

ANA IZABELLA FREIRE

DIVERSIDADE GENÉTICA DE *Capsicum chinense* E *C. frutescens*

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Fernando Luiz Finger.

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2019**

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de
Viçosa - Campus Viçosa

T

F866 Freire, Ana Izabella, 1987-
2019 Diversidade genética de *Capsicum chinense* e *C. frutescens* / Ana
Izabella Freire. - Viçosa, MG, 2019.
75f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Pimenta. 2. Análise por agrupamento. 3. Variação (Genética).
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

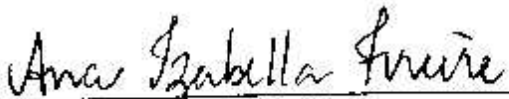
CDD 22 ed. 633.84

ANA IZABELLA FREIRE

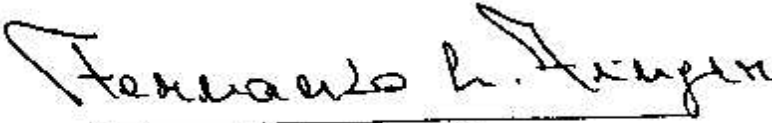
DIVERSIDADE GENÉTICA DE *Capsicum chinense* E *C. frutescens*

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.

APROVADA: 16 de julho de 2019.



Ana Izabella Freire
(Autora)



Fernando Luiz Finger
(Orientador)

A Deus, pelo privilégio da vida, sabedoria, coragem, saúde para cumprir minhas metas e força
nos momentos árdus.

Aos meus pais Maria Aparecida de Andrade Freire e Luiz Galvão Freire.

AGRADECIMENTOS

Obrigada, meu Deus, por contribuir para a finalização de mais esta etapa árdua da minha vida; por me dar forças para levantar e seguir em frente; o Senhor sabe quanto tudo foi intenso.

De modo especial, agradeço aos meus pais Maria Aparecida de Andrade Freire e Luiz Galvão Freire por todo amor, paciência, companheirismo, ensinamentos e apoio. Sem eles, nada seria possível.

Ao Professor Fernando Luiz Finger, meu orientador, pela grande oportunidade, pelo apoio, pelos ensinamentos e pela confiança.

À Universidade Federal Viçosa e ao seu Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso; a CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos; às secretárias Tatiane e Lídia, por cada sorriso e carinho; aos professores das disciplinas cursadas, aos quais posso dizer que valeu a pena.

À equipe do Laboratório de Pós-Colheita, pelo aprendizado, pela ajuda nos experimentos e pela amizade.

Aos funcionários da Horta Nova, pelo apoio na realização das pesquisas.

Finalmente, a alguns amigos especiais: Renata Ranielly, Ivan Barbosa, Arianne Mota, Wellington Souto Ribeiro, Filipe Bittencourt Machado de Souza, Meire Freire, Ivone Cardoso, Sônia Machado e Leandro Zuffo.

Tenho a dizer que sentirei saudades do que vivi, que tudo valeu a pena e que a vida é feita de vitórias e derrotas. Tornei-me mais madura e aprendi a lidar melhor com muitas situações.

Mais uma fase vencida. Amém!

RESUMO

FREIRE, Ana Izabella, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Diversidade genética de *Capsicum chinense* e *C. frutescens***. Orientador: Fernando Luiz Finger.

O estudo da diversidade genética de acessos de pimentas é de grande importância para satisfazer as exigências do mercado, pois serve de base para o melhoramento genético e lançamentos de novas cultivares que atendam às necessidades do mercado para consumo *in natura* e para fins industriais, e isso se faz pela caracterização morfológica e físico-química dos genótipos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade de 39 acessos de dois diferentes Bancos de Germoplasma e 17 variedades comerciais de *Capsicum chinense* e *C. frutescens*. Foram utilizados 13 descritores morfológicos multicategóricos e quatro físico-químicos. Estimaram-se a distância de Mahalanobis, a Distância Média Euclidiana, a similaridade e dissimilaridade, o agrupamento de Tocher e a rede de correções. Os caracteres diferiram pelo teste F a 1% de probabilidade. O PF, MF, CF e EP contribuíram com 89,95% da divergência genética de variedades de *C. frutescens*, enquanto para *C. chinense*, com 68,72%. As correlações com maiores magnitudes para caracteres de plantas foram AP e LC. As correlações com maiores magnitudes para os caracteres de fruto foram PF, MF, MS, DF e CF. O número de classes formadas variou de duas para vitamina C a sete para a redução. Pelo método de otimização de Tocher, os acessos foram subdivididos em 10 grupos. Já para as variedades foi formado um máximo de seis grupos, mostrando que existe variabilidade tanto para acessos quanto para as variedades. Os caracteres selecionados foram importantes na caracterização dos acessos por apresentarem contribuições importantes na discriminação da divergência. A diversidade genética entre os acessos, com base nos caracteres físico-químicos e na produção, permite a escolha de materiais divergentes com potencial uso em programas de melhoramento.

ABSTRACT

FREIRE, Ana Izabella, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Genetic diversity of *Capsicum chinense* and *C. frutescens***. Orientador: Fernando Luiz Finger.

The study of the genetic diversity of accessions of peppers is of great importance to meet market requirements, as it serves as the basis for the genetic improvement and launching of new cultivars that meet the needs of the market for *in natura* consumption and for industrial purposes, and this through the morphological and physicochemical characterization of the existing genotypes. The objective of this work was to evaluate the diversity of thirty - nine accessions of two different germplasm banks and seventeen commercial varieties of *Capsicum chinense* and *C. frutescens*. Thirteen multicategory and four physical-chemical morphological descriptors were used. The distance from Mahalanobis, the Euclidean Mean Distance, similarity and dissimilarity, the Tocher grouping and the network of corrections were estimated. The characters differed by the F-test at 1% probability. PF, MF, CF and EP contributed 89.95% of the genetic divergence of *C. frutescens* varieties. The CF, MF, DF PF contributed with 68.72% of the genetic divergence of the varieties for *C. chinense*. The correlations with higher magnitudes for plant characters were AP and LC. The correlations with larger magnitudes for the fruit characters were PF, MF, MS, DF and CF. The number of classes formed ranged from two for Vitamin C to seven classes for Production. By the Tocher optimization method, the accessions were subdivided into ten groups. For the varieties were formed the maximum of six groups, showing that there is variability for both accesses and varieties. The selected characters were important in the characterization of the accesses because they present important contributions in the discrimination of the divergence. The genetic diversity between the accesses, based on the physical-chemical characteristics and the production, allows the choice of divergent materials with potential use in breeding programs.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	9
	REFERÊNCIAS.....	11
	CAPÍTULO I.....	12
	Diversidade genética entre acessos de pimentas <i>Capsicum chinense</i> e <i>C. frutescens</i> com base em descritores quantitativos.....	12
	RESUMO.....	12
	ABSTRACT.....	13
1	INTRODUÇÃO.....	14
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1	Material genético.....	15
2.2	Descritores quantitativos.....	16
2.3	Distância de Mahalanobis.....	16
2.4	Método de otimização de Tocher.....	16
2.5	Método de Singh e Variáveis Canônicas.....	16
2.6	Rede de correlações.....	17
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
3.1	Variabilidade genética entre acessos.....	17
3.2	Rede de correlações.....	20
3.3	Importância de caracteres.....	22
3.4	Agrupamento de Tocher para <i>C. chinense</i>	25
3.5	Agrupamento de Tocher para <i>C. frutescens</i>	29
3.6	Agrupamento de Tocher para <i>C. chinense</i> e <i>C. frutescens</i>	32
3.7	Variáveis canônicas.....	39
4	CONCLUSÕES.....	42

REFERÊNCIAS.....	43
CAPÍTULO II	48
Diversidade genética entre acessos de pimentas <i>Capsicum chinense</i> com base em caracteres quantitativos de pós-colheita dos frutos.....	48
RESUMO	48
ABSTRACT.....	49
1 INTRODUÇÃO	50
2 MATERIAL E MÉTODOS	52
2.1 Germoplasma	52
2.2 Método de otimização de Tocher	55
2.3 Rede de correlações	55
2.4 Análise estatística.....	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1 Variabilidade genética entre acessos.....	56
3.2 Desempenho de Acessos de pimentas em relação aos caracteres físico-químicos e produção de Frutos.....	60
3.2.1 Vitamina C	60
3.2.2 Sólidos solúveis (SS)	61
3.2.3 Capsaicina	62
3.2.4 Produção.....	63
3.2.5 Rede de correlações	64
4 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS.....	70

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, as pimentas do gênero *Capsicum* são conhecidas em todas as regiões e são cultivadas por pequenos, médios e grandes produtores (OHARA et al., 2012), podem ser consumidas na forma de conservas, saladas e geleias (TORREZAN, 2012). Na forma *in natura* ou processada, apresentam alto valor agregado e, assim, são amplas as oportunidades de mercado (OHARA et al., 2012). A área anual cultivada no Brasil é de dois mil hectares, e os principais Estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (PAULA et al., 2017). A produtividade média depende do tipo de pimenta cultivada, variando de 10 a 30 t/ha (PINTO et al., 2010).

As espécies domesticadas *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* são cultivadas em várias partes dos Hemisférios Norte e Sul, Oriente e Ocidente (CASALI et al., 1984). A espécie *C. chinense*, como todas as demais espécies cultivadas de pimenta, teve origem na América, sendo a mais difundida na América tropical e amplamente cultivada na região da Amazônia, onde demonstra grande diversidade (BOSLAND, 1992). Algumas variedades desta espécie cultivadas na África são descritas como as mais pungentes de todas as pimentas (SMARTT et al., 1995). A espécie *C. frutescens* é uma planta arbustiva, atingindo 1,20 m de altura, com formação de ramificações laterais e a possibilidade de tornar-se perene. Normalmente é autopolinizada, mas pode ocorrer polinização cruzada da capsaicina (PAULA et al., 2017).

A pimenta é uma cultura de clima tropical, sensível a baixas temperaturas e intolerante às geadas, devendo ser cultivada nos meses com temperaturas altas (PAULA et al., 2017). A temperatura afeta a qualidade dos frutos – especialmente os teores de açúcar e vitamina C – e a intensidade da cor, sendo maiores em temperaturas elevadas. Em condições de baixas temperaturas, a pungência dos frutos pode ser alterada (GIUFFRIDA et al., 2013) e são produzidos frutos com sabor picante devido à presença de capsaicinoides, como a capsaicina (PAULA et al., 2017), que são encontrados exclusivamente na placenta e nas sementes e, em menor quantidade, no pericarpo, sendo liberadas quando o fruto sofre qualquer dano físico, o que confere a pungência dos frutos (NWOKEM et al., 2010). Essa pungência na pimenta, característica mais importante de qualidade do fruto, exceto quando utilizada como planta ornamental, é o resultado da síntese de alcaloides, isto é, metabólicos secundários denominados capsaicinoides, presentes na placenta dos frutos (BOSLAND, 1992).

O desenvolvimento de cultivares de pimenta possibilitaria a expansão do cultivo, que atenderia à demanda das indústrias alimentícias e farmacêuticas e ao comércio de plantas

ornamentais. Contudo, o sucesso de programas de melhoramento depende da disponibilidade da variabilidade genética que torna possível selecionar os genótipos com as características comerciais de interesse. O Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa e da EMBRAPA, assim como algumas variedades comerciais, possui grande potencial de contribuir em programas de melhoramento, porém existe a falta de algumas informações sobre as características quantitativas e de qualidade dos frutos, o que dificulta a inserção desses acessos nesses programas.

Tendo em vista o consumo *in natura*, os programas de melhoramento devem ter como objetivo o desenvolvimento de frutos grandes, doces e com baixo teor de capsaicina, podendo ter a coloração verde quando imaturos e variando do amarelo ao vermelho quando maduros, com pericarpo espesso e película brilhante (CASALI et al., 1984). Visando ao consumo de fruto seco, isto é, na forma de pó, normalmente os frutos devem ser pungentes, com grande variabilidade no comprimento e na largura, podendo ter a forma alongada ou arredondada e alto teor de matéria seca.

O conhecimento da diversidade entre os indivíduos é útil no melhoramento genético, visando ao conhecimento da variabilidade disponível. Essa divergência pode ser avaliada a partir de características agronômicas, morfológicas e moleculares (COSTA et al., 2016). Métodos multivariados podem ser aplicados na quantificação da diversidade, entre eles as análises de agrupamento (CRUZ et al., 2012). As análises de agrupamento envolvem duas etapas, a estimação de medidas de similaridade ou dissimilaridade entre as amostras, como a distância euclidiana média ou a distância generalizada de Mahalanobis, entre outras. E, posteriormente, adota-se uma técnica de agrupamento para a formação dos grupos (CRUZ et al., 2012).

Dos métodos de agrupamento, os mais utilizados são os hierárquicos e os de otimização (CRUZ et al., 2011). Com o uso dessa técnica, os acessos semelhantes são reunidos de forma que a união se dá pela classificação dos acessos em vários grupos, de forma que exista homogeneidade dentro e heterogeneidade entre esses grupos, ou seja, o grupo original é dividido em vários outros grupos, seguindo-se o critério de similaridade ou de dissimilaridade (CRUZ et al., 2003).

REFERÊNCIAS

- BOSLAND, P.W. Chiles: a diverse Crop. **Hort Technology**, v. 2, n. 1, p. 7-10, jan.-mar. 1992.
- CASALI, V.W.D.; COUTO, F.A.A. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, v. 10, n. 113, p. 8-10, maio 1984.
- CASALI, V.W.D.; STRINGHETA, P.C. Melhoramento de pimentão e pimenta para fins industriais. **Informe Agropecuário**, v.10, n. 113, p. 23-25, maio, 1984.
- COSTA, M.P.S.D.; RÊGO, M.M.; SILVA, A.P.G.; RÊGO, E.R.; BARROSO, P.A. Characterization and genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp) parents and interspecific hybrids. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, gmr.15027652, 2016.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético** – Volume 2. Viçosa, MG: Editora UFV, 2003. 585 p.
- CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011. 620 p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4th edn. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 514 p.
- GIUFFRIDA, D.; DUGOB, P.; TORRE, G.; BIGNARDI, C.; CAVAZZA, A.; CORRADINI, C.; DUGO, G. Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. **Food Chemistry**, v. 4, p. 794-802, 2013.
- NWOKEM, C.O.; AGBAJI, E.B.; KAGBU, J.A.; EKANEM, E.J. **Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria**, v. 3, p. 17-21, 2010.
- OHARA, R.; PINTO, C.M.F. Mercado de pimentas processadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 267, p. 7-13, mar./abr. 2012.
- PAULA, F.L.M.; PAULA, A.L.; FRIZZONE, J.A.; VILAS BOAS, M.A.; GOMES, A.W.A.; SOUZA, C. Concentração de capsaicinoides em pimenta Tabasco com doses de CO2 aplicadas via irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 390-394, 2017. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170312>.
- PINTO, C.M.F.; PINTO, C.L.O.; SANTOS, I.C.; SILVA, A.F. Plantas condimentares: do uso doméstico à comercialização. **Informe Agropecuário**, v. 31, p. 62-71, 2010.
- SMARTT, J.; SIMMONDS, N.W. **Evolution of crop plants**. Essex: Longman Scientific & Technical, 1995. 530 p.
- TORREZAN, R. Elaboração de geleias de pimentas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 267, p. 63-31, mar./abr. 2012.

CAPÍTULO I

Diversidade genética entre acessos de pimentas *Capsicum chinense* e *C. frutescens* com base em descritores quantitativos

RESUMO

O conhecimento da diversidade genética do gênero *Capsicum* contribui para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético. O objetivo foi avaliar a diversidade genética de variedades de *Capsicum chinense* e *C. frutescens*, com base em 13 descritores morfológicos multicategóricos. Dezesete variedades de pimentas comerciais foram caracterizadas, sendo 12 *C. chinense* (Cumari do Pará, Bhut Jolokia, Habanero chocolate, Habanero amarela, Habanero vermelha, Peito de moça, Murupi, Piãozinho, Cheiro do norte, Arari bode amarela, Biquinho vermelha e Biquinho amarela) e cinco *C. frutescens* (Malagueta, Etna ornamental, Pirâmide Ornamental, Tabasco e Cayene). Treze descritores quantitativos foram utilizados. A distância de Mahalanobis, a similaridade e dissimilaridade e a rede de correções foram estimados. Os caracteres diferiram pelo teste F a 1% de probabilidade. Os coeficientes de variação (CV) variaram de 7,21% (DCOR) a 33,4% (MS). As correlações com maiores magnitudes para caracteres de plantas foram AP e LC (75,52%). As correlações com maiores magnitudes para os caracteres de fruto foram PF, MF, MS, DF e CF. Sete classes foram agrupadas para CF e DF. Duas classes foram agrupado para EP e TF. O PF, MF, CF e EP contribuíram com 89,95% da divergência genética em *C. frutescens*. O CF, MF, DF PF contribuíram com 68,72% da variabilidade genética para *C. chinense*. A rede de correlações foi eficiente e pode ser utilizada na tomada de decisões em programas de melhoramento de *C. frutescens* e *C. chinense*. Os descritores selecionados foram importantes na caracterização das variedades por apresentarem contribuições importantes na discriminação da divergência entre os genótipos estudados.

Palavras-chave: Agrupamento, Tocher, caracteres, correlações, dissimilaridade.

ABSTRACT

Knowledge of the genetic order of the genus *Capsicum* for the development of breeding programs. Based on different genetic varieties of *Capsicum chinense* and *C. frutescens*, based on 13 morphological descriptors. Seventeen varieties of commercial peppers were characterized, being 12 *C. chinense* (Cumari of Pará, Bhut Jolokia, Habanero, Habanero yellow, Habanero red, Chest of the girl, Murupi, Piaoquinho, Smell of the North, Arari Tie, Red Bikini and yellow Biquinho) and five *C. frutescens* (Malagueta, Ornamental Etna, Ornamental Pyramid, Tabasco and Cayene). Thirteen quantitative descriptors were used. The distance from Mahalanobis, a similarity and dissimilarity and a network of corrections were estimated. The characters differed by the F a 1% probability test. The coefficients of variation (CV) ranged from 7.21% (DCOR) to 33.4% (MS). As correlations with higher magnitudes for the AP and LC characters (75.52%). As correlations with magnitudes for the characters of PF, MF, MS, DF and CF. Seven classes were grouped for CF and DF. Two classes were grouped for PE and TF. PF, MF, CF and EP contributed 89.95% of the genetic divergence in *C. frutescens*. CF, MF, DF PF contributed with 68.72% of the genetic variability for *C. chinense*. The correlation network was efficient and can be used in the decision making of breeding programs of *C. frutescens* and *C. chinense*. The descriptors were found in important collections of models by important in the area of divergence

keywords: cluster, Tocher, characters, correlations, dissimilarity.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* pertence à família *Solanaceae* e abrange espécies domesticadas, semidomesticadas e silvestres, originadas das Américas Central e do Sul (VASCONCELOS et al., 2012). As pimenteiras são comercializadas como plantas ornamentais pela diversidade de cores e formato de seus frutos e estes podem ser consumidas *in natura* ou em conservas, geleias, molhos e pápricas. Medicamentos, cosméticos e armas de efeito moral também usam os frutos de pimentas como matéria-prima (FERRAZ et al., 2016).

O Brasil é um centro de diversidade de *Capsicum* (LOURENÇO et al., 1999) e apenas as espécies *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens*, *C. chinense* e *C. pubescens* são domesticadas (DEWIT et al., 2009), sendo esta última não encontrada no Brasil (COSTA et al., 2015).

As espécies *C. chinense* e *C. frutescens* são domesticadas com ampla variabilidade genética, principalmente para características de fruto que são utilizados na culinária pela palatabilidade (RIBEIRO et al., 2008). Neste cenário, faz-se necessário estimar esta variabilidade para auxiliar o direcionamento de cruzamentos visando obter plantas com maior produção e cujos frutos atendam as demandas de mercado.

