

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ESTUDO DA VARIABILIDADE GENÉTICA POR MEIO DE CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS EM VARIEDADES DE *Capsicum spp.*

Vinicius Alves Porto Rodrigues¹, Felipe Cruz Paula², Bárbara Caetano Ferreira³,
João Carlos Cansian Junior⁴, Monique Moreira Moulin³.

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, S/N - Guararema, 29500-000, Alegre - ES, Brasil, viniciusbio1311@gmail.com.

²Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes - RJ, felipe.cpaula64@gmail.com.

³Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Ifes Campus de Alegre, Rodovia ES-482 (Cachoeiro-Alegre), Km 72 – Rive – 29500000 – Alegre – ES, Brasil, barbaracfbio@gmail.com, joaocj27@gmail.com, mmmoulin@ifes.edu.br.

Resumo

A pimenta (*Capsicum spp.*), encontrada comumente processada ou *in natura* no mercado alimentício, apresenta mais de quarenta e uma espécies distintas, sendo cinco delas domesticadas. No entanto, poucos são os estudos envolvendo suas propriedades. Assim, este trabalho teve como foco investigar a variabilidade genética por meio das características bromatológicas, de 10 variedades de *Capsicum spp.* Para isso, foram realizados três etapas: plantio, dado em DBC; análises bromatológicas dos frutos; e análise estatística dos dados por meio do software R com o pacote *Multivariate Analysis*, utilizando-se a matriz de distância genética de Mahalanobis e o agrupamento pela metodologia UPGMA. Os resultados obtidos demonstraram que o acesso IFES_28 se diferenciou dos demais, tendo maiores valores de diâmetro do fruto, sólido solúveis totais e teor de cinzas, baixos valores de peso do fruto, número de sementes, espessura do pericarpo, umidade e teor de capsaicina, que apresentaram valores de rendimento, bom valor sensorial, teor de capsaicina e durabilidade pós-colheita. O que demonstra uma eficiência para caracterização a partir das análises obtidas.

Palavras-chave: Diversidade genética. Capsaicina. Pimenta.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas - Genética

Introdução

A pimenta (*Capsicum spp.*) é uma planta do gênero *Capsicum*. Sua origem é delimitada geograficamente entre o sul do território mexicano e o norte da região amazônica, conforme relatado por diversos autores (TRIPODI; KUMAR, 2019; VÁZQUEZ-ESPINOSA *et al.*, 2020). Dentro desse gênero, estão catalogadas um total de 41 espécies distintas. Dentre elas, somente cinco espécies foram domesticadas para cultivo: *C. annum*, *C. baccatum*, *C. frutescens* e *C. chinense*, conforme documentado por diferentes fontes (BARBOZA; BIANCHETTI; STEHMANN, 2020; CARRIZO GARCÍA *et al.*, 2016).

Nos últimos tempos, a maior parte do mercado de pimentas é integrada ao comércio de produtos alimentícios, incluindo formas *in natura* e processadas, como molhos, conservas, geleias, pápricas, corantes e aromatizantes (SILVA *et al.*, 2020; VÁZQUEZ-ESPINOSA *et al.*, 2020). Além disso, por meio do cultivo, é possível gerar outros produtos para atender várias demandas do mercado, como plantas ornamentais, repelentes de insetos, sprays de autodefesa e compostos benéficos para a saúde (FERRAZ *et al.*, 2016; VÁZQUEZ-ESPINOSA *et al.*, 2020).

No entanto, apesar da ampla utilização de suas espécies, o gênero em questão permanece pouco estudado (SILVAR; GARCÍA-GONZÁLEZ, 2016). Dessa forma, uma compreensão mais aprofundada da variabilidade genética presente no referido gênero pode fornecer suporte para a conservação, programas de melhoramento e resolução dos desafios associados à sua cultura (FERRAZ *et al.*, 2016; MOREIRA *et al.*, 2018). Junto a isso, um atributo pouco explorado, é o de análise bromatológica que desempenha um papel de relevância na caracterização dos acessos, fornecendo *insights* sobre a biomassa vegetal e, portanto, oferecendo possibilidades para a diversificação de aplicações dos compostos contidos nos frutos (GÓMEZ; MORA, 2019; RODA; LAMBRI, 2019), como a determinação de intensidade de pungência ocasionada pela capsaicina.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Conhecer as características do vegetal possibilita atender a distintos padrões de consumo e oferecer contribuições substanciais para o aprimoramento de *Capsicum spp.*, conforme observado por BIANCHI *et al.* (2020). Com base nas informações apresentadas, o propósito fundamental deste estudo consistiu em investigar a variabilidade genética por características bromatológicas, de 10 variedades de *Capsicum spp.*, visando que os mesmos possuem relevância econômica e nutricional.

