

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

Recursos genéticos de pimentas *Capsicum* e a sua multiplicidade de usos

Jéssica Gonsalez Cruz

Pelotas, 2022

Jéssica Gonzalez Cruz

Recursos genéticos de pimentas *Capsicum* e a sua multiplicidade de usos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências (área do conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientadora: Rosa Lía Barbieri, Dr^a. – Embrapa Clima Temperado

Coorientadora: Raquel Silviana Neitke, Dr^a. – Instituto Federal Sul-rio-grandense

Coorientadora: Márcia Vizzotto, Dr^a. – Embrapa Clima Temperado

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C955r Cruz, Jéssica Gonzalez

Recursos genéticos de pimentas *Capsicum* e a sua multiplicidade de usos / Jéssica Gonzalez Cruz ; Rosa Lía Barbieri, orientadora ; Raquel Silvana Neitzke, Márcia Vizzotto, coorientadoras. — Pelotas, 2022.

67 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Caracterização bioquímica. 2. Caracterização morfológica. 3. Pré-melhoramento. 4. Plantas ornamentais. 5. Relações etnobotânicas. I. Barbieri, Rosa Lía, orient. II. Neitzke, Raquel Silvana, coorient. III. Vizzotto, Márcia, coorient. IV. Título.

CDD : 633.84

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca examinadora:

Dr^a. Rosa Lía Barbieri (Presidente)

Dr^a. Caroline Marques Castro – Embrapa Clima Temperado

Dr^a. Daniela Priori- Centro de Ensino Superior Riograndense

Dr. Ênio Egon Sosinski – Embrapa Clima Temperado

Ao meu filho Martín e ao meu esposo Miguel

Dedico

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela saúde e pela força em enfrentar as adversidades de uma pandemia. Pelos momentos em que me senti cansada e com dificuldade, mas sempre me senti amparada pela fé. Ousaria dizer que sonhei com este momento minha vida toda. Quando criança poderia nem saber o que era um doutorado, mas por ter origem humilde, meus pais sempre deixaram claro que educação seria o único bem que poderiam me deixar. Hoje espero ser a primeira doutora da família e devo isso a eles. Agradeço a vocês, pai e mãe por sempre fazerem de tudo para que eu e meus irmãos tivéssemos a oportunidade de estudar e sim, agarrei com unhas e dentes e hoje dedico a vocês e aos meus irmãos Vinícius e Camila, que será a próxima doutora.

Não teria como escrever os agradecimentos da minha tese sem mencionar aquele que esteve no meu lado ao longo dessa trajetória, segurou minha mão, me apoiou, incentivou, enxugou minhas lágrimas e comemorou as minhas conquistas, meu esposo Miguel Ângelo. Te agradeço imensamente por fazer parte não só desse momento, mas da minha vida.

Meu filho, Martín, está a caminho, mas deixo para posteridade meus agradecimentos a ele também. Ele se comportou muito bem na barriga da mamãe. Filho te dedico essa conquista, pois por muitas vezes pensei que não iria conseguir terminar o doutorado antes do prazo, mas fiz isso por ti, para poder me dedicar integralmente a ti no teu primeiro ano de vida.

Minha gratidão a minha orientadora Rosa Lía Barbieri. Eu poderia escrever parágrafos sobre ela como profissional, mas tenho certeza que todos sabem da competência dela. Eu quero destacar é o lado humano desta mulher que sempre me incentivou, a qual nunca faltou uma palavra amiga e foi essencial para a finalização desta etapa com saúde mental, coisa que infelizmente está cada vez mais rara na pós-graduação.

Às minhas coorientadoras Raquel Neitzke e Márcia Vizzotto, agradeço pelo auxílio na realização dos trabalhos, por terem compartilhado comigo o conhecimento de vocês. Também gostaria de agradecer a oportunidade de trabalho e os ensinamentos da Dr^a. Araceli Aguillar-Meléndez, pesquisadora da Universidade de Veracruz no México, a qual foi de suma importância para a realização do último artigo.

Agradeço as minhas colegas queridas de laboratório, a Claudete, a Marene, a Daniela e a Júlia. Ao longo destes anos pude contar com a ajuda de vocês em diversas etapas e agradeço muito por isso.

Como prometido, um parágrafo inteiro de agradecimentos só pra ela, Tatieli Silveira. Minha colega, amiga, coautora, estatística, psicóloga, entre outras atribuições. Amiga, sempre disse que esta conquista é nossa. Obrigada por toda ajuda e carinho durante esses 4 anos.

Gratidão aos professores do Programa de Pós graduação em Agronomia, pelos ensinamentos. A Universidade Federal de Pelotas por ter sido minha segunda casa nos últimos 12 anos, sou grata a esta instituição pública que proporciona ensino de qualidade, por ter me oportunizado a qualificação acadêmica. Agradeço ao CNPq pela concessão de bolsa e a Embrapa clima temperado pela estrutura concedida e acolhimento nos 4 anos de doutorado.

Resumo

CRUZ, Jéssica Gonsalez. **Recursos genéticos de pimentas *Capsicum* e a sua multiplicidade de usos**. 2022. 67f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Os recursos genéticos são utilizados como fonte de variação para características desejáveis e necessárias para o melhoramento de plantas. No entanto, para estimar a diversidade entre os acessos, é necessário que estes sejam caracterizados e avaliados. Essa fonte de variabilidade pode ser encontrada nos acessos de Bancos de Germoplasma e também nas variedades crioulas ou tradicionais, cultivadas pelos agricultores, povos e comunidades tradicionais. Sendo assim, esta tese tem como objetivo geral realizar a caracterização química e morfológica de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado, e analisar o papel cultural na conservação e nos usos de pimentas. Os resultados estão em três artigos. O primeiro artigo, intitulado *Genetic variability of bioactive compounds in Capsicum chinense*, traz a avaliação dos frutos de 19 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado com relação à concentração de compostos fenólicos totais, carotenoides totais, antocianinas totais e atividade antioxidante. Foi possível observar expressiva variabilidade genética entre os acessos, com maior concentração de compostos fenólicos em um acesso, concentrações elevadas de carotenoides totais em três, maior concentração de antocianinas totais em um acesso e a maior atividade antioxidante foi verificada em seis acessos. Além disso, foi possível verificar que há correlação entre a atividade antioxidante e o conteúdo de compostos fenólicos, e entre a atividade antioxidante e os carotenoides em *C. chinense*. No segundo artigo, que trata do pré-melhoramento de um acesso de pimenta ornamental (*Capsicum annuum*), foi realizada a caracterização morfo-agronômica de progênies F1 e F2 de um acesso segregante. Para tanto, 67 plantas F1 e 62 plantas F2 foram avaliadas de acordo com 16 descritores morfológicos. Foi possível observar a variabilidade nas populações F1 e F2, com segregação para quase todos os caracteres avaliados, exceto para as variáveis pose de flor e cor de fruto imaturo, evidenciando seu potencial de uso em programas de melhoramento para fins ornamentais. Com a finalidade de unir os conhecimentos e conhecer um pouco mais sobre as diferentes formas de conservação e usos dos recursos genéticos, o terceiro artigo, *El papel cultural, religioso y medicinal de los ajíes (Capsicum spp.) en Brasil*, traz um levantamento dos usos de pimentas na culinária, na medicina tradicional e também nos ritos religiosos, fazendo um paralelo com a origem destes usos pelos povos tradicionais, em especial indígenas e afrodescendentes. Neste trabalho, foi possível verificar uma grande diversidade de usos de pimentas no Brasil, variando de acordo com a região geográfica e consequentemente, com a cultura, dos habitantes desses locais e de seus descendentes. As receitas, os usos medicinais e religiosos estão incorporados à cultura do povo brasileiro e, consequentemente, também na conservação destes recursos genéticos.

Palavras-chaves: Caracterização bioquímica; Caracterização morfológica; Pré-melhoramento; Plantas ornamentais; Relações etnobotânicas.