No Brasil, os produtos derivados de espécies do gênero *Capsicum* representam fatia importante do agronegócio de hortaliças (FERRAZ et al., 2016). A cultura da pimenta tem importância socioeconômica, produzindo bons retornos financeiros, empregando uma grande quantidade de trabalhadores, principalmente durante a colheita e processamento de frutas (DOMENICO et al., 2012). Essas características são algumas razões pelas quais a cultura é atraente para os pequenos agricultores, diversificando a fonte de renda e reduzindo o êxodo rural (MOREIRA et al., 2006). A caracterização morfológica de folha, flor fruto e planta das variedades de *Capsicum* disponíveis no mercado não contribui para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético (FERRAZ et al., 2016). O conhecimento das relações e correlações entre caracteres é importante para os programas de melhoramento, pois fornece informações para a seleção de genitores que, quando cruzados, proporcionam, em suas gerações futuras, a obtenção de híbridos com maior efeito heterótico (NOGUEIRA et al., 2012).

A variabilidade genética em uma população é condição básica para o sucesso em programas de melhoramento (GONÇALVES et al., 2008). A escolha dos genitores utilizados em cruzamentos intra ou interespecíficos, obtendo híbridos com maior efeito heterótico

permite a previsão de ganhos e é uma das principais contribuições da variabilidade genética de uma população (MESQUITA et al., 2015).

Cruzamentos entre progenitores geneticamente dissimilares (com diferenças nas frequências alélicas) têm elevado efeito heterótico na progênie e maior variabilidade genética em gerações segregantes (RÊGO et al., 2010).

As técnicas multivariadas permitem a estimativa da diversidade genética, combinando as múltiplas informações disponíveis e possibilitando a caracterização das variedades com base em um conjunto de variáveis (FERRÃO et al., 2011).

O objetivo foi avaliar a diversidade genética de variedades comerciais de *C. chinense* e *C. frutescens*, com base em 13 descritores morfológicos multicategóricos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material genético

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. A semeadura foi em bandeja de isopor (poliestireno) de 128 células preenchidas com substrato comercial Bioplant® (Bioplant Agrícola Ltda., Ponte Nova, Minas Gerais, Brazil). As mudas foram transplantadas com menos de seis folhas definitivas para vasos de cinco litros contendo o substrato comercial Bioplant®. As adubações com N-P-K (4-14-8) foram mensais. Os descritores AP (cm), DCO (cm), DCA (cm), TF (cm), LC (cm), DCOR (cm), CF (cm), e EP (cm), foram avaliados a partir do aparecimento da primeira flor na planta. Os descritores PF (g), CF (cm), DF (cm), EP (cm), MF (g) e MS (g), SF foram avaliados quando 50% mais um da população de cada variedade tinham pelo menos um fruto maduro (IPGRI, 1995). Dezesete variedades de pimentas comerciais disponíveis no mercado foram caracterizadas, sendo 12 *C. chinense* (Cumari do Pará, Bhut Jolokia, Habanero chocolate, Habanero amarela, Habanero vermelha, Peito de moça, Murupi, Piãozinho, Cheiro do norte, Arari bode amarela, Biquinho vermelha e Biquinho amarela) e cinco *C. frutescens* (Malagueta, Etna ornamental, Pirâmide Ornamental, Tabasco e Cayenne).

O valor de cada observação foi descrito pelo método estatístico: $Y_{ij} = \mu + G_i + \epsilon_{ij}$, em que: Y_{ij} = valor observado no tratamento i ($i = 1, 2, \dots, g = 17$; $j = 1, 2, \dots, r = 5$); μ = média geral do experimento; G_i = efeito do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g = 17$); ϵ_{ij} = erro experimental associado à observação Y_{ij} .

2.2 Descritores quantitativos

Para planta foram: Altura = AP (cm), diâmetro da copa = DCO (cm), diâmetro do caule = DCA (cm), tamanho da folha = TF (cm), longitude do caule = LC (cm), diâmetro da corola = DCOR (cm) para o fruto foram: peso = PF (g), comprimento = CF (cm) e diâmetro = DF (cm), espessura do pericarpo = EP (cm), matéria fresca (apenas polpa sem presença de sementes) = MF (g) e seca = MS (g), número de sementes = SF foram os descritores quantitativos utilizados para a caracterização morfoagronômica (IPGRI, 1995).

AP, DCO, DCA, TF, LC, DCOR, CF e EP foram medidos com paquímetro (Stainless Hardened, precisão 0,01 mm), PF, MF e MS foram pesados em balança analítica (modelo e precisão) e o SF foi realizado em contagem.

2.3 Distância de Mahalanobis

Uma matriz com os caracteres de correlação foi obtida e dela as estimativas das distâncias de Mahalanobis (1936) para os treze descritores quantitativos foi calculada. A segunda matriz foi gerada pela expressão: $D_{ii'}^2 = \delta' \Psi^{-1} \delta$, em que $D_{ii'}^2$ = a distância de Mahalanobis entre os genótipos i e i' ; Ψ = matriz de variâncias e covariâncias residuais e $\delta' = [d_1 \ d_2 \ \dots \ d_v]$, sendo $d_j = Y_{ij} - Y_{i'j}$ e Y_{ij} = a média do i -ésimo genótipo em relação à j -ésima variável.

2.4 Método de otimização de Tocher

A dissimilaridade dos acessos foi estimada por análise multivariada (CRUZ et al., 2004), pelo método de agrupamento de Tocher (RAO, 1952), com base nas distâncias generalizadas de Mahalanobis,

2.5 Método de Singh e Variáveis Canônicas

O agrupamento foi testado por meio das variáveis canônicas Rao (1952), onde a divergência genética foi apresentada por meio de gráficos de dispersão de escores.

A contribuição relativa das variáveis para a divergência genética foi determinada utilizando o critério proposto por Singh (1981).

2.6 Rede de correlações

Uma rede de correlação, baseada nas correlações fenotípicas, foi feita para visualização das relações entre os caracteres de planta e do fruto (ROSADO et al., 2017).

A matriz de correlação fenotípica foi calculada pela equação: $r_f = \sigma_f(X,Y) / \sqrt{\sigma_f^2(X) \cdot \sigma_f^2(Y)}$, sendo: $\sigma_f(X,Y)$ = Covariância fenotípica, obtida do PMG(X,Y)/r

$\sigma_f^2(X)$ = Variância fenotípica de X, obtida do QMG(X)/r; $\sigma_f^2(Y)$ = Variância fenotípica de Y, obtida do QMG(Y)/r.

As conexões entre variáveis na rede de correlações foram determinadas pela “matriz de incidência” $A=h(R)$ (SILVA et al., 2016), pela equação: $h(r_{ij}) = \frac{1}{2} \{ \text{sgn}(|r_{ij}| - \rho) + 1 \}$, sendo: ρ = parâmetro “hard threshold”, que foi definida como nulo, para que todas as conexões entre variáveis possam ser vistas.

As variáveis com correlações positivas e negativas foram graficamente conectadas por uma linha verde e vermelha, respectivamente. A espessura das linhas representa o valor absoluto da correlação, quanto mais espessa, maior a correlação entre as variáveis. A espessura das linhas foi controlada aplicando um valor de corte de 0,6 significando que apenas $|r_{ij}| \geq 0,6$ têm suas linhas realçadas de forma proporcional à intensidade da correlação. Já as linhas finas apresentam correlações inferiores ao ponto de corte de 0,6 sem nenhum realce que as distingam.

Todas as análises foram realizadas utilizando o aplicativo computacional Genes Aplicativo computacional em genética e estatística (CRUZ, 2013) e o software R versão 3.1.2 (R CORE TEAM, 2015). O procedimento de rede de correlação foi realizado usando o pacote “Qgraph” (EPSKAMP et al., 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variabilidade genética entre acessos

Os caracteres PF, CF, EP, SF, MF, MS, DF, AP, DCO, TF, LC, DCA, DCOR diferiram pelo teste F a 1% de probabilidade (Tabela 1). Isso mostra que existe variabilidade genética e a escolha das variedades pode ser realizada, portanto, intra e interespecífica, e assim, realizar cruzamentos mais divergentes e explorar o vigor heterótico das variedades. Os caracteres PF, EP, MF, MS, DF, AP, DCO, TF, LC, DCA foram superiores para *C. chinense*

no contraste entre as com *C. frutescens*. A DCOR foi inferior e CF e SF foram semelhantes (Tabela 1). A superioridade desses caracteres para *C. chinense* foi devido ao maior número de variedades e a maiores médias apresentadas quando comparados com *C. frutescens*.

Os coeficientes de variação (CV) variaram de 7,21% (DCOR) a 33,4% (MS) (Tabela 1). A variação dos CV foi satisfatória, uma vez que foram detectadas diferenças significativas entre e dentro das variedades.

Em particular, uma classificação de CV apropriada para tamanho dos frutos de pimenta, por exemplo, deve considerar a espécie, a característica avaliada, o número de repetições e o delineamento (SILVA et al., 2011). Um CV superior a 17,90% para comprimento de fruto é alto. No entanto, um CV para diâmetro de fruto só é considerado alto quando superior a 29,98%. Isto pode ser explicado pelo fato do diâmetro do fruto apresentar maior variabilidade entre os frutos da mesma planta (SILVA et al., 2011).

Tabela 1 – Análise da variância de treze caracteres quantitativos de *C. chinense* e *C. frutescens*, valores do coeficiente de variação e médias de cada característica e das diferentes espécies

FV	GL	QM												
		PF ⁺	CF	EP	SF	MF	MS	DF	AP	DCO	TF	LC	DCA	DCOR
Variedades	16	31.47**	16.88**	0.01**	397.02**	28.08**	0.37**	3.41**	3717.6**	3831**	47.35**	2558**	0.10**	0.20**
C.F.	4	5.59**	25.29**	0.01**	208.36**	5.22**	0.19**	0.58**	6978.1**	2657**	111.30**	5227.4**	0.13**	0.33**
C.C.	11	36.91**	15.34**	0.00**	501.65**	32.67**	0.40**	3.19**	2367.5**	1285**	9.40**	1734.5**	0.05**	0.16**
C.F. vs C.C.	1	75.13**	0.20 ^{ns}	0.05**	0.73 ^{ns}	68.97**	0.71**	17.18**	5526.6**	36528**	209.07**	938.3**	0.59**	0.04**
Resíduo	68	0.58	0.20	0.00	44.62	0.38	0.01	0.04	133.9	153	1.93	74.3	0.00	0.01
Media Geral		2.93	3.41	0.18	23.57	2.61	0.34	1.62	111.41	95.43	10.95	45.70	0.97	1.44
Media C.F.		1.47	3.48	0.14	23.72	1.22	0.20	0.92	98.92	63.32	8.52	40.56	0.84	1.48
Média C.C.		3.54	3.37	0.20	23.51	3.19	0.40	1.91	116.61	108.81	11.97	47.85	1.02	1.43
CV(%)		26.15	13.28	16.14	28.33	23.73	33.4	12.95	10.39	12.94	12.68	18.86	9.31	7.21

⁺ PF: Peso do fruto maduro (g); CF: Comprimento do fruto maduro (cm); EP: Espessura de pericarpo (cm); SF: Número de sementes por fruto;

MF: Massa total do fruto fresco (g); MS: Massa total do fruto seco (g); DF: Diâmetro do fruto (cm); AP: Altura da planta (cm); DCO: Diâmetro da copa (cm); TF: Tamanho da folha (cm); LC: Longitude do caule (cm); DCA: Diâmetro do caule (cm); Diâmetro da corola (cm);

C.C: *C. chinense*; e C.F: *C. frutescens*.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

3.2 Rede de correlações

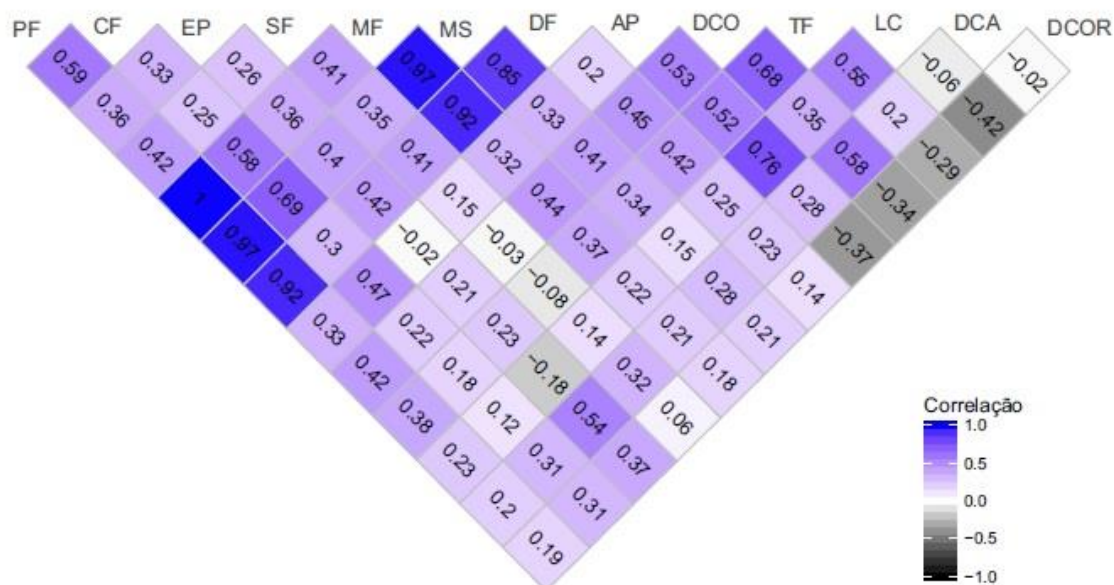


Figura 1 – Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F) entre peso de fruto (PF), comprimento do fruto (CF), Espessura de pericarpo (EP), sementes por fruto (SF), matéria fresca (MF), matéria seca (MS), diâmetro de fruto (DF), altura de planta (AP), diâmetro de copa (DCO), TF (tamanho de folha), longitude de caule (LC), diâmetro de caule (DCA) e diâmetro de corola (DCOR) avaliadas em 12 variedades de *C. chinense* e cinco de *C. frutescens*.

As correlações fenotípicas positivas e acima do ponto de corte de 0.6 foram: PF e MF (100%), PF e MS (97%), PF e DF (92%), CF e MS (69%), MF e MS (97%), MF e DF (92%), MS e DF (85%), AP e LC (76%) (Figuras 1 e 2).

A alta correlação entre PF e MF, PF e MS como já era esperado é interessante para a indústria alimentícia, uma vez que a MS é determinante no rendimento final de molhos e derivados. Então, podem-se selecionar os frutos com maiores pesos.

Guimarães et al. (2002), no estudo da correlação entre matéria seca e matéria fresca de raízes de beterraba encontraram alta correlação (91%), essas características são importantes devido ao efeito direto sobre a produtividade. Casali et al. (1984) citam que o maior teor de MS, maior CF, influenciam diretamente no aumento da firmeza do fruto. Segundo os mesmos autores, essas características são importantes o consumo in natura, uma vez que frutos firmes

toleram transportes a maiores distâncias e podem permanecer disponíveis, possibilitando assim, os varejistas comercializarem por mais tempo.

Butcher et al. (2013) encontraram alta correlação ($> 80\%$) entre peso, comprimento e diâmetro do fruto. Isso foi observado no presente trabalho, onde peso e diâmetro do fruto apresentaram uma forte correlação ($> 90\%$), indicando que a seleção de plantas com frutos pesados pode ser feita diretamente no campo, a partir do diâmetro do fruto. Rêgo et al. (2011) frutos que expressam maiores pesos provavelmente terão mais potencial para produzir frutos com maiores diâmetros.

Foi compreensivo que AP também tenha uma correlação alta com a LC. Variedades que apresentam plantas altas, são as que apresentam maiores problemas de acamamento (JUNIOR et al., 2015). Já Neitzke (2010) cita que plantas de pimenta de pequeno porte também podem ser cultivadas em jardim, e que as de porte mais alto são recomendadas para o cultivo em jardins funcionais, como os de temperos, os de plantas medicinais e os aromáticos. Bento et al. (2007), para determinar os tratamentos culturais de uma lavoura de pimenta ou pimentão, é necessário saber, de antemão, a altura da planta. Essa informação é fundamental na determinação da necessidade de tutoramento, tipo de tutor, quantidade de mão de obra e gasto com defensivos. Dell'orto et al. (2010) encontraram correlações fenotípicas positivas entre o PF, CF e DF, além de MF estar altamente correlacionada com DF e CF de maracujá-amarelo. Guimarães et al. (2002) também encontraram correlação entre o diâmetro médio das raízes de beterraba em função do ganho de matéria fresca (81%). Segundo Almeida et al. (2010), as correlações positivas favorecem a seleção simultânea de dois ou mais caracteres, pela seleção em apenas um destes. O estudo de correlações possibilita a predição dos efeitos em uma característica quando outra correlacionada a ela for manipulada por processos seletivos (DELL'ORTO et al., 2010).

Desse modo, permite-se estabelecer a viabilidade de realizar seleção em outra característica de fácil mensuração, visando obter ganhos em uma de difícil avaliação ou de baixa herdabilidade (CRUZ et al., 2004).

O aumento do rendimento é especialmente importante para os produtores que necessitam aumentar mais sua margem de rentabilidade utilizando variedades que possuem maior capacidade para produzir características maiores e, portanto, mais rendimento. Em programas de melhoramento genético, o conhecimento das relações existentes entre caracteres, tais como as estimadas pelas redes de correlações, é de grande importância, pois fornecem informações úteis ao melhorista para auxiliá-lo no processo de seleção

(NOGUEIRA et al., 2012). Silva et al. (2016) observaram a potencialidade do uso de redes de correlação no melhoramento de pimenta (*Capsicum* spp.) (Figura 2).

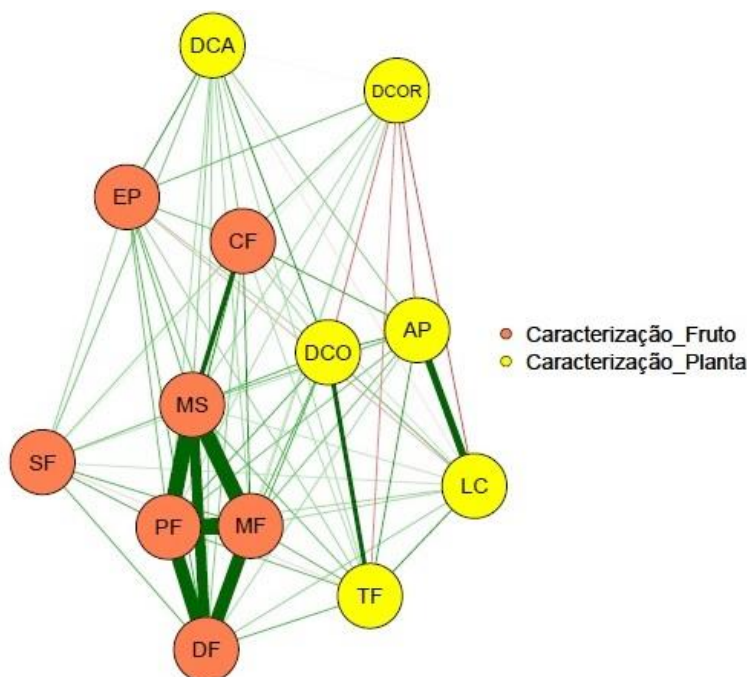


Figura 2 – Rede de correlação fenotípica entre caracteres de *C. chinense* e *C. frutescens*. Linhas vermelhas e verdes representam correlações negativas e positivas, respectivamente. PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm).

3.3 Importância de caracteres

O PF (39,68%), MF (37,73%), CF (9,45%) e EP (3,10%) contribuíram com 89,95% da divergência genética em *C. frutescens* (Figura 3). O CF (21,28%), MF (21,14%), DF (14,97%) e PF (11,33%) contribuíram com 68,72% da variabilidade genética para *C. chinense* (Figura 4). O CF (18,10%), MF (17,84%), DF (17,84%) e PF (9,20%) contribuíram com 62,98% da variabilidade genética quando as duas espécies foram avaliadas conjuntamente (Figura 5). Observou-se que ocorreu maior contribuição da divergência na espécie *C.*

frutescens, e isso pode ser explicado pelo fato de os caracteres de maior importância nessa espécie terem maiores variabilidades genéticas.

