445.

RAHMAN, MA; HALIM, GMA; CHOWDHURY, MGF; HOSSAIN, MA; RAHMAN, MM. 2014. Changes in physicochemical attributes of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) during fruit growth and development. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 39(2): 373-383.

RÊGO ER; RÊGO MM; MATOS, IWF; BARBOSA, LA. 2011. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. *Horticultura Brasileira* 29: 364-371.

RÊGO, ER; RÊGO, MM; FINGER, FL; CRUZ, CD; CASALI, VWD. 2009. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). *Euphytica* 168: 275-287.

REIFSCHNEIDER, FJB. 2000. *Capsicum*: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças. 113p.

RIBEIRO, CSC; LOPES, AC; CARVALHO, SI; HENZ, GP; REIFSCHNEIDER, FJB. 2008. *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 39-54.

RODRIGUES, R; GONÇALVES, LSA; BENTO, CS; ROBAINA, RR; SUDRÉ, CP; AMARAL JÚNIOR, AT. 2012. Combining ability and heterosis for agronomic traits in chili pepper. *Horticultura Brasileira* 30(2): 226-233.

ROHRIG, B. 2014. Hot peppers: muy caliente! Disponível em: <http://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2012-2013/peppers.html>. Acessado em 05 de agosto de 2019.

SHRESTHA, SL; LUITEL, BP; KANG, WH. 2011. Heterosis and heterobeltiosis studies in sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Horticulture, Enviroment, and Biotechnology*, 52(3): 278-283.

SILVA, LL. 2002. *Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos parciais de pimentão*. Piracicaba: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 100p (Dissertação mestrado).

SOUSA, JAD; MALUF, WR. 2003. Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Scientia Agricola*, 60(1): 105-113.

SOUZA, KRR; WEBER, LC; FERRAZ, RM; CARVALHO SIC; REIFSCHNEIDER FJB; FERNANDES, WM. 2010. Programa de melhoramento de pimenta na Embrapa: Inexistência de dormência em sementes de pimenta Cumari verdadeira. *Horticultura Brasileira* 28(2) 4343-4346.

STEENBERGEN, M; ABD-EL-HALIEM, A; BLEEKER, P; DICKE, M; ESCOBAR-BRAVO, R; CHENG, G; ...; LEISS, KA. 2018. Thrips advisor: exploiting thrips-induced defences to combat pests on crops. *Journal of Experimental Botany*, 69(8): 1837-1848.

SUN, T; XU, Z; WU, CT; JANES, M; PRINYAWIWATKUL, W; NO, HK. 2007. Antioxidant activities of different colored Sweet bell pepper (*Capsicum annum* L.) *Journal of Food Science*, 72(2).

TADESSE, T; HEWETT, EW; NICHOLS, MA; FISHER, KJ. 2002. Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. *Scientia Horticulturae*, 93(2): 91-103.

UENOJO, M; MARÓSTICA JUNIOR, MR; PASTORE, GM. 2007. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. *Química Nova*, 30(3): 616-622.

ULHOA, AB; PEREIRA, TN; SILVA, RN; RAGASSI, CF; RODRIGUES, R; PEREIRA, MG; REIFSCHNEIDER, FJ. 2014. Caracterização molecular de linhagens de pimenta do tipo Jalapeño amarelo. *Horticultura Brasileira*, 32(01).

ULHOA, AB; PEREIRA, TNS; RIBEIRO, CSC; MOITA, AW; REIFSCHNEIDER, FJB. 2017. Obtenção e caracterização morfoagronômica de linhagens de pimenta do tipo Jalapeño Amarelo. *Horticultura Brasileira*, 35: 343-348.

YAMAMOTO, S; NAWATA, E. 2005. *Capsicum frutescens* L. in southeast and east Asia, and its dispersal routes into Japan. *Economic Botany* 59: 18-28.

ZATYKÓ, L. 2006. Pepper (*Capsicum annum* L.) breeding methods at the turn of the century. *Acta Agronomica Hungarica*, 54(2): 179-202.

ZEWDIE Y; BOSLAND PW. 2001. Combining ability and heterosis for capsaicinoids in *Capsicum pubescens*. *HortScience*, 36: 1315-1317.