Abstract

CRUZ, Jéssica Gonsalez. **Genetic resources of *Capsicum* peppers and their multiplicity of uses.** 2022. 67f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Genetic resources are source of variation for desirable and necessary traits for plant breeding. However, to estimate the diversity among the accessions, it is necessary that they are characterized and evaluated. This source of variability are in the accessions of genebanks and in landraces cultivated by farmers, peoples and traditional communities. Therefore, this thesis has the general objective of proceed chemical and morphological characterization of accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Clima Temperado, and analyzing the cultural role in the conservation and uses of peppers. The results are in three articles. The first article, entitled *Genetic variability of bioactive compounds in *Capsicum chinense**, brings the evaluation of 19 accessions from *Capsicum* Genebank of Embrapa Clima Temperado in relation to the concentration of total phenolic compounds, total carotenoids, total anthocyanins and antioxidant activity. It was possible to observe significant genetic variability between accessions, with a higher concentration of phenolic compounds in one accession, high concentrations of total carotenoids in three of them, higher concentration of total anthocyanins in one accession and the highest antioxidant activity in six accessions. Furthermore, it was possible to verify that there is a correlation between antioxidant activity and the content of phenolic compounds and between antioxidant activity and carotenoids in *C. chinense*. In the second article, the pre-breeding of a segregating accession of pepper (*Capsicum annuum*) comprised the ornamental characterization of F1 and F2 generations. For that, 67 F1 plants and 62 F2 plants were evaluated according to 16 morphological descriptors. It was possible to observe the variability in the F1 and F2 populations, with segregation for almost all evaluated variables, except for the flower pose and immature fruit color variables. This shows their potential use by breeding programs for ornamental purposes. The third article, *El papel cultural, religioso y medicinal de los ajíes (*Capsicum spp.*) in Brazil*, links knowledges about the different forms of conservation and uses of genetic resources. It brings a survey of the uses of peppers in cooking, traditional medicine and also in religious rites, making a parallel with the origin of these uses through traditional peoples, especially indigenous and Afro-descendants. In this work, it was possible to verify that there is a great diversity of uses of peppers in Brazil, varying according to the geographic region and consequently with the culture, the inhabitants of these places and its descendants. Recipes, medicinal and religious uses are incorporated into the Brazilian people culture and, consequently, in conservation of these genetic resources.

Keywords: Biochemical characterization; Morphological characterization; Pre-breeding; Ornamental plants; Ethnobotanical relationships.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 Genetic variability of bioactive compounds in <i>Capsicum chinense</i>.....	5
3 Pré-Melhoramento de um Acesso de Pimenta Ornamental (<i>Capsicum annuum</i>)	13
Resumo.....	14
Introdução.....	15
Material e métodos.....	16
Resultados e discussão.....	17
Conclusão.....	24
Referências.....	24
4 El papel cultural, religioso y medicinal de los ajíes (<i>Capsicum spp.</i>) en Brasil	27
Resumen.....	28
Introducción.....	29
Material y métodos.....	31
Resultados y discusión.....	35
Consideraciones Finales.....	46
Referencias.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
6 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	56

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os recursos genéticos são utilizados como fonte de variação genética para características desejáveis e necessárias para o melhoramento de plantas. O sucesso do melhoramento de culturas está na identificação e incorporação eficiente da diversidade genética de várias fontes genéticas de plantas, incluindo cultivares recém-desenvolvidas, variedades crioulas, parentes silvestres e coleções de germoplasma com plantas elite e/ou mutantes (SWARUP et al., 2021). Para estimar a diversidade fenotípica entre os acessos de um banco de germoplasma, é necessário que estes sejam caracterizados e avaliados (BUENO et al., 2001). A diversidade das pimentas está diretamente ligada a variação das características morfométricas, que são fundamentais para a identificação e seleção varietal (NAEGELE et al., 2016). Descritores morfológicos, agronômicos, bioquímicos e moleculares de pimenta (TRIPODI e GRECO, 2018; DANTAS et al., 2022) têm sido utilizados para caracterizar a diversidade genética.

Os frutos das pimentas *Capsicum* podem apresentar cores diferentes (vermelho, verde, laranja e amarelo), dependendo de seus estágios de maturação e capacidade de sintetizar clorofilas ou carotenoides. Além de ter um sabor atrativo, são uma importante fonte de vitaminas (provitamina A, E e C) e vários compostos bioativos (compostos fenólicos, carotenoides, antocianinas e atividade antioxidante) que são benéficos para a saúde dos consumidores. Além disso, evidências científicas mostram que os compostos bioativos extraídos das pimentas têm efeitos anti-inflamatórios, antidiabéticos, antimicrobianos, imunomoduladores, entre outros (SAMTIYA et al., 2021; ANAYA-ESPARZA et al., 2021; COMAN et al., 2020; SAGAR et al., 2018). A caracterização bioquímica é utilizada para quantificar estes compostos bioativos.

Devido à grande diversidade genética das espécies dentro do gênero, a descrição e/ou caracterização das plantas é de suma importância para sua identificação e diferenciação. Um dos primeiros relatos com referência à caracterização de plantas de *Capsicum* foi feito por Dioszegi & Fazekas (1807), no trabalho de CSILLÉRY (2006), que utilizou a nomenclatura proposta por Linnaeus para descrever *C. annuum* e *C. sinense*, esta última, mais tarde, renomeada como *C. chinense*.

A caracterização morfológica é uma das formas de verificar a variabilidade genética, como citado no início deste texto. Para isso são utilizados descritores morfológicos, caracteres altamente herdáveis que podem ser observados de forma clara e eficiente por identificação visual (RODRIGUES et al., 2010). Os descritores morfológicos usados na caracterização de *Capsicum* são: cor da haste, antocianina nodal, formato da haste, pubescência da haste, hábito de crescimento, densidade de ramificação, brotação abaixo da primeira bifurcação, densidade de folhas, pubescência da folha, cor da folha, formato da folha, número de flores por axila, posição da flor, cor da corola, cor da mancha na corola, forma da corola, cor da antera, cor do filamento, posição do estigma, pigmento do cálice, margem do cálice, constrição anelar do cálice, cor do fruto imaturo, posição do fruto, cor do fruto maduro, formato do fruto, comprimento do fruto (mm), largura do fruto (mm), massa fresca do fruto (g), comprimento do pedúnculo (mm), espessura da parede do fruto (mm), ombro do fruto, presença de pescoço na base do fruto, formato da ponta do fruto, apêndice na ponta do fruto, secção transversal do fruto, número de lóculos, superfície do fruto, persistência entre fruto e pedicelo, comprimento da placenta, pungência, aroma do fruto, cor das sementes e superfície da semente (IPGRI, 1995).

As pimentas apresentam ampla variabilidade morfológica nas folhas, flores e frutos. Nos frutos esta variabilidade é retratada pelas diferenças de cores, formas, tamanhos e sabores. A variação na arquitetura das plantas pode conferir um aspecto ornamental (CARVALHO; BIANCHETTI, 2006; de MESQUITA, 2016). Sendo assim, a caracterização morfológica é imprescindível para o desenvolvimento de variedades ornamentais, tendo em vista que o agronegócio de flores e plantas ornamentais é um segmento de grande importância socioeconômica para o Brasil. Este nicho de mercado é responsável por empregar direta e indiretamente mais de 120 mil pessoas em todo o país e além disso, produz e comercializa anualmente 900 milhões de unidades de flores e plantas ornamentais (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008), tem-se uma oportunidade de mercado.

Apesar de haver grande diversidade de pimentas no Brasil, ainda são poucas as variedades comerciais de pimentas ornamentais (VASCONCELOS et al., 2012). Desta forma, de acordo com Domenico et al. (2012), torna-se relevante avaliar o potencial ornamental de acessos de pimenta presentes em

bancos de germoplasma, com o intuito de gerar maior número de dados sobre o material conservado e disponibilizar tais informações para estimular a sua utilização de forma mais efetiva no setor da floricultura, bem como dar subsídios para o desenvolvimento de novas cultivares de pimentas ornamentais.

O melhoramento genético de pimentas é similar ao praticado para as outras solanáceas, como o tomate e a berinjela, tendo em vista que a maioria dessas espécies é autógama. Os principais métodos de melhoramento usados no desenvolvimento de cultivares de pimenta são Método Genealógico ou Pedigree, Método Descendente de Uma Única Semente [Single Seed Descent (SSD)], Retrocruzamento de Linhagens [Inbred Backcross Line System (IBLS)] e Retrocruzamento (RIBEIRO; REIFSCHNEIDER, 2008; ULHOA et al., 2018). O método SSD é utilizado para avançar as gerações, com descendentes de uma única semente. Não há de seleção durante o processo, e é também utilizada no desenvolvimento de linhagens endogâmicas recombinantes (RILs). O avanço das gerações pode ser realizado em casas de vegetação (ULHOA et al., 2014; PADILHA, 2017).

Nos bancos de germoplasma podem ser encontradas fontes de diversidade genética para a obtenção de genótipos de interesse, levando em consideração a multiplicidade de usos que se deseja, seja para a alimentação, com altos teores de compostos bioativos, ou para a floricultura e paisagismo, explorando aspectos ornamentais. Além dos bancos de germoplasma é importante considerar a conservação *in situ/on farm*, que é realizada por agricultores, povos e comunidades tradicionais. Há uma grande diversidade de variedades crioulas/tradicionais de espécies cultivadas que são manejadas *on farm* em todo o território nacional. Muitas dessas variedades são conservadas em bancos comunitários de sementes e intercambiadas em feiras e festas de sementes crioulas e tradicionais. Os bancos comunitários de sementes ou casas de sementes têm um papel fundamental na conservação *on farm* de recursos genéticos no Brasil. Existem, no País, vários desses bancos, que são estoques de sementes geridos por grupos de agricultores, comunidades locais e tradicionais, com a capacidade de assegurar o acesso a esses recursos e garantir a manutenção de um grande número de variedades (PÁDUA et al., 2022).