Os caracteres AP, DCO, TF, LC, DCA e DCOR foram os que menos contribuíram para a divergência genética, pois possuem menor variabilidade contribuindo menos para a diversidade. Segundo Rêgo et al. (2003), caracteres que contribuíram com um percentual muito baixo ou não contribuíram para a variabilidade detectada podem ser descartados. Para Rocha et al. (2011), os caracteres com menor importância não devem ser descartados, uma vez que a retirada deles altera o padrão de agrupamento dos acessos e, assim, todas as características usadas são utilizadas para a quantificação da diversidade genética.

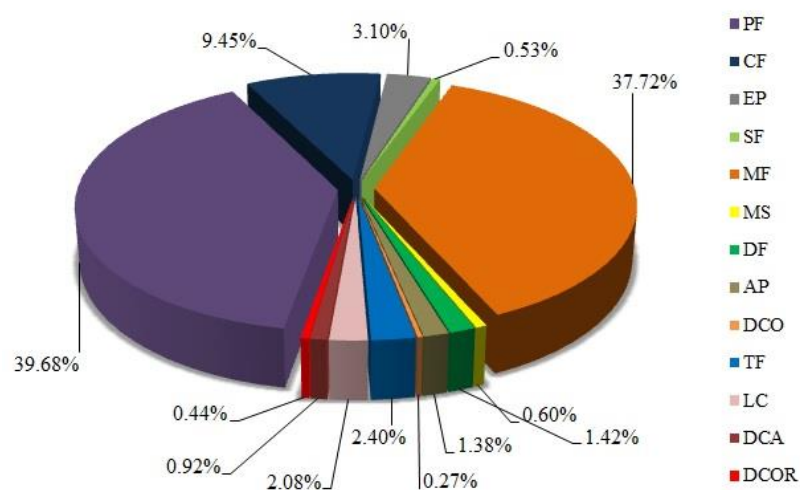


Figura 3 – Contribuição relativa dos caracteres quantitativos de maior importância para a divergência genética de *C. frutescens*, pelo método de Singh (1981). PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm).

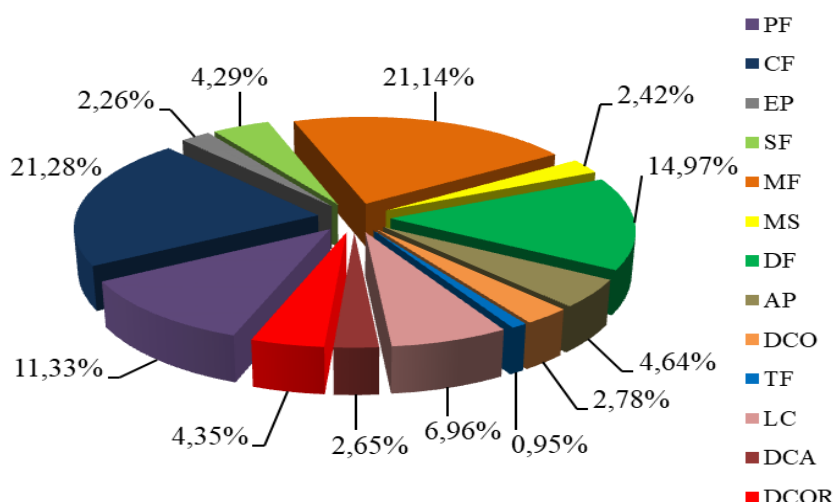


Figura 4 – Contribuição relativa dos caracteres quantitativos de maior importância para a divergência genética de *C. chinense*, pelo método de Singh (1981). PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm).

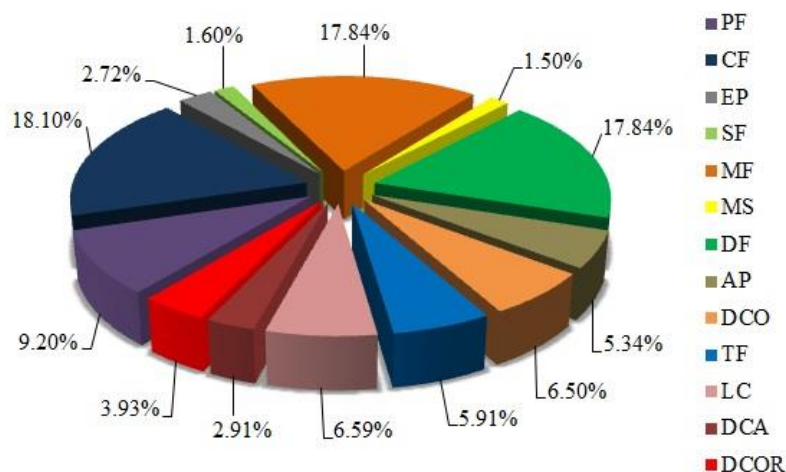


Figura 5 – Contribuição relativa dos caracteres quantitativos de maior importância para a divergência genética de *C. chinense* e *C. frutescens*, pelo método de Singh (1981). PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm).

3.4 Agrupamento de Tocher para *C. chinense*

Tabela 3 – Médias de PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm) de 12 variedades de *C. chinense*

Variedade	PF	CF	EP	SF	MF	MS	DF	AP	DCO	TF	LC	DCA	DCOR
6	4.52c	5.61b	0.20b	12.20c	4.31c	0.57c	2.23c	150.40a	117.20a	13.50a	74.60a	1.02b	1.65a
7	0.50d	1.30g	0.14b	4.40d	0.45d	0.06d	0.85g	103.20c	120.60a	9.76b	34.60c	0.91c	1.11c
8	7.27b	4.06d	0.18b	44.20a	6.68b	0.75b	3.11b	138.00a	132.40a	13.25a	66.60a	1.16a	1.25c
9	8.44a	4.06d	0.20b	26.20b	8.05a	0.92a	3.43a	103.80c	100.60b	11.67a	43.60b	0.89c	1.50b
10	5.40c	3.68d	0.22a	26.00b	5.00c	0.59c	2.47c	107.60c	116.00a	12.81a	54.80b	0.90c	1.44b
11	1.22d	2.11f	0.17b	26.00b	1.02d	0.12d	1.24f	122.40b	117.60a	12.38a	63.50a	1.18a	1.43b
12	4.35c	6.77a	0.25a	28.60b	4.01c	0.49c	1.52e	144.40a	114.80a	12.92a	46.50b	1.07b	1.65a
13	2.04d	2.92e	0.19b	28.60b	1.70d	0.20d	1.85d	121.20b	114.20a	11.96a	64.82a	1.05b	1.22c
14	5.37c	4.66c	0.21a	19.60c	4.21c	0.60c	2.24c	126.00b	101.20b	13.32a	48.00b	0.93c	1.59a
15	1.49d	2.22f	0.24a	26.40b	1.31d	0.17d	1.48e	80.80d	103.80b	9.85b	13.20d	1.01b	1.62a
16	0.90d	2.15f	0.22a	14.40c	0.81d	0.27d	1.12f	85.20d	98.80b	10.12b	20.40d	1.13a	1.44b
17	0.93d	1.02g	0.23a	25.60b	0.74d	0.10d	1.43e	116.40b	68.60c	12.03a	43.60b	0.95c	1.28c
CV (%)	25.23	13.79	15.97	28.27	22.63	33.18	12.39	10.33	12.92	12.70	18.31	8.37	7.14

*Grupos de médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As médias dos caracteres foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5%. Sete classes distintas foram agrupadas para CF e DF. As médias para CF e DF variaram de 1,02 cm (Arari Bode Amarela) a 6,77 cm (Murupi) e 0,85 cm (Cumari) a 3,43 cm (Habanero Vermelha), respectivamente. Formaram-se apenas duas classes para EP e TF, cujas médias variaram de 0,17 cm (Peito de Moça) a 0,25 cm (Murupi) e 9,76 cm (Cumari) a 13,50 cm (Bhut Jolokia), respectivamente (Tabela 3). Ocorreu a formação de sete classes para CF e DF devido à maior variabilidade. Isso pode ser observado na Figura 3A-C, que corroboram os resultados encontrados por Scott e Knott (Tabela 3).

Foi possível distinguir cinco grupos pelo método de otimização de Tocher para a espécie *C. chinense*. O grupo I reuniu as variedades Biquinho Vermelha, Biquinho Amarela, Peito de Moça, Arari Bode Amarela e Piãozinho e teve maior diversidade fenotípica intragrupo. O grupo II foi formado pelas variedades Habanero Amarela, Cheiro do Norte, Bhut Jolokia, Habanero Vermelha, já o III, IV e V somente por uma variedade em cada grupo, Habanero chocolate, Murupi e Cumari, respectivamente (Tabela 4). A estimativa das distâncias médias de Mahalanobis permitiu a formação desses grupos distintos pelo método de Tocher.

Os grupos I e V apresentaram valores baixos para PF, CF, MF e DF. Já os grupos II, III e IV, os valores de PF, CF, MF e DF foram altos (Tabela 5). A variedade 9, presente dentro do grupo II, se mostrou superior por apresentar os maiores valores de PF, MF e DF (Tabela 3). As informações múltiplas dos caracteres de cada variedade são expressas em medidas de dissimilaridade, que representam a diversidade em relação ao conjunto de acessos (BARBÉ, 2008). As variedades agrupadas isoladamente, evidenciaram que elas são distantes geneticamente entre elas e também dos outros dois grupos formados. Por utilizar um critério global de agrupamento, este método tem a característica de formar grupos com apenas um genótipo cada, no caso de variedades com maior dissimilaridade, uma vez que este agrupamento é influenciado pela distância das variedades já agrupados (VASCONCELOS et al., 2007). Neitzke et al. (2010) estudaram a divergência fenotípica de 17 acessos de pimentas (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* e *C. frutescens*) e obtiveram formação de seis grupos, utilizando como metodologia o agrupamento de Tocher, demonstrando haver variabilidade entre as variedades de espécies diferentes. Bento et al. (2007), trabalhando com variedades de *Capsicum* spp. e utilizando o método de Tocher, não observaram diferenças no número de grupos formados, conseguiram a formação de apenas dois grupos quando utilizaram dados quantitativos. Segundo Faria et al. (2012), tendo a espécie *C. chinense* apresentado grande divergência genética, é esperado que exista a formação de mais grupos e até mesmo com

alguns dos grupos contendo muitos acessos, uma vez que apenas poucos desses acessos apresentam grande dissimilaridade.

Tabela 4 – Grupos de similaridade genética entre acessos de *C. chinense*, formados pela análise dos dados quantitativos, usando o método de Tocher, a partir da distância generalizada de Mahalanobis, em que 6 = Bhut Jolokia, 7 = Cumari, 8 = Habanero Chocolate, 9 = Habanero Vermelha, 10 = Habanero Amarela, 11 = Peito de Moça, 12 = Murupi, 13 = Piãozinho, 14 = Cheiro do Norte, 15 = Biquinho Vermelha, 16 = Biquinho Amarela e 17 = Arari Bode Amarela

Grupo	Acessos				
I	15	16	11	17	13
II	10	14	6	9	
III	8				
IV	12				
V	7				

As pimentas Tabasco e Malagueta são muito consumidas no Brasil, e sua produção é destinada para o consumo *in natura* e para a produção de molhos e conservas (JARRET et al., 2007; LIMA et al., 2017).

Tabela 5 – Resumo do agrupamento de Tocher, valores fenotípicos médios para os caracteres morfoagronômicos, em que PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm) das espécies *C. chinense* em diferentes agrupamentos e caracterização de agrupamentos para quatro caracteres principais

Caracteres	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V
PF ^a	1.32 ^o (2.04 ^p - 0.90 ^q)	4.75 (5.40 - 5.37)	7.27 (7.27 - 7.27)	4.35 (4.35 - 4.35)	0.50 (0.50 - 0.50)
CF	2.08 (2.92 - 1.02)	4.50 (5.61 - 3.68)	4.06 (4.06 - 4.06)	6.77 (6.77 - 6.77)	1.30 (1.30 - 1.30)
EP	0.21 (0.24 - 0.17)	0.21 (0.22 - 0.20)	0.18 (0.18 - 0.18)	0.25 (0.25 - 0.25)	0.14 (0.14 - 0.14)
SF	24.20 (28.60 - 14.40)	21.00 (26.20 - 12.20)	44.20 (44.20 - 44.20)	28.60 (28.60 - 28.60)	4.4 (4.4 - 4.4)
MF	1.12 (1.70 - 0.74)	5.39 (8.05 - 4.21)	6.68 (6.68 - 6.68)	4.01 (4.01 - 4.01)	0.45 (0.45 - 0.45)
MS	0.17 (0.27 - 0.10)	0.67 (0.92 - 0.57)	0.75 (0.75 - 0.75)	0.49 (0.49 - 0.49)	0.06 (0.06 - 0.06)
DF	1.42 (1.85 - 1.12)	2.59 (3.43 - 2.23)	3.11 (3.11 - 3.11)	1.52 (1.52 - 1.52)	0.85 (0.85 - 0.85)
AP	105.20 (122.40 - 80.80)	121.95 (150.40 - 103.80)	138.00 (138.00 - 138.00)	144.40 (144.40 - 144.40)	103.20 (103.20 - 103.20)
DCO	100.60 (117.60 - 68.60)	108.75 (117.20 - 100.60)	132.40 (132.40 - 132.40)	114.80 (114.80 - 114.80)	120.60 (120.60 - 120.60)
TF	11.27 (12.38 - 9.85)	12.83 (13.50 - 11.67)	13.25 (13.25 - 13.25)	12.92 (12.92 - 12.92)	9.76 (9.76 - 9.76)
LC	41.10 (64.82 - 13.20)	44.20 (74.60 - 43.60)	66.60 (66.60 - 66.60)	46.50 (46.50 - 46.50)	34.60 (34.60 - 34.60)
DCA	1.06 (1.18 - 0.95)	0.94 (0.89 - 1.02)	1.16 (1.16 - 1.16)	1.07 (1.07 - 1.07)	0.91 (0.91 - 0.91)
DCOR ⁿ	1.40 (1.62 - 1.22)	1.24 (1.65 - 1.44)	1.25 (1.25 - 1.25)	1.65 (1.65 - 1.65)	1.11 (1.11 - 1.11)

^{an} Caracteres morfoagronômicos.

^{o, p e q} Valores de média, máximo e mínimo, respectivamente, para o caractere dentro do grupo.

3.5 Agrupamento de Tocher para *C. frutescens*

Tabela 6 – Médias de PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm) de cinco variedades de *C. frutescens*

Variedade	PF	CF	EP	SF	MF	MS	DF	AP	DCO	TF	LC	DCA	DCOR
1	0.36d	1.97c	0.05c	0.23e	0.23e	0.04c	0.51c	113.40b	83.60a	10.58b	38.20b	0.73b	1.34c
2	0.93c	2.94b	0.15b	0.66d	0.66d	0.11b	0.82b	130.20a	75.60a	14.02a	93.60a	0.73b	1.18d
3	3.18a	7.41a	0.20a	2.90a	2.90a	0.55a	0.96b	112.00b	80.80a	8.99c	19.00c	1.12a	1.43c
4	1.30b	3.06b	0.15b	0.98c	0.97c	0.15b	0.90b	104.80b	36.60b	1.18d	41.40b	0.86b	1.60b
5	1.60b	2.06c	0.19a	1.35b	1.35b	0.15b	1.46a	34.20c	40.00b	7.87c	10.60c	0.76b	1.86a
CV (%)	19.79	12.05	16.08	28.46	18.74	21.33	13.36	10.45	10.50	11.78	20.39	11.96	7.36

*Grupos de médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Neste trabalho, a presença de uma única variedade muito divergente (–) pode ter influenciado a formação de apenas dois grupos pelo método de Tocher e a colocação de quatro acessos dentro de um mesmo grupo (Malagueta, Tabasco, Etna Ornamental e Pirâmide Ornamental) (Tabela 7). A variedade 3 apresentou maiores médias para PF, CF, SF, MF, MS e DCA; para o DF, a variedade 5 do grupo I foi a que apresentou maior média (Tabelas 6 e 8). O maior número de acessos dentro de um mesmo grupo, indica uma alta variabilidade desses. Sudré et al. (2006), ao estudarem a divergência fenotípica entre 59 acessos de *Capsicum* sp., obtiveram a formação de oito grupos pelo método de Tocher. Neste método, indivíduos pertencentes a um mesmo grupo são mais homogêneos do que indivíduos de grupos distintos (OLIVEIRA et al., 1998).

Tabela 7 – Análise de agrupamento de variedades de *C. Frutescens*, 1 = Malagueta, 2 = Tabasco, 3 = Cayenne, 4 = Etna Ornamental e 5 = Pirâmide Ornamental

Grupos		Acessos		
I	4	5	1	2
II	3			

Tabela 8 – Resumo do agrupamento de Tocher, valores fenotípicos médios para os caracteres morfo-agronômicos PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm), Diâmetro da corola (cm), da espécie *C. frutescens* em diferentes agrupamentos e caracterização de agrupamentos para quatro caracteres principais

Caracteres	Grupo I	Grupo II
PF ^a	1.04 ^o (1.6 ^p - 0.36 ^q)	3.18 (3.18 - 3.18)
CF	2.50 (3.06 - 1.97)	7.41 (7.41 - 7.41)
EP	0.13 (0.19 - 0.05)	0.2 (0.2 - 0.2)
SF	0.80 (1.35 - 0.23)	2.9 (2.9 - 2.9)
MF	0.80 (0.23 - 1.35)	2.9 (2.9 - 2.9)
MS	0.11 (0.15 - 0.04)	0.55 (0.55 - 0.55)
DF	0.92 (1.46 - 0.51)	0.96 (0.96 - 0.96)
AP	95.65 (130.2 - 34.2)	112 (112 - 112)
DCO	58.95 (83.6 - 36.6)	80.8 (80.8 - 80.8)
TF	8.41 (14.02 - 1.18)	8.99 (8.99 - 8.99)
LC	45.95 (93.6 - 10.6)	19 (19 - 19)
DCA	0.77 (0.86 - 0.73)	1.12 (1.12 - 1.12)
DCOR ⁿ	1.50 (1.86 - 1.18)	1.43 (1.43 - 1.43)

^{an} Caracteres morfoagronômicos.

^{o, p e q} Valores de média, máximo e mínimo, respectivamente, para o caractere dentro do grupo.

3.6 Agrupamento de Tocher para *C. chinense* e *C. frutescens*

Tabela 9 – Médias de PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm) de 17 variedades de *C. chinense* e *C. frutescens*

Variedade	PF	CF	EP	SF	MF	MS	DF	AP	DCO	TF	LC	DCA	DCOR
1	0.36g	1.96g	0.05d	16.00c	0.23f	0.04d	0.52g	113.40c	83.60c	10.58b	38.20d	0.73c	1.34c
2	0.93g	2.94f	0.15c	20.80c	0.66f	0.11d	0.82f	130.20b	75.60c	14.02a	93.60a	0.73c	1.18d
3	3.17e	7.41a	0.20b	26.80b	2.90d	0.55c	0.95f	112.00c	80.80c	8.98c	19.00e	1.12a	1.42c
4	1.30g	3.06f	0.15c	33.00b	0.98e	0.15d	0.89f	104.80d	36.60d	1.18d	41.40d	0.86b	1.60b
5	1.61g	2.06g	0.19b	22.00b	1.35e	0.15d	1.46e	34.20f	40.00d	7.87c	10.60e	0.77c	1.86a
6	4.52d	5.61c	0.20b	12.20c	4.30c	0.57c	2.23c	150.40a	117.20a	13.58a	74.60b	1.02a	1.65b
7	0.50g	1.29h	0.14c	4.40d	0.45f	0.06d	0.85f	103.20d	120.60a	9.76b	34.60d	0.91b	1.11d
8	7.27b	4.06e	0.18b	44.20a	6.68b	0.75b	3.11b	138.00a	132.40a	13.25a	66.60b	1.16a	1.25d
9	8.43a	4.05e	0.20b	26.20b	8.05a	0.92a	3.43a	103.80d	100.60b	11.67a	43.60d	0.88b	1.50b
10	5.39c	3.68e	0.22a	26.00b	5.00c	0.59c	2.47c	107.60d	116.00a	12.81a	54.80c	0.90b	1.44c
11	1.22g	2.10g	0.17b	26.00b	1.02e	0.12d	1.24e	122.40c	117.60a	12.38a	63.50b	1.18a	1.43c
12	4.39d	6.77b	0.25a	28.60b	4.09c	0.50c	1.52e	144.40a	114.80a	12.92a	46.50d	1.07a	1.65b
13	2.0f	2.92f	0.19b	28.60b	1.70e	0.20d	1.85d	121.20c	114.20a	11.96a	64.82b	1.05a	1.22d
14	5.36c	4.66d	0.21a	19.60c	4.21c	0.60c	2.24c	126.00b	101.20b	13.32a	48.00d	0.93b	1.58b
15	1.49g	2.22g	0.24a	26.40b	1.31e	0.17d	1.48e	80.80e	103.80b	9.85b	13.20e	1.09a	1.62b
16	0.90g	2.15g	0.22a	14.40c	0.81f	0.26d	1.12f	85.20e	98.80b	10.12b	20.40e	1.13a	1.44c
17	0.93g	1.02h	0.23a	25.60b	0.74f	0.10d	1.43e	116.40c	68.60c	12.03a	43.60d	0.95b	1.28d
CV(%)	26.15	13.28	16.14	28.33	23.73	33.4	12.95	10.39	12.94	12.68	18.86	9.32	7.21

+Grupos de médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O maior número de classes observado foi para o caractere CF, que evidenciou oito classes distintas, assim como aconteceu com a espécie *C. Chinense*, separadamente. As médias variaram de 1,02 cm (Arari Bode Amarela) a 7,41 cm (Cayenne). O caractere que menos apresentou classes foi DCA, com três classes diferentes e valores médios, variando de 0,73 cm (Malagueta e Tabasco) a 1,18 cm (Peito de Moça) (Tabela 9).