Metodologia

Para a condução do experimento, para o plantio, foi realizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com 4 repetições por tratamento (uma planta por parcela) e sem parcelas perdidas. Aos 150 dias de plantio, foram realizadas as avaliações bromatológicas no Laboratório de Química Aplicada do IFES de Campus de Alegre, com a análise de: sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), umidade (UM), cinzas da amostra integral (TC), quantidade de capsaicina (CAPS) e potencial hidrogeniônico (pH).

Para as análises bromatológicas, através da adição de duas gotas do suco concentrado de pimenta no refratômetro manual, obteve-se os valores de sólidos solúveis totais. O pH dos frutos foi mensurado com um pHmetro portátil (Água Phmetro Piscina Cloro Aquário), em uma solução de 1 mL de suco concentrado de pimenta e 20 mL de água destilada (VILAS BOAS *et al.*, 2008). As análises de acidez total titulável, umidade e cinzas da amostra integral, foram realizadas de acordo com o recomendado pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

O teor de capsaicina dos frutos foi estimado com a secagem prolongada dos frutos (45°C por 48 horas) em estufa de circulação e renovação de ar (MARCONI, modelo MA 035/5), as amostras resultantes foram trituradas (MARCONI, modelo MA 048) e 10 g de pó (com granulometria entre 10 e 65 mesh) foram colocados em compartimentos de celulose. Após, os compartimentos foram colocados no extrator de lipídeos Soxhlet que estava acoplado a um balão de fundo chato, após etanol 99,8% foi adicionado no balão para o começo do processo de extração (FISATOM, modelo 22/6), ficando o balão sob a temperatura de 80 °C com refluxo de 5 horas. Adiante, a oleorresina presente nos balões foi separada do solvente pelo rotaevaporador (FISATOM, modelo 550). Sendo a oleorresina acondicionada em eppendorfs e armazenada em temperatura baixa para que massa de extrato acumulada se tornasse constante em refrigerador doméstico.

Posteriormente, foram colocados aproximadamente 0,05g de oleorresina em um balão volumétrico de 25 mL que foi completado com álcool absoluto. Em seguida, 1 mL do extrato já diluído e mais 9 mL de álcool absoluto foram colocados em tubos de ensaio, configurando na diluição requerida para a análise de absorbância. De modo a determinar concentração da capsaicina, os valores de absorbância foram obtidos no comprimento de onda 282 nm, no espectrofotômetro UV-Vis (TECHNOLOGIES, modelo Cary 60 UV-Vis), com a utilização da cubeta de quartzo e álcool absoluto como branco.

Para as análises estatísticas, os dados quantitativos foram submetidos ao software estatístico R, onde através do pacote *Multivariate Analysis* foi possível gerar um dendrograma, pela matriz de distância genética de Mahalanobis e o agrupamento pela metodologia (UPGMA), além disso, com o mesmo pacote foi possível realizar uma análise de variáveis canônicas.