Os povos indígenas e as populações tradicionais não indígenas (açorianos, caiçaras, seringueiros, quilombolas, ribeirinhos, extrativistas, pequenos agricultores, entre outras) são, em grande parte, responsáveis pela conservação e pela diversidade biológica de nossos ecossistemas, produto da interação e do manejo da natureza em moldes tradicionais (BATISTA et al., 2020). De acordo com Diegues et al. (2000), as espécies vegetais são objetos de conhecimento, domesticação e uso, fonte de inspiração para mitos e rituais das comunidades tradicionais e, finalmente, mercadoria das sociedades modernas. O uso consciente, a conservação e a caracterização dos recursos genéticos são indispensáveis para o melhoramento de plantas.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo geral realizar a caracterização química e morfológica de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado, e analisar o papel cultural na conservação e nos usos de pimentas. Para tanto, são apresentados a seguir três artigos, com objetivos, o primeiro artigo intitulado *Genetic variability of bioactive compounds in Capsicum chinense*, teve como objetivo realizar a caracterização química de compostos bioativos presentes em acessos de *C. chinense*. Foi publicado na revista *Food Science and Technology* em maio de 2022. O segundo artigo, *Pré-Melhoramento de um Acesso de Pimenta Ornamental (Capsicum annuum)*, foi conduzido com o objetivo de realizar a caracterização ornamental e o pré-melhoramento de um acesso segregante de *C. annuum* do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado. Será submetido à publicação na Revista Caatinga. O terceiro artigo, *El papel cultural, religioso y medicinal de los ajíes (Capsicum spp.) en Brasil* buscou descrever e analisar o papel cultural (indígena e afrodescendente) das pimentas, com relação aos usos como alimento e como remédio para o corpo e para a alma. O texto será submetido a revista *Agronomy*.

2 Genetic variability of bioactive compounds in *Capsicum chinense*

Artigo publicado na revista Food Science and Technology



Genetic variability of bioactive compounds in *Capsicum chinense*

Jéssica Gonzalez CRUZ^{1*}, Tatieli SILVEIRA¹, Vanessa RICHTER², Júlia Goetten WAGNER¹,
Raquel Silviana NEITZKE³, Rosa Lía BARBIERI⁴, Márcia VIZZOTTO⁴

Abstract

Capsicum is one of the most important genera of the *Solanaceae* family. Among the domesticated species, *C. chinense* is considered the most Brazilian pepper, besides being known for having high levels of phytochemical compounds and, consequently, high antioxidant capacity. This work was intended to perform the chemical characterization of bioactive compounds present in *C. chinense* accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture. Fruits from 19 accessions were evaluated regarding the concentration of total phenolic compounds, total carotenoids, total anthocyanins and antioxidant activity. It was possible to observe a high genetic variability among the evaluated accessions. The highest concentration of phenolic compounds was found in accession number P391; the highest concentrations of total carotenoids were found in accession numbers P240; P348 and P399; the highest concentration of total anthocyanins was in accession number P240; and the highest antioxidant activity was found in accession numbers P386, P391, P366, P350, P346 and P399. There is a correlation between antioxidant activity and the content of phenolic compounds, as well as between antioxidant activity and carotenoids in *Capsicum chinense*. The genetic variability noticed can be exploited in breeding programs for the selection of accessions with desirable characters.

Keywords: genetic resources; germplasm; functional foods.

Practical Application: Characterization of bioactive compounds in Brazilian landraces of *Capsicum chinense*.

1 Introduction

Capsicum is a genus of the *Solanaceae* family, considered as one of the most economically important (Antonio et al., 2018). Five species are domesticated: *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* and *C. pubescens* (Pickersgill, 1997). Among the domesticated species, *C. chinense* is considered the most Brazilian peppers. This species is largely cultivated in the Amazon region, which is a probable domestication center. Presenting a great genetic variability for size, shape, color and pungency of the fruits, *C. chinense* is broadly used in Brazilian cuisine, especially the types known as *pimenta-de-cheiro*, *pimenta-de-bode*, *cumari-do-Pará*, *murupi*, *habanero* and *pimenta biquinho* (Alvares Bianchi et al., 2020).

The main substance responsible for the pungency in peppers is capsaicin. Besides capsaicin, other compounds can be quantified in cultivated pepper species, such as phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins and antioxidant activity (Thuphairo et al., 2019; Hernández-Peréz et al., 2020).

Bioactive compounds from pepper species are known for their pharmacological properties such as analgesic, anti-obesity, cardioprotective, neurological and dietetic activity (Mendes & Gonçalves 2020). Several studies, both *in vitro* and *in vivo*, have linked *C. chinense* to protective effects such as antioxidant and anticancer activity (Sharma et al., 2017; Sarpras et al., 2018;

Sherova et al., 2019), useful in reducing or preventing chronic diseases (Antonious 2018; Salehi et al., 2018).

These functional compounds can be used as additives in multifunctional foods, with potential in the food industry (Lu et al., 2017). Is increasing the interest in using natural antioxidants, as those of *Capsicum* for example, since the synthetic antioxidants present carcinogenic potential and other damages to health associated with them (Fratanni et al., 2020; Franco et al., 2012; Radha Krishnan et al., 2014; Cabral et al., 2021). Capsaicin has been used as a flavoring and preservative agent in food formulations and as an active compound in packaging film and functional foods, as its antioxidant and antimicrobial activity (Rezazadeh et al., 2021). For this purpose, the development of new cultivars with characteristics that meet the needs of growers and consumers is necessary. In order to achieve this goal, plant breeders need genetic resources and must have access to the widest genetic diversity available. In addition, the characterization of these genetic resources is essential information for conservation and use in breeding programs (Alvares Bianchi et al., 2020).

Incorporating nutrient-rich pepper genotypes that contain high levels of bioactive compounds into human diets can help combat nutrient deficiencies by meeting daily needs (Antonio et al., 2018). Accordingly, the objective of this work was to perform

Received 27 Dec., 2021

Accepted 03 May, 2022

¹ Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas, RS, Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense- IFSul, Pelotas, RS, Brasil

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense- IFSul, Bagé, RS, Brasil

⁴ Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil

*Corresponding author: jessica.gonzalez@hotmail.com

the chemical characterization of bioactive compounds present in *C. chinense* accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture (one of the 43 Decentralized Units of Brazilian Agricultural Research Corporation).

2 Material and methods

2.1 Germplasm

Ripe fruits of 19 randomly chosen *C. chinense* accessions (Table 1) from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture (Pelotas, Rio Grande do Sul state, Brazil) were evaluated. Sowing was performed in October 2018, in expanded polystyrene trays filled with sterilized commercial substrate, which were maintained in a greenhouse located in the facilities of Embrapa Temperate Agriculture. When they reached around 10 cm of height, the seedlings were transplanted into 7 L capacity pots containing substrate. Pots with the plants were maintained in the greenhouse, irrigated manually. Experimental design was entirely randomized, considering each pot an experimental unit (one accession) with five repetitions (five pots). Ripe fruits from each plant were stored at -18 °C in a freezer in the Food Science and Technology Laboratory of Embrapa Temperate Agriculture. In order to perform the analyses, the seeds were discarded and opposite longitudinal portions of the fruits were manually prepared. The 19 accessions were analyzed for total

phenolic content, total carotenoids, total anthocyanins and antioxidant potential.

2.2 Quantification of phenolic compounds

The methodology for determination of total phenolic compounds was adapted from Swain & Hillis (1959). 250 µL of the sample was pipetted into a test tube, soon after then were added 4 mL of ultrapure water and 250 µL of Folin-Ciocalteu reagent (0.25 N). The tubes were shaken for 1 minute and left for 3 minutes to react. Later, 500 µL of sodium carbonate (1 N) was added. Tubes were shaken for 1 minute again leaving for 2 hours to react. Absorbance readings were taken in a spectrophotometer at a wavelength of 725 nm, after it was zeroed with the methanol, using glass cuvettes. When the absorbance was higher than 0.6, samples were diluted and readings repeated. The concentration of total phenolics was estimated from a standard curve developed for chlorogenic acid. Results were expressed as mg chlorogenic acid equivalent/100 g sample.