Quando as variedades das duas espécies foram agrupadas conjuntamente, foi possível observar a formação de seis grupos (Tabela 10). O grupo I foi formado pelo maior número de variedades, 15, 16, 11, 13, 17, 7, 10 e 14, sendo as variedades 7, 10 e 14 agrupadas separadamente quando a *C.chinense* foi avaliada separadamente. O grupo II foi formado pelas variedades 6, 8 e 9, e a variedade 9 se destacou por apresentar os maiores PF, MF, MS e DF (Tabela 9).

O grupo III foi formado pelas variedades 3 e 12 e apresentou a maior média para CF (7,09 cm) (Tabela 11), sendo a variedade 3 a que teve a maior média para CF entre todas as outras variedades de todos os grupos (7,41 cm) (Tabela 9). No grupo IV, as variedades apresentaram as mais baixas médias para PF, MF e DF, o que ocorreu pelo fato de as variedades 1 e 2 apresentarem menor tamanho e, conseqüentemente, menor PF, MF e DF. Segundo Mengarda et al. (2012), frutos dessas variedades quando maduros se tornam vermelhos, atingindo entre 1,5 e 3 cm de comprimento e 0,4 e 0,5 cm de largura.

Nos dois últimos grupos formados, a variedade 4, pertencente ao grupo V, e a variedade 5 pertencente ao grupo VI apresentaram baixos valores de PF, MF, CF. Em relação ao DF, os dois últimos grupos formados tiveram maiores médias que o IV grupo, isso juntamente com a baixa espessura de pericarpo é uma das justificativas de a Malagueta e Tabasco serem utilizadas em molhos e derivados.

A formação do grupo I, quando as espécies foram avaliadas conjuntamente, pode ser explicada por Cruz et al. (2003), em que a análise de agrupamento baseada no método de Tocher tem por objetivo a formação de grupos em que os valores das distâncias intragrupos sejam inferiores a quaisquer distâncias intergrupos. As variedades 9 dentro do grupo II apresentou maiores valores de PF, MF, MS e DF. Crosby et al. (2014) verificaram que o tamanho dos frutos de Habanero Vermelha varia de 2,9 a 6,0 cm de comprimento por 2,5 a 4,6 cm de largura e peso de 7 a 12 g.

Dentro do grupo III, além das variedades apresentarem maiores CF, a Cayenne apresentou o maior CF quando comparadas com todas as outras variedades. Moreira et al. (2009) obtiveram uma relação entre CF/DF de 7,06 para a Cayenne, o que corrobora a relação encontrada entre CF/DF igual a 7,80.

Para o melhoramento, são recomendados cruzamentos entre acessos pertencentes à mesma espécie de *Capsicum*, que possuem caracteres altamente desejáveis para a produção e com maior dissimilaridade genética. Embora seja possível realizar cruzamentos interespecíficos, é mais fácil a obtenção de sucesso em cruzamentos com plantas da mesma espécie (NEITZKE et al., 2010). O critério de agrupamento é dado pelo máximo valor da medida de dissimilaridade, encontrada no agrupamento de menores distâncias que envolvem cada par de indivíduos (RAO, 1952). Assim, acessos extremamente divergentes dos demais afetam o método de agrupamento de Tocher.

Rêgo et al. (2011) observaram que com a espécie *C. baccatum* as características de fruto foram as que mais contribuíram para a divergência genética, enquanto os caracteres relacionados com o porte foram as que menos contribuíram para a diversidade da espécie em estudo.

Visando à maior produção de pimentas, alguns cruzamentos intra e interespecíficos foram direcionados.

Na espécie *C. frutescens*, como só foram formados dois grupos, o cruzamento interespecífico recomendado foi entre as variedades Cayenne e Pirâmide ornamental, visando ao maior diâmetro do fruto. Já o intraespecífico, também visando ao aumento do diâmetro, o cruzamento entre a Etna ornamental e a Pirâmide ornamental.

Na espécie *C. chinense*, os grupos II, III e IV são os mais indicados para cruzamentos, pois apresentaram maiores médias para os caracteres de maior importância para a espécie, relacionados com a produção. Dentro do grupo II, devido às maiores médias, a variedade Habanero vermelha foi a selecionada. Os grupos III e IV, como apresentaram apenas uma variedade, foram opção utilizados, ou seja, os possíveis cruzamentos foram Habanero vermelha com Habanero chocolate, Habanero vermelha com Murupi e Habanero chocolate com Murupi.

Já o cruzamento intraespecífico recomendado ocorreu dentro do grupo II devido ao destaque de médias de caracteres de importância desse grupo. Buscando aumento ainda maior das médias dos caracteres de interesse e também o aumento do comprimento de fruto, o cruzamento recomendado foi entre Cheiro do Norte, que apresentou o maior comprimento e Habanero Vermelha.

Quando as duas espécies foram avaliadas conjuntamente, o cruzamento intraespecífico indicado ocorreu entre a Cayenne e Murupi, presentes no grupo III, essas variedades apresentaram maiores comprimentos e, conseqüentemente, maior a produção. Quanto aos interespecíficos, buscando maiores comprimentos, ocorreu entre Cayenne com

Habanero Vermelha e Habanero Vermelha com Murupi. O maior diâmetro da Malagueta e Tabasco e a pungência na Biquinho vermelha e amarela foram obtidos nos cruzamentos Malagueta com Biquinho vermelha, Malagueta com Biquinho amarela, Tabasco com Biquinho vermelha e Tabasco com Biquinho amarela.

Tabela 10 – Análise de agrupamento de *C. Chinense* e *C. Frutescens* 1 = Malagueta, 2 = Tabasco, 3 = Cayenne, 4 = Etna Ornamental, 5 = Pirâmide Ornamental, 6 = Bhut Jolokia, 7 = Cumari, 8 = Habanero chocolate, 9 = Habanero vermelha, 10 = Habanero amarela, 11 = Peito de Moça, 12 = Murupi, 13 = Piãozinho, 14 = Cheiro do Norte, 15 = Biquinho vermelha, 16 = Biquinho amarela e 17 = Arari Bode amarela. Acessos indicados pelos números 1, 2, 3, 4 e 5 são classificados como *C. Frutescens* e os indicados por 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17, como *C. chinense*

Grupos		Acessos						
I	15	16	11	13	17	7	10	14
II	8	9	6					
III	3	12						
IV	1	2						
V	4							
VI	5							

Tabela 11 – Resumo do agrupamento de Tocher, valores fenotípicos médios para os caracteres morfoagronômicos PF: Peso do fruto maduro (g), CF: Comprimento do fruto maduro (cm), EP: Espessura de pericarpo (cm), SF: Número de sementes por fruto, MF: Massa total do fruto fresco (g), MS: Massa total do fruto seco (g), DF: Diâmetro do fruto (cm), AP: Altura da planta (cm), DCO: Diâmetro da copa (cm), TF: Tamanho da folha (cm), LC: Longitude do caule (cm), DCA: Diâmetro do caule (cm) e Diâmetro da corola (cm) das espécies *C. chinense* e *C. Frutescens*, em diferentes agrupamentos e caracterização de agrupamentos para quatro caracteres principais

Caracteres	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V	Grupo VI
PF ^a	2.23 ^o (5.39 ^p - 0.5 ^q)	5.06 (8.43 - 4.52)	3.78 (4.39 - 3.17)	0.64 (0.93 - 0.36)	1.3 (1.3 - 1.3)	1.61 (1.61 - 1.61)
CF	2.50 (4.66 - 1.02)	4.57 (5.61 - 4.05)	7.09 (7.41 - 6.77)	2.45 (2.94 - 1.96)	3.06 (3.06 - 3.06)	2.06 (2.06 - 2.06)
EP	0.18 (0.24 - 0.14)	0.19 (0.2 - 0.18)	0.15 (0.25 - 0.20)	0.07 (0.05 - 0.15)	0.15 (0.15 - 0.15)	0.19 (0.19 - 0.19)
SF	21.37 (28.6 - 4.4)	27.53 (44.2 - 12.2)	27.70 (28.6 - 26.8)	18.4 (20.8 - 16.0)	33 (33 - 33)	22 (22 - 22)
MF	1.90 (5.00 - 0.45)	6.34 (8.05 - 4.3)	3.50 (4.09 - 2.9)	0.45 (0.66 - 0.23)	0.98 (0.98 - 0.98)	1.35 (1.35 - 1.35)
MS	0.26 (0.59 - 0.06)	0.75 (0.92 - 0.57)	0.55 (0.55 - 0.50)	0.07 (0.11 - 0.04)	0.15 (0.15 - 0.15)	0.15 (0.15 - 0.15)
DF	1.58 (2.47 - 0.85)	2.92 (3.43 - 2.23)	1.24 (1.52 - 0.95)	0.67 (0.82 - 0.52)	0.89 (0.89 - 0.89)	1.46 (1.46 - 1.46)
AP	95.87 (122.4 - 80.8)	130.73 (150.4 - 103.8)	85.47 (144.4 - 112)	121.8 (130.2 - 113.4)	104.8 (104.8 - 104.8)	34.2 (34.2 - 34.2)
DCO	105.10 (120.60 - 68.60)	116.73 (132.40 - 100.6)	97.8 (114.80 - 80.80)	79.06 (83.60 - 75.60)	36.6 (36.6 - 36.6)	40.00 (40.00 - 40.00)
TF	11.52 (13.32 - 9.85)	12.83 (13.58 - 11.67)	10.95 (12.92 - 8.98)	12.3 (14.02 - 10.58)	1.18 (1.18 - 1.18)	7.87 (7.87 - 7.87)
LC	42.86 (64.82 - 13.20)	61.60 (74.60 - 43.60)	32.75 (46.50 - 19.00)	65.90 (93.60 - 38.20)	41.40 (41.40 - 41.40)	10.60 (10.60 - 10.60)
DCA	1.02 (1.18 - 0.90)	1.02 (1.16 - 0.88)	1.09 (1.12 - 1.07)	0.73 (0.73 - 0.73)	0.86 (0.86 - 0.86)	0.77 (0.77 - 0.77)
DCOR ⁿ	1.39 (1.62 - 1.11)	1.46 (1.65 - 1.25)	1.54 (1.65 - 1.42)	1.26 (1.34 - 1.18)	1.60 (1.60 - 1.60)	1.86 (1.86 - 1.86)

^{an} Caracteres morfoagronômicos.

^{o, p e q} Valores de média, máximo e mínimo, respectivamente, para o caractere dentro do grupo.

Os agrupamentos de Tocher para cada espécie e para as duas espécies conjuntamente, foram projetados em 3D e distribuídos espacialmente (Figuras 6, 7 e 8). Através dessas figuras, foi possível confirmar a dissimilaridade genética entre grupos e a similaridade genética dentro dos grupos. Cruz et al. (2011), a utilização conjunta de métodos de agrupamento com métodos de dispersão gráfica tem sido a alternativa mais coerente em estudos de diversidade genética, uma vez que os métodos de agrupamentos, quando envolvem matrizes de dissimilaridade de ordem elevada, podem causar perda de informação do grau de dissimilaridade dos indivíduos dentro de um mesmo grupo. Já apenas a análise individual da dispersão gráfica torna subjetiva a formação de grupos de indivíduos por meio da análise visual.

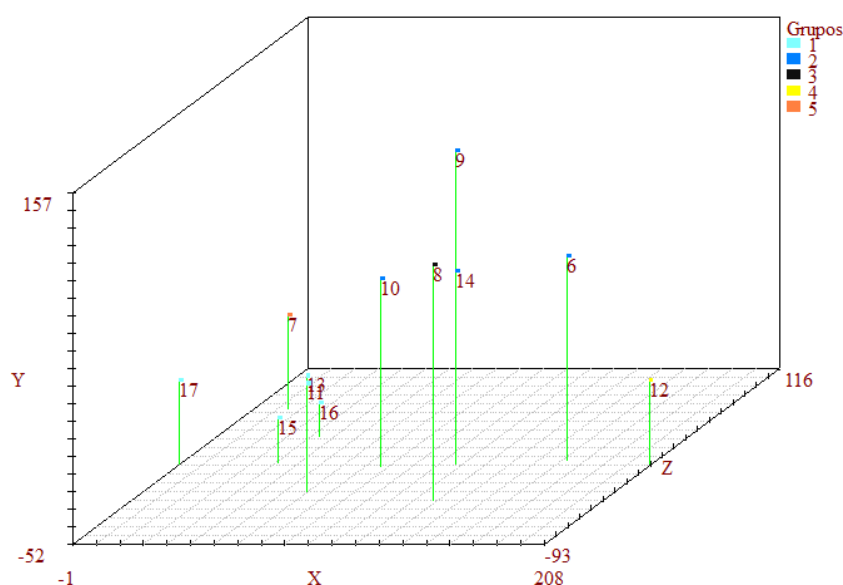


Figura 6 – Análise de agrupamento de variedades de *C. Chinense*: 6 = Bhut Jolokia, 7 = Cumari, 8 = Habanero chocolate, 9 = Habanero vermelha, 10 = Habanero amarela, 11 = Peito de Moça, 12 = Murupi, 13 = Piãozinho, 14 = Cheiro do Norte, 15 = Biquinho vermelha, 16 = Biquinho amarela e 17 = Arari Bode amarela.

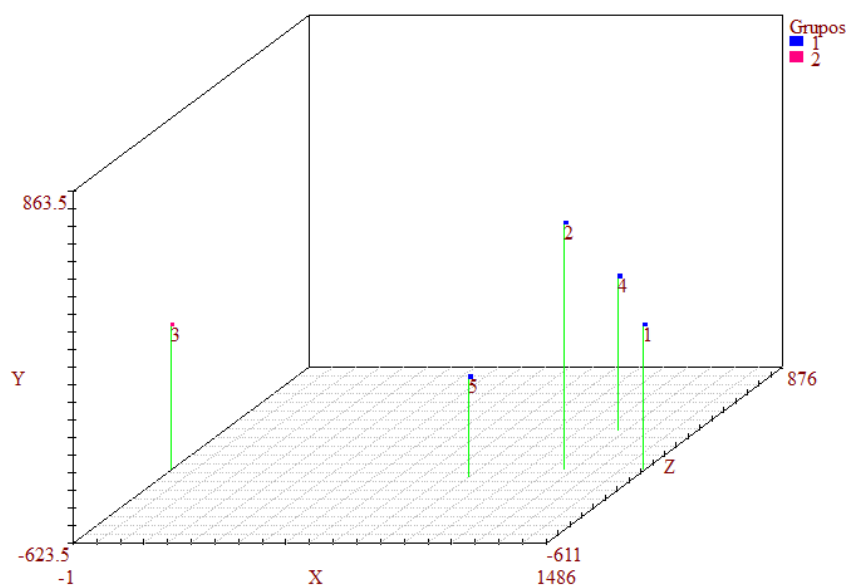


Figura 7 – Análise de agrupamento de variedades de *C. Frutescens*: 1 = Malagueta, 2 = Tabasco, 3 = Cayenne, 4 = Etna Ornamental e 5 = Pirâmide Ornamental.

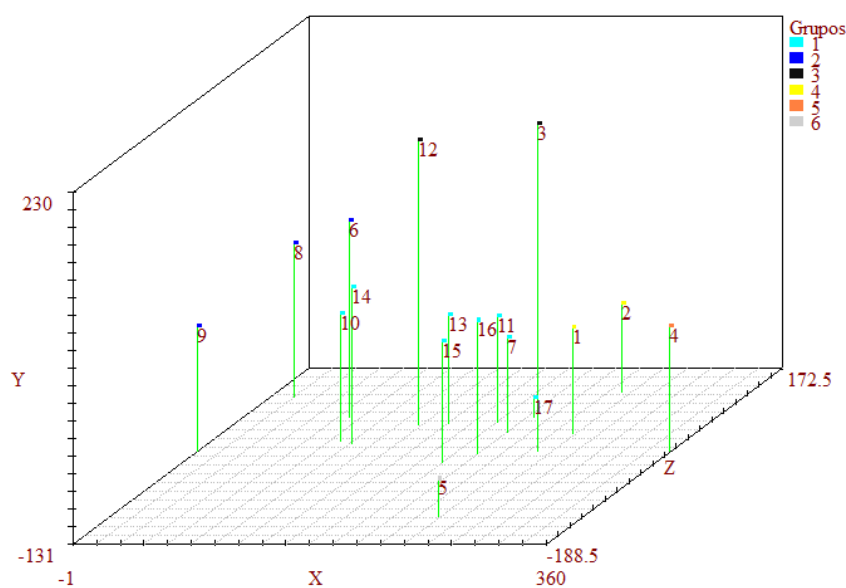


Figura 8 – Análise de agrupamento de *C. Chinense* e *C. Frutescens*: 1 = Malagueta, 2 = Tabasco, 3 = Cayenne, 4 = Etna Ornamental, 5 = Pirâmide Ornamental, 6 = Bhut Jolokia, 7 = Cumari, 8 = Habanero chocolate, 9 = Habanero vermelha, 10 = Habanero amarela, 11 = Peito de Moça, 12 = Murupi, 13 = Piãozinho, 14 = Cheiro do Norte, 15 = Biquinho vermelha, 16 = Biquinho amarela e 17 = Arari Bode amarela. Acessos indicados pelos números 1, 2, 3, 4 e 5 são classificados como *C. Frutescens* e os representados por 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17, como *C. Chinense*.

3.7 Variáveis canônicas

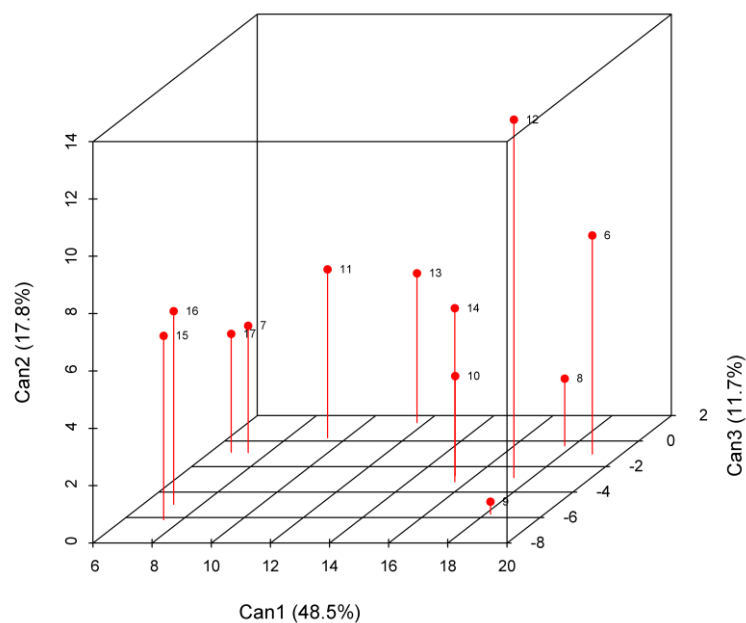


Figura 9 – Análise de agrupamento de *C. Chinense*: 6 = Bhut Jolokia, 7 = Cumari, 8 = Habanero chocolate, 9 = Habanero vermelha, 10 = Habanero amarela, 11 = Peito de Moça, 12 = Murupi, 13 = Piãozinho, 14 = Cheiro do Norte, 15 = Biquinho vermelha, 16 = Biquinho amarela e 17 = Arari Bode amarela.