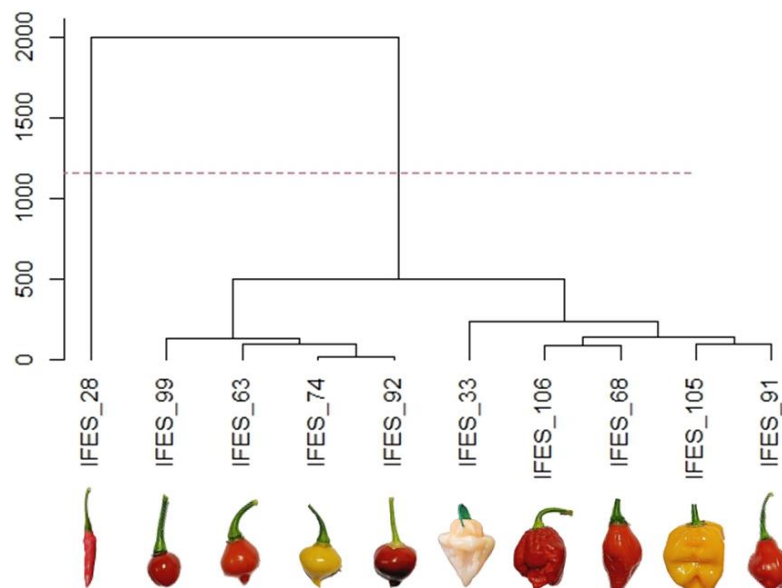
Resultados

No dendrograma (Figura 1) foram obtidos dois grupos conforme o critério de corte de Mojena (1977) para determinar a dissimilaridade genética. Com o auxílio do gráfico de calor (Figura 2) foi possível uma visualização das diferenças entre os genótipos, considerando o padrão de cor, onde o vermelho representa baixos valores para os caracteres bromatológicos e azul altos valores para os mesmos.

Desta forma destaca-se, o grupo I formado pelo acesso IFES_28, que possui os maiores valores para as características, diâmetro do fruto, sólido solúveis totais e teor de cinzas, além de baixos valores para o peso por fruto, número de sementes por fruto, espessura do pericarpo, umidade e teor de capsaicina da amostra seca. O grupo II foi representado pelo restante dos acessos, que foi caracterizado por altos valores de peso do fruto e umidade; baixos valores de sólidos solúveis totais e teor de cinzas, além de valores medianos para o teor de capsaicina da amostra seca.

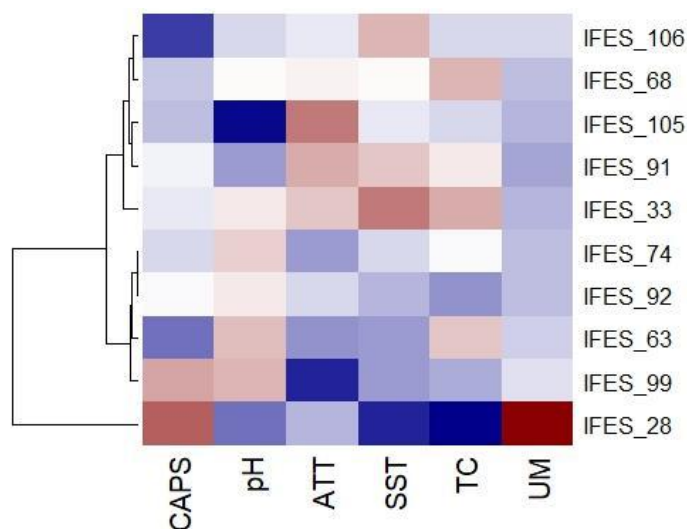
A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Figura 1 – Dendrograma de dissimilaridade genética de 10 acessos de pimenta, formado através da distância de Mahalanobis e método de agrupamento UPGMA.



Fonte: Os autores, ,2023.

Figura 2 – Gráfico de calor para a interpretação do dendrograma de dissimilaridade genética de 10 acessos de pimenta, associados a caracteres bromatológicos.



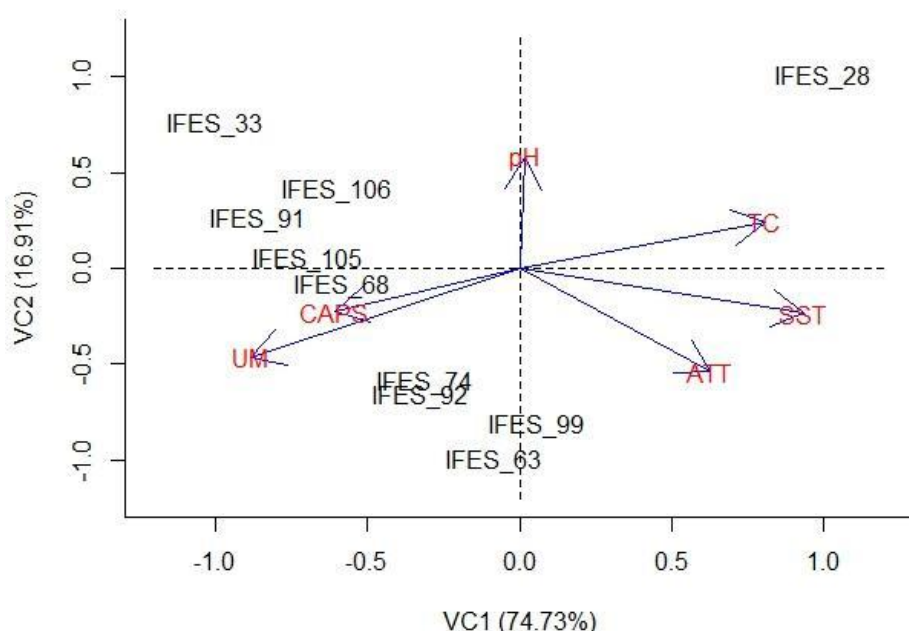
Fonte: Os autores, 2023.