2.3 Quantification of carotenoids

Carotenoids were quantified by the methodology adapted from Talcott & Howard (1999), with some modifications. In the absence of direct light, two grams of fruit samples were homogenized in Ultra-Turrax® device with 20 mL of acetone/ethanol solution (1:1) containing 200 mg/L of BHT (butylhydroxytoluene).

After filtration, 50 mL of hexane was added to the sample. After stirring and visual separation of the phases in the test tube, due to the addition of hexane, only the supernatant was removed for reading, and 25 mL of ultrapure water was added. Absorbance readings were taken in a spectrophotometer at a wavelength of 470 nm, after it was zeroed with hexane solvent blank, using glass cuvettes. Concentration of carotenoids was estimated from a standard curve developed for β-carotene and results were expressed as mg of β-carotene equivalent/100 g sample.

2.4 Quantification of anthocyanins

In order to perform analysis of total anthocyanins, we used the methodology used was proposed by Fuleki & Francis (1968), with adaptations. A 5 g sample and 15 mL of acidified ethanol (85:15 ratio) were added in a Falcon® tube and the sample was homogenized in an in Ultra-Turrax® device at maximum speed until reaching uniform consistency. The extract was centrifuged for 20 minutes at 4000 RPM at 0 °C. After partitioning with hexane to separate and remove carotenoids, the lower part was removed for anthocyanins reading. The extract was stored in an environment protected from light incidence for 30 minutes. After 30 minutes, the spectrophotometer was zeroed with acidified ethanol. The absorbance was read in a quartz cuvette at 535nm. When the absorbance was higher than 0.7, the samples were diluted and readings repeated. The results were expressed in mg cyanidin 3-glucoside/100 g of sample. A standard curve for cyanidin-3-glucoside was generated.

2.5 Quantification of antioxidant activity

The antioxidant potential was determined using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical-scavenging (DPPH)

Table 1. *Capsicum chinense* accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture, characterized for bioactive compounds.

Accessions	Common name	Origin	Color of the ripe fruit
P195	Pimenta-de-chetro amarela	Belém, PA	Yellow
P201	Pimenta	Rio de Janeiro, RJ	Orange
P240	Pimenta	Porto Seguro, BA	Red
P341	Pimenta	Tubarão, SC	Orange
P346	Pimenta	Londrina, PR	Red
P348	Pimenta	Londrina, PR	Red
P350	Pimenta	Londrina, PR	Orange
P356	Pimenta habanero	Pelotas, RS	Orange
P366	Pimenta	Oitinda - PE	Yellow
P367	Pimenta	Oitinda - PE	Red
P381	Pimenta	Terestina, PI	Red
P382	Pimenta	Terestina, PI	Red
P385	Pimenta	Terestina, PI	Red
P386	Pimenta	Terestina, PI	Orange
P387	Pimenta	Terestina, PI	Red
P391	Pimenta	Pelotas, RS	Orange
P399	Pimenta	Florianópolis, SC	Red
P407	Pimenta	Lagoa dos Três Cantos, RS	Yellow
P420	Pimenta chetrosa do Pará	Pelotas, RS	Red

Information derived from *Capsicum* Genebank passport data.

method (Brand-Williams et al., 1995). One hundred microliters of the methanolic extract of the fruits (the same extract used in the determination of phenolic compounds) were added to 3.9 mL of DPPH solution in methanol (100 mM). The solution was then shaken and maintained in a closed flask in the dark. The absorbance was measured at 517 nm after 24 h of reaction. The antioxidant potential was expressed as micrograms of Trolox[®] equivalent/mg⁻¹ in fresh weight ($\mu\text{g Trolox}^{\text{®}}/\text{mg}^{-1}$ in fresh weight).

2.6 Statistical analysis

The data were submitted to analysis of variance (ANOVA $p \leq 0.05$). When significant, the means were compared by Scott-Knott test, in addition, Pearson correlation was performed, all using the Genes Computational Package (Cruz, 2016). Histograms were generated using Microsoft Office Excel[®].

3 Results and discussion

Variation was observed in the results for total concentrations of phenolic compounds (Figure 1), carotenoids (Figure 2),

anthocyanins (Figure 3), and antioxidant activity (Figure 4), in the 19 evaluated *C. chinense* accessions, which highlights the presence of genetic variability among accessions from the *Capsicum* Genebank.

Concentration of phenolic compounds ranged from 113.115 mg of chlorogenic acid equivalent/100g fresh mass (P420) to 233.58 mg of chlorogenic acid equivalent/100 g fresh mass, in accession P391, which stood out with the highest quantity of phenolic compounds (Figure 1). Phenolic compounds entail health benefits due to their ability to scavenge *in vitro* and *in vivo* free radicals in biological systems (Hernández-Pérez et al. 2020). Acunha et al. (2017), when evaluating 51 *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* and *C. frutescens* accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture for total phenolic content, total carotenoid content and antioxidant potential, found a range for phenolic compounds from 54.4 to 243.47 mg of GAE 100 g⁻¹. The genotypes with the highest and lowest phenolic compound contents among them were *C. baccatum* accessions, and the overall average phenolic compound content among all accessions tested by Acunha et al. (2017) was 122.08 mg GAE 100 g⁻¹. Regarding the indices of phenolic compounds in *C. chinense*, Acunha et al.

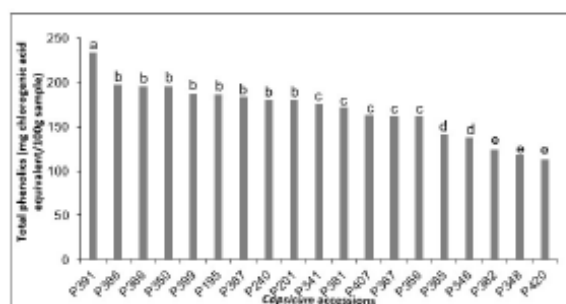


Figure 1. Total phenolic content expressed as mg chlorogenic acid/100g fresh weight of 19 *Capsicum chinense* accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture. Different lowercase letters in the histogram bars indicate statistical difference by Scott-Knott test ($P < 0.05$).

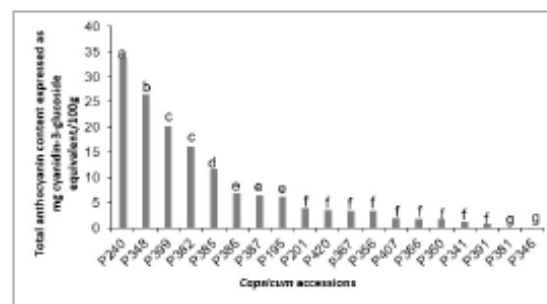


Figure 3. Total anthocyanin content expressed as mg cyanidin-3-glucoside equivalent/100g fresh weight of 19 *Capsicum chinense* accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture. Different lowercase letters in the histogram bars indicate statistical difference by Scott-Knott test ($P < 0.05$).

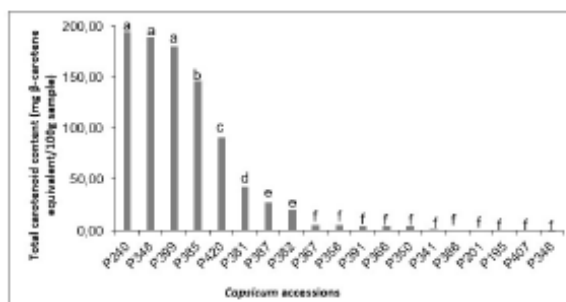


Figure 2. Total carotenoid content expressed in mg β -carotene equivalent/100g fresh weight of 19 *Capsicum chinense* accessions belonging to the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture. Different lowercase letters in the histogram bars indicate statistical difference by Scott-Knott test ($P < 0.05$).

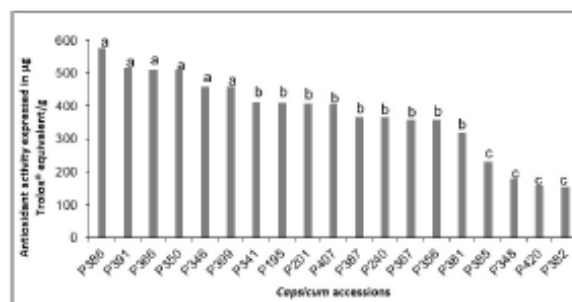


Figure 4. Antioxidant activity expressed in $\mu\text{g Trolox}^{\text{®}}$ equivalent/g in fresh weight of 19 *Capsicum chinense* accessions belonging to the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture. Different lower case letters in the histogram bars indicate statistical difference by Scott-Knott test ($P < 0.05$).