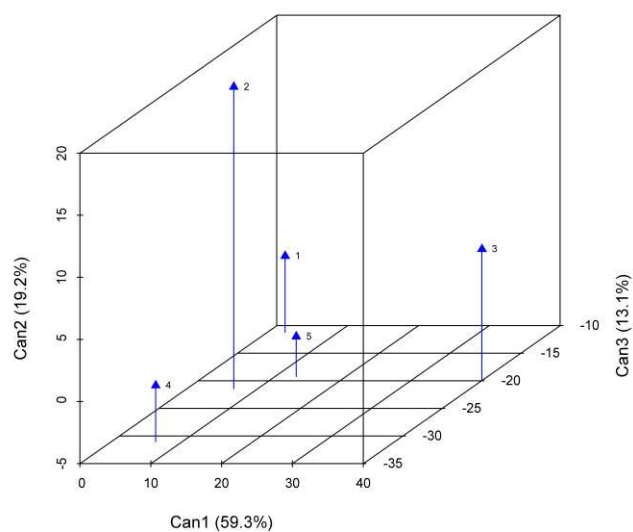


Figura 10 – Análise de agrupamento de *C. Frutescens*: 1 = Malagueta, 2 = Tabasco, 3 = Cayenne, 4 = Etna Ornamental e 5 = Pirâmide Ornamental.

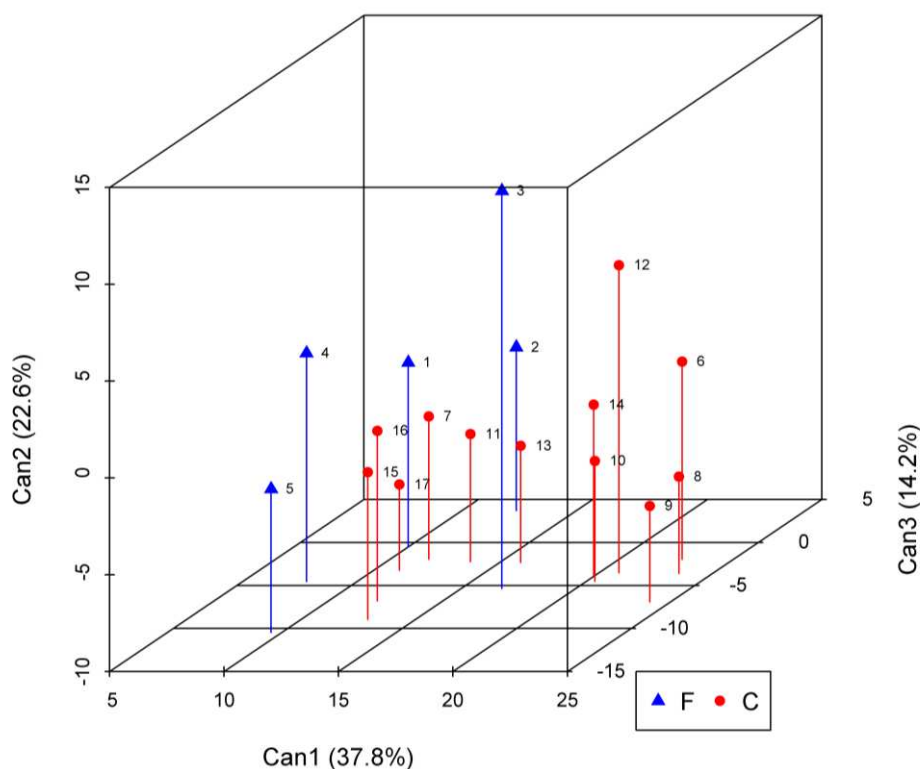


Figura 11 – Análise de agrupamento de *C. chinense* e *C. frutescens*: 1 = Malagueta, 2 = Tabasco, 3 = Cayenne, 4 = Etna Ornamental, 5 = Pirâmide Ornamental, 6 = Bhut Jolokia, 7 = Cumari, 8 = Habanero chocolate, 9 = Habanero vermelha, 10 = Habanero amarela, 11 = Peito de Moça, 12 = Murupi, 13 = Piãozinho, 14 = Cheiro do Norte, 15 = Biquinho vermelha, 16 = Biquinho amarela e 17 = Arari Bode amarela. Acessos indicados pelos números 1, 2, 3, 4 e 5 são classificados como *C. Frutescens* e os representados por 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17, como *C. chinense*.

Na análise da dispersão dos escores das três primeiras variáveis canônicas para as duas espécies conjuntamente, nota-se que a contribuição das três primeiras variáveis foi de 74,6% da variação total (Figura 11) e para *C. chinense* e *C. frutescens* separadamente, 91,6 e 78% de contribuição (Figuras 9 e 10), respectivamente, sendo possível verificar a divergência entre as diversas variedades em estudo. As variáveis canônicas (1 e 2) e (1 e 3) para as duas espécies analisadas conjuntamente representaram 60,4 e 52% da variação entre as variedades, respectivamente. Para *C. frutescens*, as variáveis canônicas (1 e 2) e (1 e 3) representaram 78,5% e 72,4%, respectivamente; para *C. chinense*, 66,3% e 60,2%, respectivamente. Foi possível observar que, tanto para as três quanto para as duas primeiras variáveis canônicas, a espécie *C. frutescens* teve maior variação, ou seja, para essa espécie existe maior variabilidade entre as primeiras variáveis. Isso indica maior possibilidade em encontrar

indivíduos ou grupos de indivíduos divergentes para que, posteriormente, alguns cruzamentos sejam realizados e, assim, seja possível obter população com variabilidade suficiente para praticar a seleção.

A análise por variáveis canônicas é um dos processos para a avaliação do grau de similaridade genética entre as variedades e leva em consideração tanto a matriz de covariância residual quanto a de covariância fenotípica entre os caracteres avaliados. Apesar de apresentar a vantagem de manter o princípio do processo de agrupamento com base na distância de Mahalanobis, qual quer que seja o de levar em conta as correlações residuais entre as médias dos progenitores, seu uso está restrito à concentração da variabilidade disponível entre as primeiras variáveis, além de que sua estimação, requer o conhecimento da matriz residual, que em algumas condições experimentais não estão disponíveis ou são de difícil mensuração (CRUZ et al., 2012).

Em estudos de divergência genética utilizando a metodologia das variáveis canônicas, busca-se identificar acessos similares por meio de ferramentas gráficas (gráficos de dispersão bi ou tridimensionais), que possibilitam a interpretação dos resultados (NEGREIROS et al., 2008).

Com esses resultados, foi possível a construção de gráficos de dispersão para a visualização tridimensional das variedades analisadas, utilizando os escores das primeiras e segundas variáveis canônicas. É desejável que a maior parte da variância esteja acumulada nas duas primeiras variáveis canônicas (CRUZ et al., 2004). A dispersão gráfica permitiu a separação dos acessos em grupos, podendo ser utilizada como uma estratégia para selecionar variedades divergentes a ser utilizados em cruzamentos artificiais. A dispersão gráfica pelas variáveis canônicas é coincidente com a do agrupamento de Tocher.

4 CONCLUSÕES

Os descritores selecionados foram importantes na caracterização das variedades por apresentarem contribuições válidas na discriminação da divergência.

A técnica de rede de correlações é eficiente e pode ser utilizada na tomada de decisões em programas de melhoramento de *C. frutescens* e *C. chinense*.

As características que mais contribuíram para a divergência genética foram o diâmetro, comprimento, peso e massa de matéria fresca do fruto. Somadas, essas características, em média, com 62,98% da variabilidade detectada para as duas espécies analisadas conjuntamente. Para *C. frutescens* e *C. chinense* analisadas separadamente, as contribuições foram de 69,72% e 89,95%, respectivamente.

Conforme a metodologia de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis as variedades foram reunidas em grupos, demonstrando que existe considerável variabilidade entre elas e concordantes com a dispersão gráfica das variáveis canônicas.

As 17 variedades analisadas são divergentes, possuindo variabilidade genética, permitindo potencial uso dessas variedades em programas de melhoramento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.D.; PELUZIO, J.M.; AFFERRI, F.S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições de várzea irrigada, Sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 95-99, 2010.
- BENTO, C.S.; SUDRE, C.P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E.M.; PEREIRA, M.G. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 149-156, 2007.
- BUTCHER, J.D.; CROSBY, K.M.; YOO, K.S.; PATIL, B.; JIFON, J.L.; ROONEY, W.L. Heterosis in different F1 *Capsicum annuum* genotypes for fruit traits, ascorbic acid, capsaicin, and flavonoids. **Scientia Horticulturae**, v. 159, p. 72-79, 2013. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.03.022.
- CASALI, W.D.; STRINGHETA, P.C. Melhoramento de pimentão e pimenta para fins industriais. **Informe Agropecuário**, v. 10, p. 23-24, 1984.
- COSTA, L.V.; BENTES, J.L.S.; LOPES, M.T.G.; ALVES, S.R.M.; VIANA J.; JANUÁRIO, M. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 290-298, 2015.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2003. p. 585.
- CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011. p. 620.
- CRUZ, C.D. Genes – A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. v. 2, 585 p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. v. 3, p. 480.
- CROSBY, K.M.; FERY, R.L.; LESKOVAR, D.I.; BUTCHER, J. 'CaroTex-312', uma pimenta híbrida F₁, tipo Habanero, de alto rendimento e laranja. **Hort Science**, v. 48, p. 1059-1061, 2013.
- DeWITT, D.; BOSLAND, P.W. **The complete Chile pepper book: a gardener's guide to choosing, growing, preserving and cooking**. London: Timber Press, [s.d.]. p. 336.
- DOMENICO, C.I.; COUTINHO, J.P.; GODOY, H.T.; MELO, A.M.T. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 466-472, 2012.

DELL'ORTO, M.; MAGALHÃES, C.; LINHALES, H.Y.; HORST, C. Correlações fenotípicas em características físico-químicas do maracujazeiro-azedo. **Acta Agronômica**, v. 59, n. 4, p. 457-461, 2010.

EPSKAMP, S.; CRAMER, A.O.J.; WALDORP, L.J.; SCHMITTMANN, V.D.; BORSBOOM, D. qgraph: Network visualizations of relationships in psychometric data. **Journal of Statistical Software**, v. 48, p. 1-18, 2012.

FARIA, P.N.; CECON, P.R.; SILVA, A.R.; FINGER, F.L.; SILVA, F.F.; CRUZ, C.D.; SÁVIO, F.L. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 428-432, 2012.

FERRAZ, R.M.; RAGASSI, C.F.; HEINRICH, A.G. LIMA, M.F. PEIXOTO, J.R.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Caracterização morfoagronômica preliminar de acessos de pimentas cumari. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 498-506, 2016.

GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; MINAMI, K. Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 505-509, 2002.

IPGRI. **Descriptor para Capsicum (Capsicum spp)**. Roma: IPGRI 51, 1995.

JUNIOR, A.A.B.; PROCÓPIO, S.O.; COSTA, J.M.; S.; KOSINSKI, C.L.; PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2977-2986, 2015.

LOURENÇO, R.T.; BIANCHETTI, L.D.; LINS, T.C.L.; SILVA, N.J.M.L.; BUSO, G.C.S.; POZZOBON, M.; FERREIRA, M.E. New putative *Capsicum* species collected in the Brazilian Atlantic Forest and their genetic relationship with cultivated peppers: a first genetic view using molecular markers. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 1999, Gramado, RS. **Anais...** Gramado, RS: Sociedade Brasileira de Genética, 1999.

MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistics. In: THE NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCES OF INDIA, 1936. **Proceedings...** 1936. v. 12, p. 49-55.

MENGARDA, L.H.G.; LOPES, J.C. Qualidade de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pimenta malagueta e sua relação com a posição de coleta de frutos. **Revista brasileira de sementes**, v. 34, n. 4, p. 644-650, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000400016>>.

MESQUITA, J.C.P.; REGO, E.R.; SILVA NETO, J.J.; BARROSO, P.A.; CAVALCANTE, L.C.; NASCIMENTO, N.F.F.; NASCIMENTO, M.F.; REGO, M.M. Diversidade genética e importância relativa de caracteres morfoagronômicos em geração F3 de pimentas ornamentais (*Capsicum annum* L.). **Revista Magistra**, v. 25, p. 278-279, 2015.

MOREIRA, G.R.; CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; RIBEIRO, C.S.C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, p. 16-29, 2006.

MOREIRA, S.; RODRIGUES, R.; ARAÚJO, M.; SUDRÉ, C.; RIVA-SOUZA, E. Desempenho agrônomo de linhas endogâmicas recombinadas de pimenta em dois sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1387-1393, 2009.

NEITZKE, R.S. et al. Divergência genética entre variedades locais de *Capsicum baccatum* utilizando caracteres multicategóricos. **Magistra**, v. 20, n. 3, p. 249-255, 2010.

NEGREIROS, J.S.; ALEXANDRE, R.S.; ÁLVARES, V.S.; BRUCKNER, C.H.; CRUZ, C.D. Divergência genética entre progênies de maracujazeiro amarelo com base em características da plântula. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 30, n. 1, p. 197-201, 2008.

NOGUEIRA, A.P.O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L.B.; HAMAWAKI, O.T.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, D.G.; MATSUO, É. Path analysis and correlations among traits in soybean grown in two dates sowing. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, 2012.

OLIVEIRA, V.R.; SCAPIM, C.A.; CASALI, V.W.D. Diversidade genética e eficiência da predição do comportamento. **Acta Scientiarum**, v. 20, n. 3, p. 263-267, 1998.

RAO, C.R. **Advanced Statistical Methods in Biometrical Research**. New York: Edn. I John Wiley and Sons, 1952.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Available at: Accessed on: August 18, 2018.

RIBEIRO, C.S.C.; CARVALHO, S.I.C.; LOPES, C.A.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Pimentões e pimentas do gênero *Capsicum*. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. (Org.). **Agricultura tropical – Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 595-608.

RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; CRUZ, C.D.; FINGER, F.L.; AMARAL, D.S.S.L. Genetic Diversity analysis of peppers: a comparison of discarding variables methods. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, PR, v. 3, n. 1, p. 19-26, 2003.

RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; CRUZ, C.D.; FINGER, F.L.; CASALI, V.W.D. Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 58, p. 909-918, 2011.

ROCHA, J.R.A.S.C.; MACHADO, J.C.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.C.; RESENDE, M.D.V.; LÉDO, F.J.S.; CARNEIRO, J.E.S. Elephant grass ecotypes for bioenergy production via direct combustion of biomass. **Industrial Crops and Products**, v. 95, p. 27-32, 2017.

ROSADO, R.D.S.; ROSADO, L.D.S.; CREMASCO, J.P.G.; SANTOS, C.E.M. DOS; DIAS, D.C.F.; DOS, S.; CRUZ, C.D. Genetic divergence between passion fruit hybrids and reciprocals based on seedling emergence and vigor. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 4, p. 417-425, 2017.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. Cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SILVA, A.R.; CECOM, P.R.; RÊGO, E.R.; NASCIMENTO, M. Avaliação do coeficiente de variação experimental para caracteres de frutos de pimenteiras. **Revista Ceres** (Impr.), Viçosa, MG, v. 58, n. 2, p. 168-171, 2011.

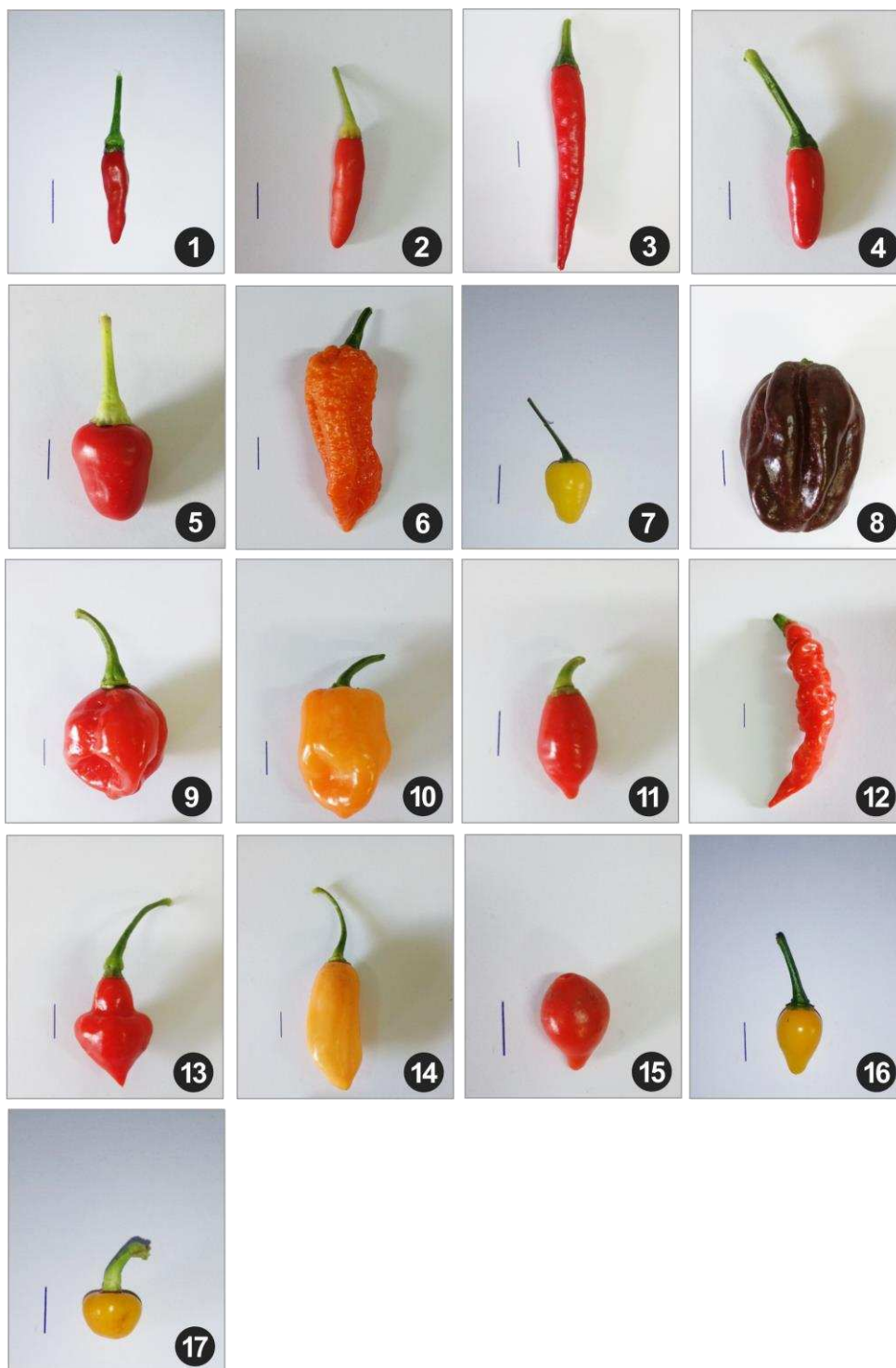
SILVA, A.R. da; RÊGO, E.R. do; PESSOA, A.M.S.; RÊGO, M.M. Correlation network analysis between phenotypic and genotypic traits of chili pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 372-377, 2016.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and a Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

SUDRÉ, C.P. et al. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 2-27, 2005.

VASCONCELOS, E.S.; CRUZ, C.D.; BHERING, L.L.; RESENDE JÚNIOR, M.F.R. Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1421-1428, 2007.