Por meio da análise variáveis canônicas (Figura 3) foi possível uma melhor visualização da distribuição dos acessos considerando suas distâncias e proximidades. O método nos possibilitou uma simplificação dos dados, com as duas variáveis canônicas, explicaram 91,6% da variação existente.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Também foi possível uma visualização da correlação entre as características, com a quantidade de capsaicina tendo forte relação com a umidade.

Figura 3 – Gráfico de dispersão das variáveis canônicas do presente estudo.



Fonte: Os autores, 2023.

Discussão

Na matriz de distância de Mahalanobis, os indivíduos mais próximos foram IFES_74 e IFES_92, já os acessos mais distantes foram IFES_28 e IFES_33. Neste contexto, genótipos que apresentam maiores diferenças são mais propícios para cruzamentos artificiais, por possibilitarem uma maior heterose (vigor híbrido) (CARMONA *et al.*, 2015; MELO *et al.*, 2019).

O grupo I formado pelo acesso IFES_28, teve o genótipo mais divergente entre os demais, além disso, possui inúmeras vantagens comerciais. Para os sólidos solúveis totais (SST) foi observado que o acesso IFES_28 apresentou o maior teor (12°Brix), conferindo melhor valor sensorial e ao maior rendimento no processamento (BORGES *et al.*, 2015).

O teor de cinzas do acesso IFES_28, se destacou como o maior entre os genótipos do presente estudo (2,11%) e maior em comparação com outros estudos (SANTOS *et al.*, 2020). Quanto maior a quantidade desses minerais, maior a contribuição do fruto para com as demandas nutricionais da dieta humana (MARTINEZ *et al.*, 2021). O acesso IFES_28 também apresenta maior durabilidade em períodos seguintes à colheita, por possuir frutos com menores umidades (REBOUÇAS; VALVERDE; TEIXEIRA, 2013).

O grupo II, formado pelos acessos IFES_33, IFES_63, IFES_68, IFES_74, IFES_91, IFES_92, IFES_99, IFES_105 e IFES_106. Destacaram neste grupo os acessos IFES_63 e IFES_106, com as maiores quantidades de capsaicina por massa. Na característica pH o acesso IFES_74 (3,98) se destacou com o menor valor, o que pode contribuir para uma maior durabilidade e resistência à deterioração dos frutos (BORGES *et al.*, 2015).

A quantidade de capsaicina presente nos frutos é de grande importância para descrever quais acessos são mais ou menos pungentes, visto que podem atender aos diferentes perfis de consumo e

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

contribuírem para com informações importantes ao melhoramento de *Capsicum spp.* (BIANCHI *et al.*, 2020). Neste contexto, acessos como o IFES_106 e IFES_63, são opções viáveis para os consumidores que apreciam pimentas de maior pungência, além de propiciar uma redução dos custos para extração da capsaicina, visto que, apresentam uma maior quantidade deste composto em seus frutos.

Conclusão

A caracterização bromatológica foi eficiente para estimar a variabilidade genética mantida no Banco de Germoplasma de pimenta do Ifes Campus de Alegre. A disponibilização destas informações permite ofertar aos produtores e ao mercado consumidor variedades de pimenta conforme suas necessidades e finalidades (consumo in natura, processados, remédios, dentre outros).

A pesquisa disponibiliza importantes informações sobre os acessos, como o acesso IFES_28, que por apresentar maiores teores de sólidos solúveis totais, maior quantidade de cinzas e frutos com menor umidade, apresentam um maior rendimento no processamento, bom valor sensorial e, durabilidade pós-colheita. O acesso IFES_28, conhecido comumente como pimenta malagueta, também apresentou o menor valor para o teor de capsaicina (44,54 mg/g) e o acesso IFES_106 apresentou o maior teor (190,8mg/g).