(2017) found 144.39 ± 30.61 mg GAE 100 g^{-1} , higher than the average found among all species studied by them; however, it is still numerically lower than that found in the current work. It is important to consider that there is a wide genetic variability for many characters in the domesticated species of *Capsicum* (Neitzke et al., 2015). Such variability is shown by the data obtained in this work in comparison with those cited above. The knowledge about the variability of the population allows the selection of superior genotypes and, consequently, the increase of allele frequency favorable for selection (Gonçalves et al., 2008).

Carotenoids are bioactive compounds broadly found in plants. They are responsible for the coloring of *Capsicum* spp. (Sá Mendes & Branco de Andrade Gonçalves, 2020). These colors can range in different shades of orange, yellow and red. These compounds play an important role in nutrition and health, because they have antioxidant and anticarcinogenic activities and act as precursors of other essential compounds, such as vitamin A and retinoic acid (Antonio et al., 2018). In this work, the highest values (180.33 mg of β -carotene 100 g^{-1} ; 188.97 mg of β -carotene 100 g^{-1} and 195 mg of β -carotene

100 g^{-1}) were found, respectively, in accessions P399, P348 and P240 (Figure 2), all of them producing red fruits. According to Meléndez-Martínez et al. (2004), capsanthin and capsorubin are carotenoids found almost exclusively in fruits of the *Capsicum* genus, being the main pigments that give color to red peppers. Fratianni et al. (2020), when analyzing seven types of yellow and red bell peppers (*Capsicum annuum*), found that the carotenoid content ranged from 0.255 mg/ 100 g to 0.579 mg/ 100 g of fresh product in the yellow varieties, while the red varieties always showed a higher β -carotene content than the yellow varieties, with values ranging from 0.396 mg/ 100 g to 0.705 mg/ 100 g of fresh product. Despite presenting numerically lower values, these data corroborate with those analyzed in this work and with that cited by Meléndez-Martínez et al. (2004). According to Blind et al. (2018), variability is an essential condition for the establishment of any breeding program; however, the efficiency of the selection of superior genotypes will depend on genetic and environmental parameters related to the characteristics of interest.

When evaluating 14 *Capsicum annuum* accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture, Padilha et al. (2015) found that accessions P39 and P143 presented carotenoid values equal to 134.83 and 147.72 mg/ 100 g , respectively. In turn, Neitzke et al. (2015), when evaluating 24 *Capsicum baccatum* accessions also from the same *Capsicum* Genebank, highlighted accession P179, a sweet pepper that presented the highest content of total carotenoids (152.06 mg/ 100 g), indicating it for breeding programs for *in natura* consumption. Comparing to values reported by Padilha et al. (2015) and by Neitzke et al. (2015), we have found higher content of total carotenoids in the current study. Thus, according to the presented data, *C. chinense* seems to be the most carotenoid-rich pepper species.

Regarding anthocyanins, accession P240 stood out with 33.69 mg of cyanidin 3-glucoside 100 g^{-1} (Figure 3). Neitzke et al. (2015) and Padilha et al. (2015) found low contents of total anthocyanins (12.37 mg/ 100 g) in *C. baccatum* and (4.92 mg/ 100 g) in *C. annuum*, respectively. On the other

hand, Vasconcelos et al. (2012), when analyzing 18 landraces of *C. baccatum*, found higher values of total anthocyanins in 5 accessions (10.49 mg/ 100 g ; 10.52 mg/ 100 g ; 11.38 mg/ 100 g ; 11.41 mg/ 100 g and 13.30 mg/ 100 g), which did not differ statistically among themselves. These accessions had elongated and red fruits when ripe. All the previously mentioned studies differ from the value found for the anthocyanin content in *C. chinense*. Thus, it demonstrates the great intraspecific genetic variability with respect to bioactive compounds and also the potential of this accession for use in breeding programs.

In addition, it should be underlined that carotenoids and anthocyanins are responsible for the red color, a characteristic found in many fruits of *Capsicum* species. Accession P240 has red fruits, as mentioned above, and can therefore be used for the purpose of enhancing food products and, consequently, play an important role in food quality, due to the strong influence on color and flavor properties (Sá Mendes & Branco de Andrade Gonçalves, 2020). Accession P240 can be indicated for obtaining varieties with high content of total carotenoids and anthocyanins in breeding programs.

Considering that pepper is a very popular condiment in Brazilian cuisine, it is important to make a comparison with other condiments, regarding their antioxidant potential. In the current work, the antioxidant activity (Figure 4) the accessions P386, P391, P366, P350, P346 and P399 had the highest reference values, which did not differ statistically and presented values ranging from 458 μg of Trolox* equivalent/g in fresh mass to 577 μg of Trolox* equivalent/g in fresh mass. In turn Yang et al. (2020), reported that ginger (220 ± 10 μg of ascorbic acid equivalent/g) shows higher antioxidant capacity than garlic (130 ± 10 μg ascorbic acid equivalent/g) and onion (140 ± 10 μg ascorbic acid equivalent/g) ($p < 0.05$). This comparison demonstrates that peppers have significantly higher antioxidant potential values than these other spices used in cuisine.

Rosário et al. (2021), when investigating antioxidant activity in *C. annuum* and *C. chinense*, found that *C. annuum* (180 μg of Trolox* equivalent/g) had close antioxidant activity values to *C. chinense* (178.80 μg of Trolox* equivalent /g). In turn, Menichini et al. (2009), investigating *C. chinense*, *habanero* peppers, found a value of 287 μg of Trolox* equivalent /g in ripe peppers. These values were lower than those obtained in this study; however, highlight the *C. chinense* accessions as having high levels of bioactive compounds. Pivovarov et al. (2022) reported the content of total antioxidants varies greatly between varieties and species of *Capsicum*.

This comparison highlights the importance of these peppers, which stand out for their diversified use (Figure 5). They are broadly used in the food industry as raw material for dyes, flavorings, oleoresins, condiments, sauces and spices, being also very valuable in cuisine, pharmacology, dentistry and medicine (Pinto et al., 2013).

The correlations among the independent variables were analyzed with Pearson correlation coefficient (Table 2). High correlations (correlation higher than 0.70) were observed between antioxidant activity and total phenolic compounds, as well as between total anthocyanins and total carotenoids



Figure 5. *Capsicum chinense* fruits evaluated for total phenolic content, total carotenoids, total anthocyanins and antioxidant activity. Accessions P391, P240, P348, P399, P399, P386, P366, P350 and P346. Photos: Daniela Priori.

Table 2. Pearson correlation coefficients between pairs of evaluated variables of *Capsicum chinense* accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture.

Variables	Total phenolic compounds	Total carotenoids	Total anthocyanins	Antioxidant activity
Total phenolic compounds	1			
Total carotenoids	-0.322	1		
Total anthocyanins	-0.298	0.833**	1	
Antioxidant activity	0.842**	-0.440	-0.332	1

**It differed significantly at 1% Pearson correlation.

(Table 2). Low correlations were not observed (correlations from 0.30 to 0.50) and the other correlations (from 0.00 to 0.30) were considered negligible.

The high correlation between antioxidant activity and phenolic compounds verified here ($R = 0.842$) is commonly observed in other works (Burin et al., 2014). Accession P391 showed statistically higher phenolic content and higher antioxidant activity. Other compounds can influence the antioxidant activity of this accession, such as vitamin C and capsaicinoids (Chávez-Mendoza et al., 2015). We recommend these additional analyses in a next experiment to characterization of genetic variability of bioactive compounds in *Capsicum chinense*. Camargo et al. (2017) found a high correlation between the content of total phenolic compounds and the antioxidant capacity (0.89) with respect to the content of other phytochemicals, agreeing with the data of this study. It should be underlined that this strong correlation between antioxidant activity and phenolic compounds suggests that these compounds are the main responsible for the

antioxidant capacity of peppers. Nonetheless, it is not only an isolated compound, but a synergy of compounds presents in peppers that are responsible for their antioxidant properties (Carvalho et al., 2015). Due their composition of phenolic compounds and capsaicin, habanero pepper (*C. chinense*) is considered a good source of bioactive compounds, which give it antioxidant capacity and antimicrobial activity against foodborne microorganisms (Jattar-Santiago et al., 2022).

The total anthocyanins also presented a strong correlation with the total carotenoids ($R = 0.833$). This correlation can be observed earlier in this work, being possible to notice due to the high levels of these compounds in the same accession (P240). Carvalho et al. (2015), when evaluating eight genotypes from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Eastern Amazon (another Decentralized Unit of Brazilian Agricultural Research Corporation), also found a high content of anthocyanins and carotenoids in the accession, IAN 186305 (*C. baccatum*), which presented 58.09 mg/100 g of carotenoids and 18.30 mg/100 g

of anthocyanins. These values are lower than those found in this study with *C. chinense* accessions, with genotypes rich in bioactive compounds and showing the high genetic variability. The same did not happen in a study with other solanaceous plants, 15 varieties of potatoes (*Solanum tuberosum*) presenting different flesh coloration: white, yellow, red and purple; and two varieties of *Solanum phureja*. Hejtmánková et al. (2013) found the correlation of $R = 0.33$, and report that these varieties have a high content of anthocyanins and also contain a considerable quantity of total carotenoids, which would explain such a correlation that exists, but is nevertheless low.