Tabela suplementar: imagens dos 17 frutos das duas espécies estudadas (*C. chinense* e *C. frutescens*), em que: 1 = Malagueta, 2 = Tabasco, 3 = Cayene, 4 = Etna Ornamental, 5 = Pirâmide Ornamental, 6 = Bhut Jolokia, 7 = Cumari, 8 = Habanero chocolate, 9 = Habanero vermelha, 10 = Habanero amarela, 11 = Peito de Moça, 12 = Murupi, 13 = Piãozinho, 14 = Cheiro do Norte, 15 = Biquinho vermelha, 16 = Biquinho amarela e 17 = Arari Bode amarela.



CAPÍTULO II

Diversidade genética entre acessos de pimentas *Capsicum chinense* com base em caracteres quantitativos de pós-colheita dos frutos

RESUMO

O estudo da diversidade genética de acessos de pimentas é de grande importância para satisfazer as exigências do mercado, pois serve de base para o melhoramento genético e lançamentos de novas cultivares. Este trabalho teve por objetivo estimar a variabilidade genética de caracteres quantitativos de pós-colheita dos frutos de pimenta e avaliar a diversidade genética entre 39 acessos com o uso da distância euclidiana média padronizada com posterior análise de agrupamento. Trinta e nove acessos de *C. chinense* do banco de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa e da EMBRAPA foram caracterizados. Quatro caracteres quantitativos foram utilizados (Vitamina C, °Brix, Produção e Capsaicina). A distância média euclidiana, a dissimilaridade, a rede de correções e o agrupamento de Tocher foram estimados. Os caracteres diferiram pelo teste F a 1% de probabilidade. Os coeficientes de variação (CV) variaram de 10,79 (°BRIX) a 14,55% (Produção). Apesar de as correlações não terem sido superiores ao ponto de corte, elas existiram, porém foram baixas. O número de classes formadas variou de duas para vitamina C a sete classes para a Produção. Pelo método de otimização de Tocher, os acessos foram subdivididos em 10 grupos, mostrando que existe variabilidade entre os acessos. Os caracteres selecionados foram importantes na caracterização dos acessos por apresentarem contribuições importantes na discriminação da divergência. A diversidade genética entre os acessos, com base nos caracteres físico-químicos e na produção, permite a escolha de materiais divergentes com potencial uso em programas de melhoramento.

Palavras-chave: Agrupamento, Tocher, físico-químico, capsaicina, dissimilaridade.

ABSTRACT

The study of the genetic diversity of accessions of peppers is of great importance to meet the requirements of the market, since it serves as the basis for the genetic improvement and launching of new cultivars. The objective of this work was to estimate the genetic variability of post-harvest characters of pepper fruits and to evaluate genetic diversity among thirty-nine accessions using standard mean Euclidean distance and subsequent clustering analysis. Thirty nine accessions of *C. chinense* from the germplasm bank of the Federal University of Viçosa and EMBRAPA were characterized. Four quantitative traits were used (Vitamin C, ° Brix, Production and Capsaicin). The mean Euclidean distance, the dissimilarity, the network of corrections and the grouping of Tocher were estimated. The characters differed by the F-test at 1% probability. The coefficients of variation (CV) ranged from 10.79 (° BRIX) to 14.55% (Production). Although the correlations were not superior to the cut-off point, they did exist, but were low. The number of classes formed ranged from two for Vitamin C to seven classes for Production. By the Tocher optimization method, the accessions were subdivided into ten groups, showing that there is variability between accesses. The selected characters were important in the characterization of the accesses because they present important contributions in the discrimination of the divergence. The genetic diversity between the accesses, based on the physical-chemical characteristics and the production, allows the choice of divergent materials with potential use in breeding programs.

Keywords: Cluster, Tocher, physicochemical, capsaicin, dissimilarity.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* é formado por um grupo altamente diversificado de pimentas doces e picantes que se originaram dos trópicos do continente americano e entre as várias espécies desse gênero, *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* são comercialmente cultivadas (GONZÁLEZ-PÉREZ et al., 2014).

O mercado de pimentas é um importante segmento do mercado agrícola brasileiro, com forte expressão na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética, que vem se modificando com a abertura de novos nichos de mercado, principalmente para produtos com alto valor agregado, como é o caso da pimenta processada e convertida ou usada em molhos, conservas, geleias, bombons, embutidos etc. É um segmento com grande potencial em todos os continentes, tanto para consumo in natura quanto para processamento (DOMENICO et al., 2012). O cultivo de pimentas no Brasil é de grande importância por causa de suas características de rentabilidade, principalmente quando o produtor agrega valor ao produto (ANDRADE et al., 2017). Do ponto vista social, o cultivo é feito em sua maioria por agricultores familiares e gera empregos no campo, pois exige grande quantidade de mão de obra ((MOREIRA et al., 2006).

No Brasil, *C. baccatum* e *C. chinense* são as mais cultivadas, uma vez que são bem adaptadas às condições de clima equatorial e tropical e possuem sabores únicos para consumo fresco. Porém, devido à grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de solos e climas, a *C. chinense* é a mais brasileira das espécies domesticadas e pode ser cultivada do sul ao norte (LANNES et al., 2007). O norte, mais especificamente, a região Amazônica, é considerado como o centro de diversidade dessa espécie (PICKERSGILL, 1971). Caracteriza-se pelo aroma acentuado dos seus frutos e pela enorme variabilidade em tamanho e forma e em diferentes intensidades de amarelo, laranja ou vermelho quando maduros (LANNES et al., 2007). De maneira geral, a diversidade, a pungência dos frutos, a composição química, a produção e o crescimento da preferência pela população aumentaram o interesse da pesquisa científica com os alguns aspectos agronômicos sobre a cultura.

Os dois capsaicinoides mais abundantes nas pimentas são a capsaicina e di-hidrocapsaicina, ambos constituindo 90%, e a capsaicina responde por 71% do total dos capsaicinoides na maioria das variedades pungentes (NWOKEM et al., 2010). Entre os componentes capsaincinoides, os mais abundantes e responsáveis por aproximadamente 90% da pungência total, estão a capsaicina (*trans*- 8 metil- *N*-faril-6-nonenamida) e a di-hidrocapsaicina (8 metil- *N*- farilnononamida) (GUILLEN et al., 2018). A capsaicina

encontra-se em maior quantidade na placenta e, em menor quantidade, nas sementes e no pericarpo do fruto (REIFSCHNEIDER, 2000). A pungência é um atributo importante e uma característica de qualidade para pimentas frescas e também para produtos processados, sendo o conteúdo de capsaicina um dos requisitos principais para determinar a qualidade comercial dos frutos, e esse alcaloide é liberado quando o fruto sofre qualquer dano físico (PAULUS et al., 2015).

O ácido ascórbico (Vitamina C) se encontra em maiores concentrações em frutos de pimenta com até 250 mg por cem gramas de fruto fresco (BOSLAND; VOTAVA, 2000), valor comparável ao da goiaba, com 200 mg por 100 gramas de fruto, porém abaixo do teor de vitamina C em acerola, que atinge 1.800 mg por 100 gramas de fruto fresco (COSTA et al., 2001).

O teor de sólidos solúveis também são essenciais para maiores rendimentos para a indústria que processa produtos de pimenta seca. O teor de sólidos solúveis vem sendo considerado como uma característica importante em termos de pós-colheita (LANNES et al., 2007). Essa característica é influenciada por vários metabólitos que variam de acordo com o estágio de desenvolvimento do fruto fazendo com que ocorra o maior incremento desses em estádios mais avançados.

Estudos sobre qualidade pós-colheita e produção de frutos são importantes para permitir o melhor conhecimento das espécies, o que contribui para implantação de um banco de germoplasma, conservação do material em qualquer ambiente e a utilização da variabilidade genética em programa de melhoramento, para múltiplas finalidades.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo estimar variabilidade genética de caracteres quantitativos de pós-colheita dos frutos de pimenta e avaliar a diversidade genética entre 39 acessos com o uso da distância euclidiana média padronizada com posterior análise de agrupamento. O melhoramento genético vem sendo cada vez mais estudado, com o intuito de atender às exigências do mercado, e a caracterização genética dos genótipos serve de base para o melhoramento genético e lançamentos de novas cultivares comerciais

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Germoplasma

Trinta e nove acessos de *Capsicum chinense*, pertencentes ao Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Tabela 1) e da EMBRAPA (Tabela 2), foram cultivados, durante o ano 2018, no período de primavera-verão na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da UFV.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. A semeadura foi em bandeja de isopor (poliestireno) de 128 células preenchidas com substrato comercial Bioplant® (Bioplant Agrícola Ltda., Ponte Nova, Minas Gerais, Brasil). As mudas foram transplantadas com menos de seis folhas definitivas para vasos de cinco litros contendo o substrato comercial Bioplant®. As adubações com N-P-K (4-14-8) foram mensais.

Tabela 1 – Dezoito acessos de *C. chinense* pertencentes ao Banco de Germoplasma da UFV e local de coleta. Viçosa, MG, 2019

Número	Acesso	Local de coleta	
1	BGH 707	Cuiabá	MT ¹
2	BGH 1694	Cuiabá	MT
3	BGH 1714	Pindaré-Mirim	MA
4	BGH 1723	Santarém	PA
5	BGH 1747	Ituiutaba	MG
6	BGH 4213	Tefê	AM
7	BGH 4285	Rondonópolis	MT
8	BGH 4721	Urucará	AM
9	BGH 4725	Urucará	AM
10	BGH 4728	Urucará	AM
11	BGH 4733	Manaus	AM
12	BGH 4756	Joari-Itacotiara	AM
13	BGH 6228	Brasília	DF
14	BGH 6239	Brasília	DF
15	BGH 6371	Vila Nova-Anamam	AM
16	BGH 6378	Boca do Janacanan-Codajas	AM
17	BGH 6387	Salvador	BA
18	BGH 6610	Salvador	BA

¹MT: Mato Grosso, PA: Pará, MG: Minas Gerais, MA: Maranhão, AM: Amazonas, DF: Distrito Federal e BA: Bahia.

Tabela 2 – Vinte e um acessos de *C. chinense* pertencentes ao Banco de Germoplasma da EMBRAPA e local de coleta. Viçosa, MG, 2019

Número	Acesso	Local de coleta	
19	De Cheiro	Fortaleza	CE ¹
20	PI 152225	Estados Unidos	EUA
21	De Cheiro	Brasília	DF
22	2833 (De Cheiro)	AVRDC/China	
23	289 (Olho de Ganso)	Turvânia	GO
24	De Cheiro	Rio Formoso	TO
25	De Cheiro	Brasília	DF
26	Bode Amarela	Brasília	DF
27	Bode Vermelha	Brasília	DF
28	Murupi	Itariri	SP
29	De Cheiro	Turvânia	GO
30	Piã	Frutal	MG
31	Cabacinha	Petrolina de Goiás	GO
32	Pitanga	Belo Horizonte	MG
33	Coração de Boi	Salvador	BA
34	Cumari-do-pará	Brasília	DF
35	Murupi	Topseed	
36	4506 (Habanero BRS Nandaia)	Embrapa Hortaliças	
37	4507 (Habanero BRS Juruti)	Embrapa Hortaliças	
38	3239 (Bode vermelha)	Topseed	
39	Habanero	Topseed	

CE¹: Ceará, MG: Minas Gerais, DF: Distrito Federal, SP: São Paulo, GO: Goiás, TO: Tocantins e BA: Bahia.

O valor de cada observação foi descrito pelo método estatístico: $Y_{ij} = \mu + G_i + \epsilon_{ij}$, em que Y_{ij} = valor observado no tratamento i ($i = 1, 2, \dots, g = 39$; $j = 1, 2, \dots, r = 3$); μ = média geral do experimento; G_i = efeito do i -ésimo acesso ($i = 1, 2, \dots, g = 39$); ϵ_{ij} = erro experimental associado à observação Y_{ij} .

Para medir a produção foram utilizados frutos completamente maduros, sendo selecionados manualmente para remoção daqueles com injúrias e em estágio de maturação inadequado; posteriormente, 300 gramas foram separados ao acaso para obtenção das análises químicas. Depois, foram realizadas as análises físico-químicas, descritas a seguir:

TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO: para a extração amostras de 1 g de frutos sem sementes foram pesadas em balança analítica de 1.200 g com precisão de 0,1 g (Bel Engineering M1003). As amostras foram trituradas em 20 mL de ácido oxálico 1% (Sigma-Aldrich

Missouri EUA) com auxílio de politron até total homogeneização. Para a quantificação, 1 mL da amostra foi adicionada em erlenmeyer contendo 25 mL de ácido oxálico 1%. O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método de Tillmans modificado, mediante titulação 2,6-diclorofenolindofenol-sódio – DFI 0,02% (Sigma-Aldrich Missouri EUA) (AOAC, 2012). O ácido L-ascórbico P.A. (Sigma-Aldrich Missouri EUA) foi utilizado como padrão. Os resultados foram expressos como mg ácido ascórbico 100g⁻¹ de amostra, de acordo com fórmula proposta por MAPA (2013):

$$\text{Ácido ascórbico (mg.100 g}^{-1}\text{)}: \frac{100 \times n'}{\frac{n}{5} \times M}$$

em que n': volume de DFI gasto na titulação da amostra (mL), n/5: volume de DFI gasto na titulação de 1 mg de ácido L-ascórbico usado na padronização (mL) e M: massa (g) ou volume (mL) da amostra usada na titulação.

TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (TSS): média de vinte frutos maduros escolhidos ao acaso para cada bloco. A medição do teor de sólidos solúveis foi feita por meio de refratômetro digital do tipo abbé, expresso em grau °Brix (MATOS et al., 2007). Os frutos frescos foram macerados, sendo recolhida uma amostra do suco e aplicada sobre a superfície luminosa do refratômetro para a realização da leitura.

CAPSAICINA: a capsaicina dos frutos foi avaliada por HPLC, de acordo com a metodologia proposta por Maillard et al. (1997), com modificações. Cerca de 100 mg da matéria seca da placenta dos frutos de pimenta finamente triturada foram misturados a 10 mL de metanol:água (60:40, v/v) e 24 sonificados por 15 minutos na temperatura ambiente. A mistura foi centrifugada a 4.000 rpm por 15 minutos e o supernadante, coletado para análise após filtração em filtro Millipore 0,2 µm. Amostras de 20 µL do filtrado foram injetadas em HPLC-Waters, com detector UV a 229 nm, equipado com coluna C18 Hypersyl (250 x 4,4 mm, com tamanho de partícula de 5µm de diâmetro). O tampão de corrida para análise e separação dos capsaicinoides foi composto por metanol:água:ácido acético (70:29:1, v/v/v), com fluxo de 1,0 mL/min a 20 °C. A identificação e concentração de capsaicina foi estimada pela comparação com o tempo de retenção e a curva de calibração, que continha o padrão de capsaicina (Sigma, EUA).

A determinação da pungência do fruto foi determinada pela Scoville Heat Unit de (SHU), Unidades de Escala de Calor, definida pela quantidade de capsaicina presente nos frutos. Foi calculada multiplicando-se o teor da capsaicina do fruto em gramas por peso seco das amostras pelo coeficiente correspondente à concentração da capsaicina pura, que é $1,6 \times 10^7$ (SANATOMBI; SHARMA, 2008). De acordo com a escala de calor, os frutos de *Capsicum* foram classificados em não pungente (até 700 unidades SHU), ligeiramente pungente (700 – 3.000 unidades SHU), moderadamente pungente (3.000 – 25.000 unidades SHU), muito pungente (25.000 – 70.000 unidades SHU) e altamente pungente (acima de 80.000 SHU) (BOSLAND, 1993).

2.2 Método de otimização de Tocher

As variáveis quantitativas Vit C, °Brix, capsaicina e produção foram utilizadas para obtenção da Distância Média Euclidiana, como medida de dissimilaridade conforme descrito por Cruz e Regazzi (1994) para agrupar os genótipos pelo método de Tocher (RAO, 1952), utilizando o programa GENES (CRUZ, 1997).

A distância euclidiana média é dada pela fórmula:

$$d_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_j (x_{ij} - \bar{x}_{.j})^2}$$

em que d_{ij} é a distância euclidiana média entre o progenitor “i” e o progenitor “j”; n é o número de caracteres avaliados; e x_{ij} é a observação do i-ésimo progenitor em relação ao j-ésimo caráter.

2.3 Rede de correlações

Uma rede de correlação, baseada nas correlações fenotípicas, foi feita para visualização das relações entre os caracteres físico-químicos e produção do frutos (ROSADO et al., 2017).

A matriz de correlação fenotípica foi calculada pela equação: $r_f = \sigma_f(X,Y) / \sqrt{\sigma_f^2(X) \cdot \sigma_f^2(Y)}$, sendo $\sigma_f(X,Y)$ = Covariância fenotípica, obtida do PMG(X,Y)/r e $\sigma_f^2(X)$ = Variância fenotípica de X, obtida do QMG(X)/r; $\sigma_f^2(Y)$ = Variância fenotípica de Y, obtida do QMG(Y)/r.

As conexões entre variáveis na rede de correlações foram determinadas pela “matriz de incidência” $A = h(R)$ (SILVA et al., 2016), pela equação: $h(r_{ij}) = \frac{1}{2} \{ \text{sgn}(|r_{ij}| - \rho) + 1 \}$, sendo: ρ = parâmetro “hard threshold”, que foi definida como nulo, para que todas as conexões entre variáveis possam ser vistas.

A espessura das linhas foi controlada aplicando um valor de corte igual a 0,3, onde apenas $|r_{ij}| \geq 0,3$ tiveram suas linhas realçadas de forma proporcional a intensidade da correlação. Como nenhuma das correlações foram superior ao ponto de corte de 0,3 não foi projetado nenhum realce que as distinguiam.

2.4 Análise estatística

Todas as análises foram realizadas utilizando o aplicativo computacional Genes Aplicativo computacional em genética e estatística (CRUZ, 2013) e o software R versão 3.1.2 (R CORE TEAM, 2015). O procedimento de rede de correlação foi realizado usando o pacote “Qgraph” (EPSKAMP et al., 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variabilidade genética entre acessos

Os caracteres Vit C, Brix e produção diferiram pelo teste F a 1% de probabilidade (Tabela 1). Isso mostra que existe variabilidade genética e a escolha dos acessos pode ser realizada, a fim de realizar cruzamentos mais divergentes e explorar o vigor heterótico desses acessos. Se existe variabilidade é então possível a exploração dessa em programas de melhoramento de pimentas (ROSMANINA et al., 2016). O conhecimento da diversidade de espécies de *Capsicum* é de grande interesse, particularmente para os bancos de germoplasma, pois disponibilizam aos pesquisadores o conhecimento sobre a variabilidade, permitindo a seleção de genótipos superiores e consequentemente o aumentando a frequência alélica favorável (GONÇALVES et al., 2008), auxiliando no progresso dos programas de melhoramento (LIM, 2013).