Nesta perspectiva, a compreensão mais profunda das características genéticas das espécies dentro desse gênero, os cientistas e agricultores podem selecionar variedades mais resistentes a pragas, adaptações climáticas e melhor qualidade de produção, garantindo assim a preservação de recursos naturais e a segurança alimentar no futuro (FERRAZ *et al.*, 2016; MOREIRA *et al.*, 2018).

Referências

- BARBOZA, G. E.; BIANCHETTI, L. DE B.; STEHMANN, J. R. *Capsicum carassense* (Solanaceae), a new species from the Brazilian Atlantic Forest. **PhytoKeys**, v. 140, p. 125–138, 2020.
- BIANCHI, P. A. *et al.* Biomorphological characterization of Brazilian *Capsicum chinense* Jacq. Germplasm. **Agronomy**, v. 10, n. 3, 2020.
- BORGES, K. M. *et al.* Caracterização morfoagronômica e físico-química de pimentas em Roraima. **REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE**, v. 9, n. 3, p. 292–299, 7 out. 2015.
- BRASIL. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**. 1a ed. Digital, 4ª ed. São Paulo, 2008.
- CARMONA, P. A. O. *et al.* Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando descritores morfoagronômicos das raízes. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 241–250, 2015.
- CARRIZO GARCÍA, C. *et al.* Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). **Annals of Botany**, v. 118, n. 1, p. 35–51, 1 jul. 2016. Agradecimentos.
- FERRAZ, R. M. *et al.* Caracterização morfoagronômica preliminar de acessos de pimentas cumari. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 498–506, 1 out. 2016.
- GÓMEZ, J. M.; MORA, W. P. **Aprovechamiento de residuos agroindustriales de la industria vinícola del valle de sáchica**. Bogotá, 2019.
- MARTINEZ, M. *et al.* Agronomic, physical–chemical and sensory evaluation of pepper hybrids (*Capsicum chinense* Jacquin). **Scientia Horticulturae**, v. 277, 5 fev. 2021. MELO, A. V. DE *et al.* Divergência genética entre híbridos de milho em condições de deficiência hídrica. **Revista de Agricultura Neotropical**, n. L, p. 66–75, 2019.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Mojema, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: An evaluation. **The Computer Journal**, 20(4), 359–363, 1997. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/comjnl/20.4.359>

MOREIRA, A. F. P. et al. Genetic diversity, population structure and genetic parameters of fruit traits in *Capsicum chinense*. **Scientia Horticulturae**, v. 236, p. 1–9, 16 jun. 2018.

REBOUÇAS, T. N.; VALVERDE, R. M.; TEIXEIRA, H. L. Bromatologia da pimenta malagueta in natura e processada em conserva. **Horticultura Brasileira**, p. 163–165, 2013.

RODA, A.; LAMBRI, M. Food uses of pineapple waste and by-products: a review. **International Journal of Food Science and Technology** Blackwell Publishing Ltd, 1 abr. 2019.

SANTOS, B. C. et al. Estabilidade de pimentas malagueta (*Capsicum frutescens*) em conserva durante armazenamento à temperatura ambiente. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 56214–56231, 2020.

SILVA, L. DOS S. N. DA et al. Diversidade genética em genótipos de *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) promissores para uso ornamental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 17, p. 1165–1174, 2020.

SILVAR, C.; GARCÍA-GONZÁLEZ, C. A. Deciphering genetic diversity in the origins of pepper (*Capsicum* spp.) and comparison with worldwide variability. **Crop Science**, v. 56, n. 6, p. 3100–3111, 1 nov. 2016.

TRIPODI, P.; KUMAR, S. **The Capsicum Crop: An Introduction**. Em: [s.l: s.n.]. p. 1–8.

VÁZQUEZ-ESPINOSA, M. et al. Changes in capsiate content in four chili pepper genotypes (*Capsicum* spp.) at different ripening stages. **Agronomy**, v. 10, n. 9, 1 set. 2020.

VILAS BOAS, E. V. B. et al. Medidas de qualidade. **Lavras: Universidade federal de Lavras**, 2008.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo - FAPES.