Accordingly, to the results presented the 19 characterized accessions of *C. chinense* are indicated for use in breeding programs that seek the development of varieties with high levels of bioactive compounds.

This work showed high content in phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins and antioxidant activity in some accessions of *C. chinense*. These bioactive compounds could be added to human diet as in nature as through food industry, as a way to reduce synthetic additives (food colorings, stabilizers and antimicrobials). This could be an differential for food industry, exploring the available natural variation in *Capsicum* genetic resources to benefit the human health.

4 Conclusion

Capsicum chinense accessions from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Temperate Agriculture present genetic variability for the concentrations of bioactive compounds.

There is a high correlation between the antioxidant activity and the concentration of phenolic compounds, as well as between the concentration of anthocyanins and carotenoids in *Capsicum chinense* access.

Accessions P391 (high concentration of phenolic compounds and antioxidant activity), P240, P348 and P399 (high concentration of total carotenoids), P240 (high concentration of total anthocyanins and carotenoids), P386, P391, P366, P350, P346 and P399 (high antioxidant activity) are good options for use in breeding programs.

References

- Acunha, T. D. S., Crizel, R. L., Tavares, I. B., Barbieri, R. L., Pereira de Pereira, C. M., Rombaldi, C. V., & Chaves, F. C. (2017). Bioactive compound variability in a Brazilian *Capsicum* pepper collection. *Crop Science*, 57(3), 1611-1623. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2016.08.0701>.
- Alvares Bianchi, P., Renata Almeida da Silva, L., André da Silva Alencar, A., Henrique Araújo Diniz Santos, P., Pimenta, S., Pombo Sudré, C., Erpen-Dalla Corte, L., Simões Azeredo Gonçalves, L., & Rodrigues, R. (2020). Biomorphological Characterization of Brazilian *Capsicum chinense* Jacq. *Germplasm. Agronomy (Basel)*, 10(3), 447. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10030447>.
- Antonio, A. S., Wiedemann, L. S. M., & Veiga Junior, V. F. (2018). The genus *Capsicum*: a phytochemical review of bioactive secondary metabolites. *RSC Advances*, 8(45), 25767-25784. <http://dx.doi.org/10.1039/C8RA02067A>. PMID:35539808.
- Antonios, G. F. 2018. Capsaicinoids and vitamins in hot pepper and their role in disease therapy. In G. Mozsik (Ed.), *Capsaicin and its human therapeutic development*. London: IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.78243>.
- Blind, A. D., Valente, M. S. F., Lopes, M. T. G., & Resende, M. D. V. (2018). Estimativa de parâmetros genéticos, análise de trilha e seleção em bucha vegetal para caracteres agrônômicos. *Agrária*, 13(2), 1-8. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v13i2a5522>.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 28(1), 25-30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- Burin, V. M., Ferreira-Lima, N. E., Panceri, C. P., & Bordignon-Luiz, M. T. (2014). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: evaluation of different extraction methods. *Microchemical Journal*, 114, 155-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2013.12.014>.
- Cabral, N. O., Oliveira, R. F., Henry, F. C., Oliveira, D. B., Santos Junior, A. C., Maia Junior, J. A., & Martins, M. L. L. (2021). Effect of the fruit aqueous extract of balloon pepper (*Capsicum baccatum* var. Pendulum) on lipid oxidation, microbiological quality and consumer acceptance of fresh pork sausage and smoked. *Food Science and Technology*, 42, e09221. <https://doi.org/10.1590/fst.09221>.
- Camargo, T. M., dos Santos Pereira, E., de Oliveira Raphaelli, C., Ribeiro, J. Á., Araújo, V.F., & Vizzotto, M. (2017). Antioxidant potential correlated with total phenols and anthocyanins of small fruit cultivars. *Journal of the Journal of Graduate Studies and Research*, 2239-2251.
- Carvalho, A. V., de Andrade Mattietto, R., de Oliveira Rios, A., de Almeida Maciel, R., Moresco, K. S., & de Souza Oliveira, T. C. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity of pepper (*Capsicum* sp.) genotypes. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7457-7464. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-015-1833-0>.
- Chávez-Mendoza, C., Sanchez, E., Muñoz-Marquez, E., Sida-Arreola, J. P., & Flores-Cordova, M. A. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. *Antioxidants*, 4(2), 427-446. <http://dx.doi.org/10.3390/antiox4020427>.
- Cruz, C. D. (2016). Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum*, 38(4), 547-552. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.32629>.
- Franco, D., González, L., Bispo, E., Latorre, A., Moreno, T., Sineiro, J., Sánchez, M., & Núñez, M. J. (2012). Effects of calf diet, antioxidants, packaging type and storage time on beef steak storage. *Meat Science*, 90(4), 871-880.
- Fratianni, F., D'Acerno, A., Cozzolino, A., Spigno, P., Riccardi, R., Raimo, F., Catello, P., & Zaccardelli, M. (2020). Biochemical characterization of traditional varieties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) of the Campania Region, Southern Italy. *Antioxidants*, 9(6), 556. <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9060556>. PMID:32604812.
- Fuleki, T., & Francis, F. J. (1968). Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *Journal of Food Science*, 33(17), 72-77. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb03658.x>.
- Gonçalves, L. S., Rodrigues, R., Amaral Junior, A. T., Karasawa, M., & Sudré, C. P. (2008). Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. *Genetics and Molecular Research*, 7(4), 1289-1297. <http://dx.doi.org/10.4238/vol7-4gmr526>.
- Hejtmánková, K., Kotíková, Z., Hamouz, K., Pivec, V., Vacek, J., & Lachman, J. (2013). Influence of flesh colour, year and growing area on carotenoid and anthocyanin content in potato tubers. *Journal of Food Composition and Analysis*, 32(1), 20-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2013.07.001>.