Os coeficientes de variação (CV) variaram de 10,79 (°Brix) a 14,55% (Produção) (Tabela 1). A variação dos CV foram satisfatórios, uma vez que foram detectadas diferenças significativas entre os acessos. Em particular, uma classificação de CV apropriada para caracteres dos frutos de pimenta, por exemplo, deve considerar a espécie, a característica

avaliada, o número de repetições e o delineamento (SILVA et al., 2011). Silva et al. (2010), ao estudarem vitamina C em polpas de pimentas, observaram diferenças significativas entre os acessos e CV de 13,26%. Braga et al. (2013) também observaram diferenças significativas para a quantidade de vitamina C, com CV de 8,35%. Paulus et al. (2015) encontraram valores de CV para produção e °Brix de 14,39 e 1,39%, respectivamente. Lannes et al. (2007) encontraram valores de CV para vit C e °Brix de 17,32 e 13,43%, respectivamente.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância de características de *Capsicum chinense* avaliadas em casa de vegetação em experimento instalado em Viçosa, MG, 2019

FV	GL	Quadrados médios		
		Vit C(mg/100 g)	°Brix	Produção (kg)
Tratamento	38	901,50**	7,98**	125116,12**
Resíduo	78	218,46	0,56	3019,11
Total	116			
Média		116,23	6,93	377,56
CV(%)		12,71	10,79	14,55

** significativos a 1 de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 – Médias de vitamina C (Vit C), °Brix e produção de 39 acessos de *Capsicum chinense*

Acessos	Vitamina (Vit C)	°Brix	Produção (kg/Planta)
1	117.01 a	7.06 c	4.97 d
2	117.84 a	6.43 d	6.61 c
3	119.15 a	6.20 d	1.53 g
4	95.92 b	6.03 d	9.65 a
5	141.54 a	6.06 d	2.34 f
6	124.62 a	4.90 e	2.27 f
7	135.37 a	7.23 c	2.31 f
8	96.23 b	7.26 c	4.02 e
9	107.21 b	5.90 e	1.91 f
10	110.91 b	8.50 b	4.59 d
11	121.13 a	7.10 c	6.89 c
12	140.97 a	6.40 d	1.32 g
13	152.82 a	7.83 c	4.35 d
14	134.69 a	5.73 e	4.69 d
15	94.16 b	6.40 d	5.72 d
16	99.53 b	9.20 b	2.88 e
17	103.63 b	4.70 e	1.73 g
18	92.08 b	6.86 c	2.00 f
19	134.43 a	8.53 b	4.82 d
20	88.34 b	4.33 e	5.00 d
21	136.46 a	9.66 a	2.48 f
22	132.93 a	9.96 a	4.82 d
23	126.40 a	10.93 a	4.15 d
24	130.50 a	10.90 a	5.15 d
25	109.11 b	6.50 d	1.17 g
26	125.31 a	6.16 d	5.37 d
27	101.93 b	8.53 b	2.52 f
28	111.09 b	6.86 c	3.14 e
29	109.87 b	5.20 e	3.59 e
30	140.40 a	6.10 d	1.55 g
31	98.96 b	6.36 d	3.55 e
32	107.01 b	7.60 c	2.40 f
33	98.11 b	5.06 e	3.35 e
34	131.17 a	5.36 e	2.35 f
35	102.35 b	5.20 e	2.53 f
36	108.05 b	7.56 c	2.40 f
37	133.52 a	6.80 c	1.32 g
38	84.66 b	5.30 e	7.96 b
39	117.48 a	7.56 c	7.66 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna constituem grupo homogêneo de genótipos pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Concentrações médias de capsaicina e unidades de calor de Scoville

Acessos	Capsaicina (ug/g)	Unidades de calor de Scoville (SHU)
1	9302.43	148838.95
2	24658.02	394528.30
3	10412.97	166607.54
4	4735.05	75760.76
5	17602.75	281644.00
6	10401.59	166425.46
7	7431.73	118907.65
8	10882.83	174125.35
9	19439.74	311035.79
10	14957.65	239322.40
11	23537.31	376597.01
12	9935.47	158967.50
13	24628.72	394059.60
14	8163.81	130621.03
15	12225.99	195615.76
16	20414.13	326626.09
17	15705.44	251287.00
18	9848.11	157569.82
19	25521.66	408346.64
20	7384.52	118152.33
21	12832.31	205316.92
22	3994.32	63909.13
23	9903.01	158448.22
24	28816.29	461060.65
25	16568.82	265101.12
26	16081.78	257308.49
27	9311.18	148978.88
28	8065.71	129051.38
29	10995.95	175935.26
30	11828.94	189262.97
31	7648.54	122376.56
32	17363.29	277812.60
33	28983.68	463738.84
34	24024.77	384396.38
35	26907.49	430519.87
36	60986.26	975780.15
37	47576.62	761225.88
38	6832.41	109318.61
39	38544.69	616715.03

3.2 Desempenho de Acessos de pimentas em relação aos caracteres físico-químicos e produção de Frutos

3.2.1 Vitamina C

A determinação das características do fruto é muito importante para o cultivo de pimentas, visto que o mercado consumidor determina a forma de consumo e a sua aceitação, ou seja, diferentes nichos de mercado demandam por pimentas com características específicas de fruto (DAGNOKO et al., 2013).

As médias das características vit C, °Brix e produção encontram-se na Tabela 2, agrupadas pelo teste de Scott-Knott (SCOTT-KNOTT, 1974) a 5% de probabilidade.

O maior número de classes observado foi para o caráter produção do fruto, que evidenciou sete classes distintas. O caráter que menos demonstrou classes foi a Vit C, com duas classes diferentes. O maior número de classes estabelecido é um indicativo da existência de variabilidade.

O conteúdo de Vit C nos frutos dos acessos estudados teve média de 116,23 mg e variou de 84,66 mg referentes ao acesso 3239 (Bode vermelha) a 152,82 mg referentes ao acesso por 100 gramas de polpa fresca; a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott, formaram-se dois grupos de acessos, dos quais 51% se encontram no grupo com maiores médias e 49% se acham no segundo grupo (Tabela 2). De acordo com Carvalho et al. (2014), o conteúdo de Vit C encontrado nas pimentas brasileiras é de 52 mg a 134 mg 100 g⁻¹. Esses autores encontraram valores de 36,70 mg a 157,76 mg 100 g⁻¹ em seus acessos.

Embora o teste de Scott-Knott tenha formado apenas dois grupos entre os acessos, foi possível detectar variabilidade para concentração de Vit C, uma vez que foi de cerca de 68 mg por 100 gramas de polpa fresca a diferença entre os acessos com menor e maior teor de vitamina C.

Silva et al. (2010), estudando Vit C em polpas de pimentas oriundas do município de São Benedito, CE, observaram média de 17,74 mg 100 g⁻¹, em que o valor máximo foi de 26,51 mg 100 g⁻¹ e o valor mínimo observado, de 12,81 mg 100 g⁻¹.

Zhuang et al. (2012), estudando variedades de *C. frutescens*, *C. annuum* e *C. chinense*, concluíram que os teores de Vit C, em pimentas maduras, podem ser maiores ou permaneceram constantes. Segundo Carvalho et al. (2014), durante o amadurecimento o teor de Vit C aumenta nos estádios iniciais de desenvolvimento até a maturação total. Eles encontraram para frutos maduros uma faixa que variou de 36,70 mg 100 g⁻¹ a 157,76 mg 100

g-1. O teor de Vit C em pimenta também pode ser influenciado pelo acesso, pelo estágio de maturação do fruto e ambiente (COSTA et al., 2010). Crisóstomo et al. (2008), estudando a caracterização da polpa de pimenta da cultivar Tabasco obtida no município de Paraipaba-Ceará, obtiveram valores médios de vitamina C em torno de 54,70 mg 100 g-1. Já Segatto (2007), em frutos de acessos de pimenteira oriundos de Viçosa, MG, detectaram teores médios de vitamina C em torno de 150 mg 100 g-1, indicando que o ambiente interfere nos resultados.

Frutos ricos em vitamina C são importantes na prevenção e manifestação de doenças, o que os torna um dos componentes nutricionais de maior importância, sendo utilizado como índice de qualidade dos alimentos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

3.2.2 Sólidos solúveis (SS)

O conteúdo de °Brix nos frutos dos acessos estudados apresentou valor médio de 6,93 e variou de 4,33 referente ao acesso PI 152225 a 10,93 referente ao acesso 289 (Olho de Ganso). Pelo Scott-Knott a 5% de probabilidade, formaram-se cinco grupos de acessos, dos quais 10,25% se encontravam no grupo com as maiores médias e 25,64% no grupo com as menores médias (Tabela 2).

O teor de °Brix caracteriza o percentual de açúcar nos produtos vegetais (AOAC, 2000). Do ponto de vista comercial, tanto para consumo *in natura* quanto para o processamento industrial, são preferidos os frutos com teores mais elevados. Para a indústria, quanto maior esse teor, maior o rendimento e menor o custo operacional (CAMILO et al., 2014). Braga et al. (2013), em análises com pimentas da espécie *C. frutescens*, obtiveram valores de sólidos solúveis totais de 10,38 °Brix. Para esses autores, esses valores constituem índice de qualidade, sendo sua concentração e composição componentes indispensáveis ao sabor do fruto. Ferreira et al. (2013), ao avaliarem diversos cultivares de pimentão em condições ambiente e de refrigeração, diagnosticaram que o teor de sólidos solúveis totais variou de 4,65 a 4,85 °Brix. Do ponto de vista comercial, tanto para consumo *in natura* quanto para o processamento industrial são preferidos os frutos com teores de sólidos totais mais elevados. Segundo Lannes et al. (2007), trabalhando com 49 acessos de pimenta da espécie *Capsicum chinenses*, encontraram teores de sólidos solúveis que variaram de 6 a 10 °Brix. De acordo com Rêgo et al. (2009), o teor de sólidos solúveis deve ser alto, visto que é uma característica importante que determina o rendimento final na indústria. Os resultados para sólidos solúveis encontrados no estudo foram superiores ao observado por Segatto

(2007), que verificou teor de 10,38 °Brix em frutos de acessos de pimenteira oriundos de Viçosa, MG. Crisóstomo et al. (2008), estudando a caracterização da polpa de pimenta da cultivar Tabasco obtida no Ceará, obtiveram valores médios de sólidos solúveis em torno de 23,01 °Brix. De acordo com Santana et al. (2004), esse parâmetro é utilizado para indicar a qualidade dos frutos e reflete o seu estágio de maturação.

3.2.3 Capsaicina

O conteúdo de capsaicina nos acessos estudados apresentou um valor médio de 17.293,74 µg/g e variou de 3.994,32 µg/g referente ao acesso 2833 (De Cheiro), a 60.986,26 µg/g referente ao acesso 4506 (Habanero BRS Nandaia) (Tabela 3). Os teores de capsaicina obtidos em µg/g foram convertidos em unidades de calor de Scoville (SHU), a fim de classificá-los de acordo com seus vários níveis de pungência (Tabela 3). O valor máximo de capsaicina foi de 975780 Unidades Scoville de Calor do acesso 4506 (Habanero BRS Nandaia). Todos os acessos de acordo com a escala de calor (SHU), segundo Bosland (1993), foram classificados de moderadamente (3.000 – 25.000 unidades SHU), a altamente pungentes (acima de 80.000 SHU).

Lannes (2007) encontrou valores de capsaicina em seus 49 acessos de *C. chinense* variando de 0,0 a 13.620 µg por grama de matéria seca. Koeda et al. (2014) concluíram que existem poucas cultivares de *C. chinense* que sejam não pungentes e, ao mesmo tempo, altamente aromáticas, sendo a união dessas duas características um alvo a ser considerado por programas de melhoramento. Segundo Bosland (1993), a qualidade do fruto seco, como a páprica, é baseada na sua vermelhidão e nível de pungência. O fato de ocorrer maior quantidade de capsaicinoides na placenta provavelmente está relacionado ao local da biossíntese desse composto (PANDHAIR; SHARMA, 2008), de onde é transferido para outras estruturas de frutos (BUCZKOWSKA et al., 2016). Como exemplo, a quantidade de capsaicinoides encontrados na placenta da espécie *Capsicum annum* é 10 vezes maior do que no pericarpo e nas sementes (PANDHAIR; SHARMA, 2008).

A elevada pungência, confirmada pelo alto conteúdo de capsaicina, pode ser explicada pelas suas características genéticas e também pelas condições ambientais, como temperatura (PAULA et al., 2017). De acordo com Borges-Gómez et al. (2010), o conteúdo de capsaicina é explicado como resposta da interação genótipo com o ambiente. As médias ideais situam-se de 21 °C a 30 °C (PINTO et al., 2011). Vários autores afirmam que baixas temperaturas podem afetar a pungência dos frutos e as pimentas cultivadas na primavera-verão são mais

pungentes que as do outono-inverno (KIRSCHBAUM-TITZE et al., 2002). A elevada pungência confirmada pelo alto conteúdo de capsaicina é uma informação importante para o mercado farmacêutico que utiliza a capsaicina como princípio ativo para a produção de diversos fármacos (DOMENICO et al., 2012).

Guillen et al. (2018) encontraram em frutos de *C. chinense* uma concentração de capsaicinoides, pelo menos quatro vezes maior na placenta dos frutos, em comparação com a de frutos de *C. baccatum*. As variações interespecíficas são atribuídas ao genótipo e à variabilidade de condições ambientais, como temperatura, umidade, nutrientes e outros fatores que influenciam positiva ou negativamente na biossíntese de capsaicinoides (GONZÁLEZ-ZAMORA et al., 2013).

3.2.4 Produção

O valor médio de produção nos acessos estudados foi de 3.77 kg e variou de 9.65 referente ao acesso BGH 1723 a 1.17 kg referente ao acesso 3234 (De Cheiro). Pelo Scott-Knott a 5% de probabilidade, formaram-se sete grupos de acessos, dos quais 2,56% se encontraram no grupo com as maior média e 15,38% no grupo com as menores médias (Tabela 2).

Alguns dos fatores que são responsáveis pela diminuição da produção é a morte precoce das pimenteiras, causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *piperis* Albuquerque (GAIA et al., 2007). Rebello et al. (2011) associaram esse fato à incidência de doenças, manejo inadequado da cultura e desorganização dos produtores. Segundo Pinto et al. (2011), o clima exerce influência na germinação, desenvolvimento e frutificação das plantas de pimenta, necessitando de temperaturas altas durante todo o ciclo. As médias ideais situam-se de 21 °C a 30 °C, sendo a mínima ideal 18° e as máximas, em torno de 35°. Em baixas temperaturas, há redução da germinação, estiolamento de folhas maduras, murchamento de partes jovens e crescimento lento, enquanto em temperaturas acima de 35 °C o vingamento de frutos é prejudicado.

Souza et al. (2013) comentaram que para obter ganhos em produtividade são necessárias boas práticas, como a utilização de sementes de qualidade, adubação, irrigação e controle de plantas invasoras, de insetos e de doenças. Relataram valores variados de produtividade total de frutos, pois estão relacionadas com as características genéticas do material, diferenças edafoclimáticas dos locais dos experimentos e diferentes condições em que os experimentos foram implantados.

3.2.5 Rede de correlações

A espessura das linhas foi controlada aplicando um valor de corte igual a 0,3, em que apenas $|r_{ij}| \geq 0,3$ tiveram suas linhas realçadas de forma proporcional à intensidade da correlação. Como nenhuma das correlações foram superior ao ponto de corte de 0,3, não foi projetado nenhum realce que as distinguiem (Figura 1). Apesar de essas correlações não terem sido superiores ao ponto de corte, elas existiram, porém foram baixas (Tabela 4).

Valores positivos indicam que os caracteres correlacionados são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais, e valores negativos indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro (RAMALHO et al., 1993). Levando-se em consideração o sentido e a magnitude das correlações e a facilidade de mensuração de algumas características, do ponto de vista prático do uso da seleção indireta nos programas de melhoramento genético, facilita a escolha de características superiores (VENCOVSKY et al., 1992). Quando um caráter de elevado valor econômico possui difícil avaliação, em comparação a outro caráter que está associado a ele, a seleção indireta se torna muito importante, sendo possível alcançar ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro associado.

Tabela 4 – Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre as variáveis: vitamina C (Vit C), °Brix, produção e capsaicina

Variáveis	Correlação	*Probabilidade (%)	* r crítico (5%)	
Vit C(mg/100 g) x °Brix	0.18941	24.68268	-0.28641	0.27464
Vit C(mg/100 g) x Produção	0.06347	70.25314	-0.27478	0.2379
Vit C(mg/100 g) x Capsaicina	0.13314	42.42139	-0.26455	0.25509
°Brix x Produção	0.07732	64.46285	-0.25255	0.28006
°Brix x Capsaicina	-0.23703	14.24566	-0.25628	0.28953
Produção x Capsaicina	0.09466	57.3371	-0.28132	0.28461

* probabilidade pelo teste t.

+ r crítico a 5% de probabilidade pelo teste de Mantel baseado em 5.000 simulações.

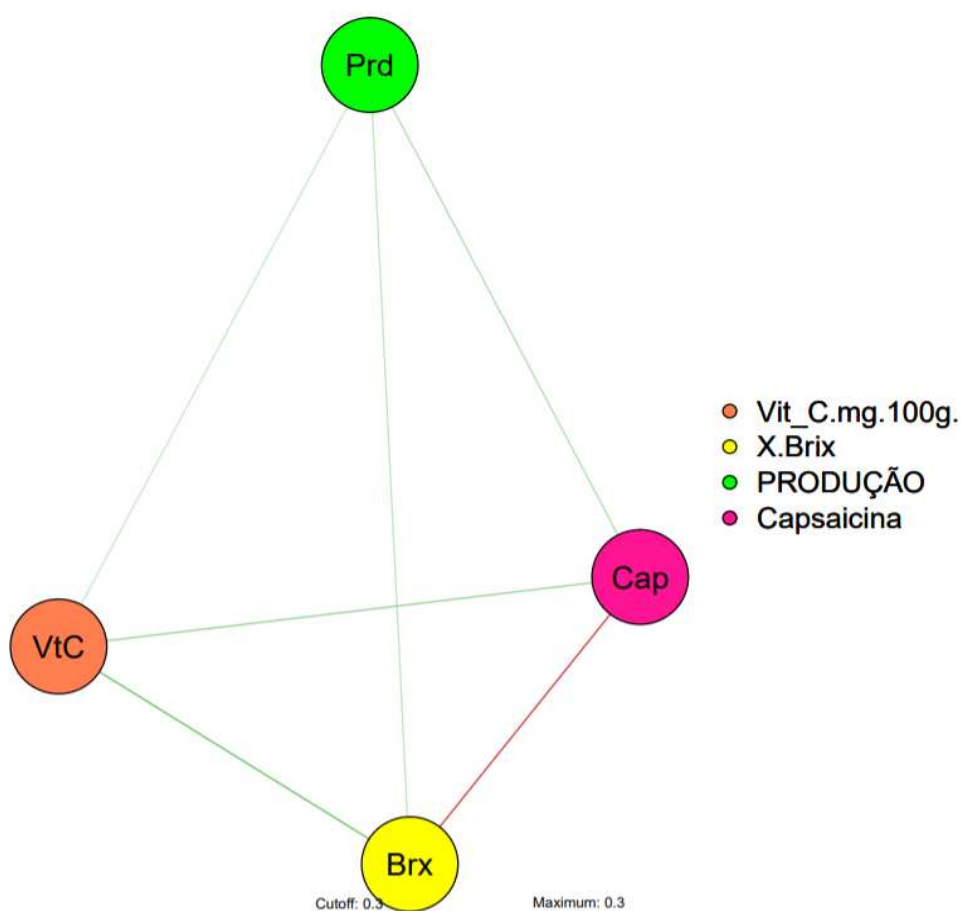


Figura 1 – Rede de correlação fenotípica entre acessos de *C. chinense*. As linhas verdes representam correlação positiva e as linhas vermelhas, correlações negativas entre as variáveis. VtC: vitamina C, Brx: °Brix, Cap: Capsaicina e Prd: Produção.

Pelo método de otimização de Tocher, os acessos foram subdivididos em 10 grupos (Tabela 5). Os grupos um e dois reuniram aproximadamente 60% dos acessos. Os grupos 9 e 10 compreenderam apenas um acesso cada um, 15 e 20, respectivamente. Os grupos 5, 6, 7 e 8 reuniram 21%. Já os grupos 3 e 4 foram formados por três acessos cada um deles: 12, 14, 13 e 5, 30, 22, respectivamente.

Tabela 5 – Grupos de acessos de *C. chinense* estabelecidos pelo método de otimização Tocher com base nos caracteres: produção, vitamina C, °Brix e capsaicina, com o uso da distância euclidiana média padronizada

Grupo		Acessos							
1	3	23	6	28	17	32	8	4	27
	18	10	1	9	31	38	35	25	16
2	11	24	26	34	19				
3	12	14	13						
4	5	30	22						
5	2	39							
6	7	21							
7	29	33							
8	36	37							
9	20								
10	15								

O grupo 1 reuniu quase 50% dos acessos, mostrando que, entre eles, a variabilidade é relativamente baixa. Isso se deve ao fato de o agrupamento de Tocher utilizar como critério, para inclusão ou exclusão de genótipos, a maior das menores distâncias genéticas, considerando todos os possíveis pares para cada genótipo.

Este método adota o critério de que a média das medidas de dissimilaridade de cada grupo deve ser menor que as medidas médias entre os grupos. Desse modo, tem-se a inclusão de genótipos a partir das menores medidas para as maiores. Desconsiderando-se os grupos formados, mas permanecendo a ordem de inclusões de cada elemento (Tabela 5), tem-se o primeiro acesso (3) mais divergente com relação ao último acesso (15); dessa forma, por exemplo, os primeiros acessos formam um grupo mais homogêneo, enquanto os últimos, os mais heterogêneos.

Os acessos BGH 1723 e 4508 (Bode vermelha) pertencentes ao grupo 1 se destacaram entre os demais por apresentarem os maiores valores de produção de frutos (kg/planta) e baixos teores de capsaicina ($\mu\text{g/g}$) (Tabela 6), constituindo-se em materiais com alto potencial para uso comercial.

Os acessos 2833 (De Cheiro), 289 (Olho de Ganso) e 3220 (De Cheiro), pertencentes aos grupos 4, 1 e 2, respectivamente, apresentaram valores intermediários de produção, maiores médias para °Brix e Vit C (Tabelas 2 e 6), o que representa alto potencial para uso comercial, tanto para consumo *in natura* quanto para o processamento industrial. Para a indústria são preferidos os frutos com teores mais elevados °Brix, pois, quanto maior esse

teor, maior o rendimento e menor o custo operacional (CAMILO et al., 2014), sendo a Vit C um componente muito importante, já que atua na prevenção de algumas doenças (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os acessos 4506 (Habanero BRS Nandai) e 4507 (Habanero BRS Juruti) pertencentes ao grupo 8, apresentaram médias altas para capsaicina (Tabela 3), as menores médias para a produção e médias intermediárias para °Brix (Tabelas 2 e 6). Com base em suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimutagênicas e quimiopreventivas da capsaicina, esta é descrita como alimento funcional (PINTO et al., 2013). Já para Vit C o acesso 4506 (Habanero BRS Nandai) apresentou a menor média e 4507 (Habanero BRS Juruti), a maior média (Tabela 2).

Os acessos 3701 (De Cheiro) e 3923 (Coração de Boi) pertencentes ao grupo 7, apresentaram as menores médias para Vit C, menores médias para °Brix e valores intermediários para produção (Tabelas 2 e 6).

O acesso 2821 (PI 152225) foi o único no grupo 9 e apresentou as menores médias para Vit C e °Brix. Baixas médias para produção e de capsaicina podem ter sido o motivo pelo qual esse acesso se manteve isolado em um grupo (Tabelas 2 e 6).

A análise de agrupamento, que também usa a informação de múltiplas variáveis respostas, tem como objetivo discriminar geneticamente os acessos. O agrupamento é feito de acordo com alguma medida de dissimilaridade, obtida previamente. No final, grupos de indivíduos são formados de maneira que indivíduos similares pertencerão ao mesmo grupo e indivíduos divergentes estarão em grupos distintos, e a formação desses grupos auxilia os melhoristas na escolha de genitores contrastantes, visando à possibilidade de combinações híbridas para maior exploração da heterose (CRUZ et al., 2012).

A utilização de caracteres multicategóricos é prática, econômica e demanda menor tempo quando comparada com caracteres quantitativos e moleculares (MARIM et al., 2009). Em muitas culturas, apesar de seus caracteres quantitativos mais trabalhosos, estes têm sido mais utilizados em estudos de diversidade por apresentarem importância comercial (GOMES, 2007). Neitzke et al. (2008) obtiveram a formação de oito grupos de Tocher a partir de 35 acessos. Os acessos apresentam grande diversidade fenotípica, e isso está presente mesmo em populações de acessos da mesma espécie. Essa diversidade reflete fenótipos variados naturalmente e frequentemente são características quantitativas que são influenciadas por uma interação da genética e do ambiente (KEURENTJES et al., 2009).

Tabela 6 – Resumo do agrupamento de Tocher, valores fenotípicos médios dos caracteres físico-químicos da espécie *C. chinense* em diferentes agrupamentos

Caracteres	Vitamina C ^a	°Brix	Produção	Capsaicina ^d
Grupo I	105,99 ^o (126.40 ^p - 84.66 ^q)	6.88 (10.93 – 9.2)	350.26 (965.13 – 117.32)	12705.58 (26907.49 – 4735.04)
Grupo II	128.51 (134.43 - 121.14)	7.61 (10.9 – 5.36)	492.12 (689.85 – 235.74)	23596.36 (28816.29 – 16081.78)
Grupo III	142.82 (152.82 - 134.69)	6.65 (7.83 – 5.73)	345.76 (469.92 – 132.26)	14242.67 (24628.72 - 8163.81)
Grupo IV	138.63 (141.55 - 132.93)	7.37 (9.96– 6.06)	290.59 (482.34 – 155.22)	11142 (17602.75 – 3994.32)
Grupo V	117.66 (117.49 - 117.84)	7.00 (7.57 – 6.43)	714.15 (766.83 - 661.46)	31601.35 (38544.69 – 24658.02)
Grupo VI	135.92 (136.46 - 135.38)	8.45 (9.66 – 7.23)	240.00 (248.25 – 231.75)	10132.02 (12832.31 – 7431.73)
Grupo VII	104.00 (109.87 - 98.12)	5.13 (5.2 – 5.06)	347.78 (359.97 – 335.59)	19989.82 (28983.68 – 10995.95)
Grupo VIII	120.80 (133.53-108.06)	7.18 (6.8 – 7.56)	186.85 (240.74 – 132.97)	54281.44 (60986,25 - 47576.02)
Grupo IX	88.35 (88.35 - 88.35)	4.33 (4.33 – 4.33)	500.02 (500.02 – 500.02)	7384,52 (7384.52 – 7384.52)
Grupo X	94.16 (94.16 - 94.26)	6.4 (6.4 – 6.4)	572.79 (572.79 – 572.79)	12225.99 (12225.99 – 12225.99)

^{ad} Caracteres físico-químicos e produção.

^{o, p e q} Valores de média, máximo e mínimo, respectivamente, do caractere dentro do grupo.

4 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a presença de diversidade genética entre os acessos de *C. chinense* avaliados.

A diversidade genética entre os acessos, com base nos caracteres físico-químicos e na produção, permite a escolha de materiais divergentes com potencial uso em programas de melhoramento.

Conforme a metodologia de Tocher, com base na distância euclidiana média os acessos foram reunidos em 10 grupos, demonstrando que existe considerável variabilidade entre eles.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Cinthia Grazielle Carvalho; SILVA, Marcio Lopes da; SALLES, Thiago Taglialegra. Fatores Impactantes no Valor Bruto da Produção de Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) no Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e00145615, Epub September 12, 2017. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.145615>>.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 19. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2012. 3000 p.

BORGES-GOMEZ, L.; CÁRDENAS, L.C.; NOVELO, J.R.; FREGOSO, M.S.; OREGEL, V.R.; COUOH, E.V. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense*) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. **Terra Latinoamericana**, v. 28, p. 35-41, 2010.

BOSLAND, P.W. Breeding for quality in Capsicum. **Capsicum Eggplant Newsl.**, v. 12, p. 25-31, 1993.

BOSLAND, P.W. Breeding for quality in Capsicum. In: ———. **Capsicum and Eggplant Newsletter**. [S.l. : s.n.t.], 1993. p. 25-31.

BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E.J. Peppers: **Vegetable and Spice Capsicums**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 204.

BRAGA, T.R.; PEREIRA, R.A.; SILVEIRA, M.R.S. da; SILVA, L.R. da; OLIVEIRA, M.M.T. de. Caracterização físico-química de progênies de pimentas (*Capsicum frutescens* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 112, n. 1, p. 6-10, 2013.

BRAGA, T.R.; PEREIRA, R.C.A.; SILVEIRA, M.R.S.; SILVA, L.R.; SILVA, A.R.; OLIVEIRA, M.M.T. Physical-chemistry characterization of chili peppers progenies grown in Paraipaba-CE. **SCIENTIA PLENA**, v. 9, n. 5, 2013.

BUCZKOWSKA, H. et al. Relationships of the capsaicinoid content between the fruit parts of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). **Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus**, v. 15, n. 4, p. 185-198, 2016.

CAMILO, Y.M.V.; SOUZA, E.R.B. de; VERA, R.; NAVES, R.V. Caracterização de frutos e seleção de progênies de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.). **Científica**, v. 42, n. 1, p. 1-10, 2014.

CAMILO, Y.M.V.; SOUZA, E.R.B. de; VERA, R.; NAVES, R.V. Caracterização de frutos e seleção de progênies de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.). **Científica**, v. 42, n. 1, p. 1-10, 2014.

CARVALHO, A.V.; MATTIETTO, R. de A.; RIOS, A. de O.; MORESCO, K S. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 399-408, out./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253032707009>>.

CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras, MG: UFLA, 2005. 785 p.

COSTA, L.M.; MOURA, N.F.; MARANGONI, C. et al. Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 30, supl.1, maio 2010.

COSTA, M.J.C.; TERTO, A.L.Q.; SANTOS, L.M.P. Efeito da suplementação com acerola nos níveis sanguíneos de vitamina C e de hemoglobina em crianças pré-escolares. **Rev. Nutr.** **Ab.**, v. 14, p. 13-20, 2001.

CRISÓSTOMO, J.R.; FURTADO, R.F.; BARRETO, P.D.; MIRANDA, F.R. Cultivo de Pimenta Tabasco no Ceará. In: MELO, M.A.R. (Ed.). **Pesquisa e Desenvolvimento para o Agronegócio Pimenta no Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. p. 1-36.

CRISÓSTOMO, J.R.; FURTADO, R.F.; BARRETO, P.D.; Miranda, F.R. Cultivo de Pimenta Tabasco no Ceará. In: MELO, M.A.R. (Ed.). **Pesquisa e Desenvolvimento para o Agronegócio Pimenta no Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. p. 1-36.

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. v. 3, p. 480.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4th edn. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 514 p.

CRUZ, D.M.R.; MAKISHIMA, N. **Cultivo da pimenta: clima**. 2007. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/sistemas_producao/cultivo_da_pimenta/clima.htm>. Acessado em: 6 ago. 2013.

DAGNOKO, S.; YARO-DIARISSO, N.; SANOGO, P.N.; ADETULA, O.; DOLO-NATOUMÉ, A.; GAMBY-TOURÉ, K.; TRAORÁ-THÉRA, L.; KATILÉ, S.; DIALLO-BA, D. Overview of pepper (*Capsicum* spp.) breeding in West Africa. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 1108-1114, 2013.

DOMENICO, C.I.; COUTINHO, J.P.; GODOY, H.T.; MELO, A.M.T. Caracterização agronômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 466-472, 2012.

DOMENICO, C.I.; COUTINHO, J.P.; GODOY, H.T.; MELO, A.M.T. Caracterização agronômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 466-472, 2012.

EPSKAMP, S.; CRAMER, A.O.J.; WALDORP, L.J.; SCHMITTMANN, V.D.; BORSBOOM, D. qgraph: network visualizations of relationships in psychometric data. **Journal of Statistical Software**, v. 48, p. 1-18, 2012.

FERREIRA, L.L.; OLIVEIRA, F.S.; ALMEIDA, A.E.D.S.; LOIOLA, A.T.; SANTOS, E.C.D.; PORTO, V.C.N. Caracterização físico-química de frutos de pimentão em diferentes acessos mercadológico. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 1, p. 99-103, 2013.

GAIA, J.M.D.; MOTTA, M.G.C.; DERBYSHIRE, M.T.V.C.; OLIVEIRA, V.R.; COSTA, M.R.; MARTINS, C.S. et al. Caracterização de acessos de pimenta-do-reino com base em sistemas enzimáticos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 333-342, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362007000300004>>.

GOMES, C.N. **Caracterização morfoagronômica e diversidade genética em mandioca *Manihote sculenta* Crantz**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

GONÇALVES, L.S.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A.T.; KARASAWA, M. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, p.1289-1297, 2008.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S.; GARCÉS-CLAVER, A.; MALLOR, C.; DE MIERA, L. E. S.; FAYOS, O.; POMAR, F.; MERINO, F.; SILVAR, C. New insights into *Capsicum* spp relatedness and the diversification process of *Capsicum annuum* in Spain. **PloS one**, 9, e116276, 2014.

GONZÁLEZ-ZAMORA, A. et al. Characterization of different capsicum varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. **Molecules**, v. 18, n. 11, p. 13471-13486, 2013.

GUILLEN, Narda Gavilán; TITO, Richard; MENDOZA, Norma Gamarra. Capsaicinoids and pungency in *Capsicum chinense* and *Capsicum baccatum* fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 237-244, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4852334>>.

HELYES, L.; PÉK, Z.; LUGASI, A. Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity. **HortScience**, v. 41, p. 1400-1401, 2006.

KEURENTJES, J.J.; SULPICE, R. The role of natural variation in dissecting genetic regulation of primary metabolism. **Plant signaling & Behavior**, v. 4, p. 244-246, 2009.

KIRSCHBAUM-TITZE, P.; HIELPLER, C.; MUELLER-SEITZ, E.; PETZ, M. Pungency in paprika (*Capsicum annum*). I. Decrease of capsacionoid contente following cellular diruption. **Journal of Agricultural and foos Chemistry**, v. 50, n. 5, p. 1260-1263, 2002.

KOE, D.A.S.; KOSUK, E.S.; KENIC, H.I.T.; YOSHIYUKI, T.; RIHITO, T.; MUNETAKA, H.; MOTOAKI, D.; TETSUYA, N.; AKIRA, K. Analysis of non-pungency, aroma, and origin of a *Capsicum chinense* cultivar from a Caribbean Island. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**. 2014. (no prelo). doi: 10.2503/jjshs1.CH-105.

LANNES, S.D.; FINGER, F.L.; SCHUELTER, A.R.; CASALI, V.W. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 112, p. 266-270, 2007a.

LIM, T.K. **Edible medicinal and non-medicinal plantas *Capsicum baccatum* var. *pendulum***, v. 6, p. 202, 2013.

MAILLARD, M.N.; GIAMPAOLI, P.; RICHARD, H.J. Analysis of eleven capsaicinoids by reversed-phase high performance liquid chromatography. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 12, p. 409-413, 1997.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Método para determinação de ácido ascórbico**. Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres. Método 22, 2013. 3 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos-metodos-da-area-bev-iqa/met-beb-006_001-metodo-para-determinacao-de-acido-ascorbico.pdf/view>. Acesso em: 26 mar. 2019.

MARIM, B.G.; SILVA, D.J.H.; SAMPAIO JÚNIOR, J.D.; CARNEIRO, P.C.S.; MIRANDA, G.V.; MATTEDI, A.P.; CALIMAN, F.R.B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1283-1290, 2009.

MATTOS, L.M.; MORETTI, C.L.; HENZ, G.P. **Protocolos de avaliação da qualidade química e físicas de pimentas (*Capsicum* spp.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. (Comunicado Técnico, 50).

MOREIRA, G.R.; CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; RIBEIRO, C.S.C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 235, p. 16-29, 2006.

NARDA GAVILÁN GUILLEN, Richard Tito; MENDOZA, Norma Gamarra. Capsaicinoids and pungency in *Capsicum chinense* and *Capsicum baccatum* fruits ISSN 1983-4063 – www.agro.ufg.br/pat. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 48, n. 3, p. 237-244, jul./sep. 2018.

NEITZKE R.S. et al. **Divergência genética entre variedades locais de *Capsicum baccatum* utilizando caracteres multicategóricos** Magistra, v. 20, n. 3, p. 249-255, 2008. Disponível em: Acesso em: 11 set. 2015.

NWOKEM, C.O.; AGBAJI, E.B.; KAGBU, J.A.; EKANEM, E.J. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria. **Science Journal**, v. 3, p. 17-21, 2010.

NWOKEM, C.O.; AGBAJI, E.B.; KAGBU, J.A.; EKANEM, E.J. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria. **NY Sci. J.**, v. 3, p. 17-21, 2010.

PANDHAIR, V.; SHARMA, S. Accumulation of capsaicin in seed, pericarp and placenta of *Capsicum annuum* L. fruit. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 23-27, 2008.

PAULA, F.L.M.; PAULA, A.L.; FRIZZONE, J.A.; VILAS BOAS, M.A.; GOMES, A.W.A.; SOUZA, C. Concentração de capsaicinóides em pimenta Tabasco com doses de CO₂ aplicadas via irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 390-394, 2017. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170312>.

PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; SANTIN, A.; TOFFOLI, E.; PAULUS, E. Crescimento, produção e qualidade de frutos de pimenta (*Capsicum annuum*) em diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 091-100, 2015. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100015>.

PAULUS, Dalva; VALMORBIDA, Raquel; SANTIN, Anderson; TOFFOLI, Ezequiel; PAULUS, Eloi. Crescimento, produção e qualidade de frutos de pimenta (*Capsicum annuum*) em diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 91-100, 2015. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100001>>.

PICKERSGILL, B. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). **Evolution**, p. 683-691, 1971.

PINTO, C.M.F.; SANTOS, I.C.; PINTO, F.A. Cultivo da pimenta (*Capsicum* spp.). In: RÊGO, E.R.; FINGER, F.L.; RÊGO, M.M. **Produção, genética e melhoramento de pimentas (Capsicum spp)**. Recife: Imprima, 2011. p. 11-51.

PINTO, C.M.F.; SANTOS, I.C.; PINTO, F.A. Cultivo da pimenta (*Capsicum* spp.) In: RÊGO, E.R.; FINGER, F.L.; RÊGO, M.M. **Produção, genética e melhoramento de pimentas (Capsicum spp)**. Recife: Imprima, 2011. p. 11-51.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Available at: accessed on: March 18 2019.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. **Genética Quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: UFG, 1993. 272 p.

RAO, C.R. **Advanced statistical methods in biometrical research**. New York: Edn. I John Wiley and Sons, 1952.

REBELLO, F.K.; SANTOS, M.A.; HOMMA, A.K.O. Modernização da agricultura nos municípios do Nordeste Paraense: determinantes e hierarquização no ano de 2006. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 9, n. 2, p. 209-232, 2011.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Embrapa Hortaliças, 2000. 113 p.

ROSADO, R.D.S.; ROSADO, L.D.S.; CREMASCO, J.P.G.; SANTOS, C.E. M. DOS; DIAS, D. C. F. DOS S.; CRUZ, C. D. Genetic divergence between passion fruit hybrids and reciprocals based on seedling emergence and vigor. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 4, p. 417-425, 2017.

ROSMAINA, Syafrudin; HASROL; Yanti F; JULIYANTI, Zulfahmi Estimation of variability, heritability and genetic advance among local chili pepper genotypes cultivated in peat lands. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 22, n. 3, p. 431-436, 2016.

SANATOMBI, K.; SHARMA, G.J. *Capsaicin* content and pungency of different *Capsicum* spp. cultivares. **Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.**, v. 36, n. 2, p. 89-90, 2008.

SANTANA, L.R.R.; MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 217-222, 2004.

SEGATTO, F.B. **Avaliação da qualidade “pós-graduação” de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.) cultivada em vaso**. 2007. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SEGATTO, F.B. **Avaliação da qualidade de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.) cultivada em vaso**. 2007. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SILVA, A.R. da; RÊGO, E.R. do; PESSOA, A.M.S.; RÊGO, M.M. Correlation network analysis between phenotypic and genotypic traits of chili pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 372-377, 2016.

SILVA, L.R.; BRAGA, T.R.; OLIVEIRA, M.M.T.; PEREIRA, R.C.A.; SILVEIRA, M. R.S. Caracterização físico-química de progênies de pimentas (*Capsicum frutescens* L.) cultivadas em São Benedito-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2010, Natal. **Anais...** Natal, 2010. CD-ROM.

SUDRÉ C.P.; CRUZ C.D.; RODRIGUES, R.; RIVA, E.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; SILVA, D.J.H.; PEREIRA, T.N.S. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24 n. 1, p. 88-93, 2006

SURH, Y.J.; LEE, E.; LEE, J.M. The capsaicin study. **Mutation Research**, v. 41, p. 259-267, 2002.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

ZHUANG, Y. et al. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. **Journal of Functional Foods**, Philadelphia, v. 4, n. 1, p. 331-338, 2012.