- Hernández-Pérez, T., Gómez-García, M. D. R., Valverde, M. E., & Paredes-López, O. (2020). *Capsicum annuum* (hot pepper): an ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 2972-2993. <http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.12634>. PMID:33337034.
- Jattar-Santiago, K. Y., Ramírez-López, C., Hernández-Carranza, P., Avila-Sosa, R., Ruiz-López, I. I., Ochoa-Velasco, C. E. (2022). Effect of extraction conditions on the antioxidant compounds from habanero pepper (*Capsicum chinense*) and its potential use as antimicrobial. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(4), e16427. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16427>.
- Lu, M., Ho, C. T., & Huang, Q. (2017). Extraction, bioavailability, and bioefficacy of capsaicinoids. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 27-36. PMID:28911540.
- Meléndez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2004). Nutritional importance of carotenoid pigments. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 149-155. PMID:15586682.
- Mendes, N. S., & Gonçalves, É. C. B. A. (2020). The role of bioactive components found in peppers. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 229-243. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.032>.
- Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Loizzo, M., Conforti, F., Statti, G., Decindio, B., Houghton, P., & Menichini, F. (2009). The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chemistry*, 114(2), 553-560. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.086>.
- Neitzke, R. S., Vasconcelos, C. S., Barbieri, R. L., Vizzotto, M., Fetter, M. R., & Corbellini, D. D. (2015). Genetic variability for antioxidant compounds in landraces of peppers (*Capsicum baccatum*). *Horticultura Brasileira*, 33, 415-421.
- Padilha, H. K. M., Pereira, E. S., Munhoz, P. C., Vizzotto, M., Valgas, R. A., & Barbieri, R. L. (2015). Genetic variability for synthesis of bioactive compounds in peppers (*Capsicum annuum*) from Brazil. *Food Science and Technology*, 35(3), 516-523. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6740>.
- Pickersgill, B. (1997). Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*, 96(1), 129-133. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1002913228101>.
- Pinto, C. M. F., Pinto, C. L. O., & Donzeles, S. M., 2013. *Capsicum* pepper: chemical, nutritional, pharmacological and medicinal properties and its potential for agribusiness. *Brazilian Journal of Sustainable Agriculture (RBAS)*, 3, 108-120.
- Pivovarov, V. F., Soldatenko, A. V., & Pishnaya, O. N. (2022). Vegetable crop breeding for increased antioxidant content is a promising direction for healthy food production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 953(1), 012025.
- Radha Krishnan, K., Babuskin, S., Babu, P. A. S., Sasikala, M., Sabina, K., Archana, G., Sivarajan, M., & Sukumar, M. (2014). Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. *International Journal of Food Microbiology*, 171, 32-40.
- Rezaadeh, A., Hamishehkar, H., Ehsani, A., Ghasempour, Z., & Moghaddas Kia, E. (2021). Applications of capsaicin in food industry: functionality, utilization and stabilization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-17. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2021.1997904>. PMID:34751073.
- Rosário, V. N. M., Chaves, R. P. F., Pires, I. V., Santos Filho, A. F., & Toro, M. J. U. (2021). *Capsicum annuum* and *Capsicum chinense*: physical, physicochemical and bioactive characteristics and antioxidant activity. *Brazilian Journal of Development*, 7, 50414-50432.
- Salehi, B., Hernández-Álvarez, A. J., Del Mar Contreras, M., Martorell, M., Ramírez-Alarcón, K., Melgar-Lalanne, G., Matthews, K. R., Sharifi-Rad, M., Setzer, W. M., Nadeem, M., Yousaf, Z., & Sharifi-Rad, J., 2018. Potential phytopharmacy and food applications of *Capsicum* spp.: a comprehensive review. *Natural Product Communications*, 13(11). <https://doi.org/10.1177/1934578X1801301133>.
- Sarpras, M., Chhabeekar, S. S., Ahmad, I., Abraham, S. K., & Ramchiary, N., 2018. Analysis of bioactive components in Ghost chili (*Capsicum chinense*) for antioxidant, genotoxic, and apoptotic effects in mice. *Drug and Chemical Toxicology*, 43(2), 182-191. <http://dx.doi.org/10.1080/01480545.2018>. PMID:30033771.
- Sharma, J., Sharma, P., Sharma, B., & Chaudhary, P. (2017). In-vitro estimation of antioxidant activity in green chili (*Capsicum Annuum*) and Yellow Lantern Chili (*Capsicum chinense*). *International Journal of Research and Review*, 4, 6.
- Sherova, G., Pavlov, A., & Georgiev, V. (2019). Polyphenols profiles and antioxidant activities of extracts from *Capsicum chinense* in vitro plants and callus cultures. *Food Science and Applied Biotechnology*, 2(1), 30-37. <http://dx.doi.org/10.30721/fsab2019.v2.i1.56>.
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>.
- Talcott, S. T., & Howard, L. R. (1999). Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5), 2109-2115. <http://dx.doi.org/10.1021/jf981134n>. PMID:10552504.
- Thuphairo, K., Sornchan, P., & Suttisarnanee, U. (2019). Bioactive compounds, antioxidant activity and inhibition of key enzymes relevant to Alzheimer's disease from sweet pepper (*Capsicum annuum*) extracts. *Preventive Nutrition and Food Science*, 24(3), 327-337. <http://dx.doi.org/10.3746/pnf.2019.24.3.327>. PMID:31608259.
- Vasconcelos, C., Barbieri, R., Vizzotto, M., Bialves, T., Padilha, H., Barboza, L., & Fonseca, M., 2012. Total anthocyanins content in local pepper varieties (*Capsicum baccatum*). In Embrapa Clima Temperado. *Proceedings of the 2nd Brazilian Congress of Genetic Resources*. Brasília, DF: Brazilian Society of Genetic Resources.
- Yang, D., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2020). LC-ESI-QTOF/MS characterization of Australian herb and spices (garlic, ginger, and onion) and potential antioxidant activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7), 14497. <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.14497>.

3 Pré-Melhoramento de um Acesso de Pimenta Ornamental (*Capsicum annuum*)

Este artigo será submetido à *Revista Caatinga*

PRÉ-MELHORAMENTO DE UM ACESSO DE PIMENTA ORNAMENTAL (*Capsicum annuum*)

Jéssica Gonzalez Cruz^{*1}, Tatieli Silveira¹, Raquel Silviana Neitzke², Rosa Lía Barbieri³

RESUMO

Capsicum annuum é uma das espécies de pimentas domesticadas que apresenta ampla variação de tamanho, cor e formato de frutos. Esta variabilidade pode ser encontrada nos acessos de bancos de germoplasma de *Capsicum*, podendo ser utilizada no melhoramento genético para desenvolver novas cultivares de pimentas ornamentais. O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização com descritores morfológicos com apelo ornamental e o pré-melhoramento de um acesso segregante do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado. Foram caracterizadas 67 plantas da geração F1 e 62 plantas da geração F2, com 16 descritores morfológicos: cor da haste, antocianina nodal, hábito de crescimento da planta, densidade de ramificação, densidade de folhas, cor da folha, número de flores por axila, pose da flor, cor da corola, pigmento do cálice, cor do fruto imaturo, posição do fruto, cor do fruto maduro, formato do fruto, formato da ponta do fruto e brilho do fruto. A contribuição relativa de cada caráter para a divergência genética foi obtida pelo método proposto por SINGH. Foi realizada análise de componentes principais. Houve segregação para quase todas as variáveis avaliadas, exceto para pose de flor e cor de fruto imaturo. Foi possível observar a variabilidade genética nas gerações F1 e F2, evidenciando seu potencial de uso para o desenvolvimento de variedades ornamentais de *Capsicum annuum*.

Palavras-chaves: Recursos genéticos. Caracterização morfológica. Variabilidade genética.

*Autor para correspondência

¹Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil; jessica.gonzalez@hotmail.com* – ORCID: 0000-0001-5805-8449; tatielisilveira@hotmail.com – ORCID: 0000-0003-2211-0174

²Instituto Federal Sul-Riograndedense (IFSul), Bagé- RS, Brasil. raquelneitzke@ifsul.edu.br – 0000-0002-3643-0737;

³Embrapa Clima Temperado, Pelotas- RS, Brasil. lia.barbieri@embrapa.br – ORCID: 0000-0001-8420-9546

PRE-BREEDING OF AN ORNAMENTAL PEPPER ACCESSION

ABSTRACT

Capsicum annuum is one of the domesticated species of peppers that presents a wide variation in size, color and fruit shape. This variability can be found in *Capsicum* genebanks and are useful for plant breeding programs with the objective of developing new cultivars of ornamental peppers. The objective of this work was to proceed an ornamental characterization and pre-breeding of a segregating accession from the *Capsicum* Genebank of Embrapa Clima Temperado. 67 plants from the F1 generation and 62 plants from the F2 generation were characterized with 16 morphological descriptors: stem color, nodal anthocyanin, plant growth habit, branch density, leaf density, leaf color, number of flowers per axil, pose of the flower, corolla color, calyx pigment, immature fruit color, fruit position, ripe fruit color, fruit shape, fruit tip shape and fruit luster. The relative contribution of each character to the genetic divergence was obtained by the method proposed by SINGH. Principal component analysis was performed. There was segregation for almost all variables evaluated, except for flower pose and immature fruit color. It was possible to observe the genetic variability in the F1 and F2 generations, evidencing their potential use for the development of ornamental varieties of *Capsicum annuum*.

Keywords: Genetic resources. Morphological characterization. Genetic variability.

INTRODUÇÃO

Capsicum é um gênero da família *Solanaceae*. Cinco espécies deste gênero foram domesticadas: *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (PERRY et al., 2007). O cultivo de pimentas do gênero *Capsicum* apresenta crescimento considerável no agronegócio brasileiro em função de sua rentabilidade, empregabilidade, e principalmente pela apreciação na alimentação, na indústria farmacêutica e como planta ornamental (COSTA et al., 2017). Das espécies domesticadas, *Capsicum annuum* é a mais cultivada e de maior importância econômica. Esta espécie se caracteriza por possuir anteras azuladas ou violetas e corolas brancas, e por apresentar geralmente uma flor por

nó reprodutivo (CARVALHO et al., 2008). Além disso, apresenta ampla variação de tamanho, cor e formato de frutos (HERNÁNDEZ-VERDUGO; LUNA-REYES; OYAMA, 2001), o que explica tantos tipos conhecidos de pimentas como pimentão, jalapeño, serrano, pimenta-doce, caiena, cereja e, ainda, algumas variedades ornamentais.

A variabilidade genética é um pré-requisito básico para a utilização em programas de melhoramento, uma vez que permite a seleção dos acessos com características desejáveis para serem selecionados como genitores (LOPES; CARVALHO, 2008.; SANTO; MENEZES; CARMO, 2022). No entanto, apesar de haver bancos de germoplasma de *Capsicum* no país com um grande acervo de acessos com ampla variabilidade genética, que podem ser utilizados no melhoramento genético com o objetivo de desenvolver novas cultivares de pimentas ornamentais, elas ainda são escassas no Brasil (NEITZKE et al. 2010, COSTA et al. 2019). De acordo com Neitzke et al. (2016), as características desejáveis para o uso ornamental de pimentas do gênero *Capsicum* são arquitetura de planta; quantidade, formato e posição dos frutos; coloração, formato e densidade de folhas e frutos, além da facilidade de cultivo e de apresentarem longo período de manutenção de seu aspecto ornamental em vaso (durabilidade dos frutos e folhas, além da produção continuada de frutos). Genótipos de pequeno porte são especialmente desejáveis para o cultivo em vasos e floreiras. Essas características quantitativas e qualitativas dos acessos podem ser avaliadas através de descritores morfológicos (IPGRI, 1995).

No pré-melhoramento do gênero *Capsicum*, a caracterização morfológica é uma das etapas mais importantes. Através da caracterização os acessos identificados como promissores para fins ornamentais podem ser selecionados para possíveis cruzamentos ou para uso direto após alguns ciclos de seleção massal. Isso é importante para o desenvolvimento de populações, linhagens e até mesmo cultivares com as características desejáveis. Algumas vezes, os acessos de pimentas dos bancos de germoplasma apresentam segregação para caracteres distintos, o que pode ser uma oportunidade para o pré-melhoramento. Essa segregação pode ser explicada pelo tipo de reprodução das pimentas, que são predominantemente de autofecundação, mas que têm um nível crescente de fecundação cruzada de acordo com a ocorrência de vento e de insetos polinizadores. Como muitos dos acessos dos bancos de germoplasma são provenientes de coletas e germoplasma em feiras e mercados populares, ou de doações realizadas por agricultores, é relativamente comum se observar segregação. No Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado, o acesso segregante P100

(*Capsicum annuum*) chamou a atenção da equipe de trabalho por suas características ornamentais. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo realizar a caracterização com descritores morfológicos com apelo ornamental e o pré-melhoramento de um acesso segregante do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado.

MATERIAL E MÉTODOS

O acesso P100 do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado foi avaliado neste experimento por apresentar plantas com características ornamentais (arquitetura de planta compacta, abundante floração, frutos eretos e brilhantes, com cores intensas) e por ser um acesso altamente segregante (Figura 1).



Figura 1: Acesso P100 do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado. À esquerda: frutos provenientes de diferentes plantas do acesso P100, evidenciando segregação para formato do fruto e coloração em diferentes estádios de maturação. À direita: contraste da cor dos frutos com a folhagem, caracterizando o aspecto ornamental deste acesso. Fotos: Rosa Lía Barbieri e Juliana Castelo Branco.

Foram caracterizadas 67 plantas da geração F1 (resultantes da autopolinização de plantas do acesso original) e 62 plantas da geração F2 (resultantes da autopolinização das plantas F1). Para a obtenção das plantas F2 foi aplicado o método de melhoramento SSD (*single seed descent*). A semeadura de F1 foi realizada em outubro de 2018, em bandejas de poliestireno expandido, preenchidas com substrato comercial esterilizado, as quais foram mantidas em casa de vegetação na Embrapa Clima Temperado no município de

Pelotas, RS. Quando atingiram em torno de 10 cm de estatura, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade para 7 L contendo substrato comercial. Os vasos com as plantas foram mantidos em casa de vegetação, irrigados manualmente. A semeadura de F2, foi feita em 2019 nas mesmas condições que F1, mas no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, no município de Bagé, RS. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

Os frutos foram colhidos e avaliados de acordo com 16 descritores morfológicos (IPGRI 1995): cor da haste, antocianina nodal, hábito de crescimento da planta, densidade de ramificação, densidade de folhas, cor da folha, número de flores por axila, pose da flor, cor da corola, pigmento do cálice, cor do fruto imaturo, posição do fruto, cor do fruto maduro, formato do fruto, formato da ponta do fruto e brilho do fruto. A contribuição relativa de cada caráter para a divergência genética foi obtida pelo método proposto por SINGH (1981). A análise de componentes principais foi realizada com auxílio do programa estatístico R (2022), no ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) Rstudio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi identificada variabilidade genética para as características morfológicas nas progênies. A presença de variabilidade verificada favorece o desenvolvimento de novas cultivares de pimenta ornamental. Pessoa et al. (2019), Fortunato et al. (2019) e Carvalho (2021) também relataram diferenças significativas em seus estudos com progênies segregantes de *Capsicum*. A variabilidade genética é essencial na seleção de indivíduos para o avanço da geração.

Os caracteres que não apresentaram variações em F1 foram antocianina nodal, pose da flor e cor do fruto imaturo. Em F2 não houve variação para pose de flor, cor do fruto imaturo, posição do fruto, densidade de ramificação e cor da corola. A partir da análise estatística de índice de SINGH (1981), foi evidenciado que pose de flor e cor de fruto imaturo foram caracteres que se mantiveram sem variações nas duas gerações (Figura 2). A ausência de variabilidade genética para um caractere pode ser positiva em um programa de melhoramento genético quando a classificação estiver associada ao padrão desejável pelo consumidor (SOUZA GOMES et al., 2022).



Figura 2: Caracteres que não tiveram variação nas gerações F1 e F2, de acordo com a análise de SINGH (1981): pose da flor e cor de fruto imaturo. Fotos: Jéssica Gonzalez Cruz (2018; 2019).

Foi realizada a análise de componentes principais (PCA) retirando os caracteres que não variaram com base na análise de SINGH (1981). A PCA é uma análise bastante empregada na caracterização de acessos em bancos de germoplasma, pois, além de identificar os caracteres mais importantes na contribuição para a variação total disponível entre os indivíduos analisados, fornece indicação para eliminar os que pouco contribuem (DIAS et al., 1997; ALVES, 2002; PRIORI et al., 2018). Outros autores utilizaram-se da análise de componentes principais para estimar a diversidade genética de *Capsicum*. Em um trabalho realizado por Almeida et al. (2022), ao analisarem 21 acessos de pimentas com base em 20 descritores morfoagronômicos, verificaram que a porcentagem de variância para cada componente foi de 77,37%. Belay et al. (2019), em um estudo analisando 19 características morfoagronômicas em 64 genótipos de pimenta, observaram 69,25% da variância no conjunto de dados. No presente trabalho, os dois primeiros componentes principais explicaram 31,05% em F1 e 30,37% em F2 (Figura 3 e Figura 4). Manly (2008) ressalta que nem sempre a análise de componentes principais acumula

80% da variação nos dois ou três primeiros componentes, sendo um caso de variáveis originais pouco correlacionadas.

Na geração F1 (Figura 3), foi possível verificar agrupamento dos genótipos no primeiro quadrante devido à semelhança com relação às variáveis cor da folha, densidade de ramificação, formato da ponta do fruto e pigmento do cálice. O segundo quadrante teve como responsável pelo agrupamento as variáveis número de folhas por axila, cor da corola e brilho do fruto. Já na geração F2 (Figura 4), houve o agrupamento dos genótipos no primeiro quadrante devido à semelhança com relação às variáveis cor da folha, densidade de ramificação, formato da ponta do fruto, pigmento do cálice e densidade de folha. No segundo quadrante as variáveis responsáveis pelo agrupamento foram número de folhas por axila, cor da corola e antocianina nodal.

Tanto na geração F1 quanto na F2, no primeiro quadrante, as variáveis cor da folha, densidade de ramificação, formato da ponta do fruto e pigmento do cálice estiveram presentes, contribuindo para o agrupamento dos genótipos. No entanto, em F2 soma-se às variáveis citadas o caractere densidade de folha. De acordo com Sudré et al. (2010), o conhecimento com relação à densidade de folhas da planta, assim como o hábito de crescimento, é de suma importância em termos de manejo do cultivo, pois pode ajudar na definição do espaçamento para cada planta, colheita e também no controle de plantas daninhas. Além disso, por se tratar de uma planta ornamental, também é importante ter conhecimento desta característica, pois define o porte da mesma. De acordo com Neitzke et al. (2016), o uso ornamental de certos tipos de pimentas do gênero *Capsicum* se deve ao fato de apresentarem características de elevado valor estético, como arquitetura de planta; quantidade, formato e posição dos frutos; coloração, formato e densidade de folhas e frutos.

No segundo quadrante das gerações F1 e F2, as variáveis responsáveis pelo agrupamento foram número de folhas por axila e cor da corola, além de brilho de fruto, que aparece apenas em F1, e antocianina nodal, que esteve presente em F2. Em um trabalho realizado por Souza Gomes et al. (2022), o caractere brilho de fruto recebeu destaque, juntamente com a intensidade de cor em frutos imaturos e maduros. Os autores destacam esses resultados por considerarem que a seleção destas características é interessante para a obtenção de populações sem ocorrência de segregação. Além disso, a presença de antocianina nodal, ou deste pigmento em toda a planta, foi notada como característica ornamental por Ari et al. (2016). Estes dados reforçam o potencial do acesso

em estudo, que pode ser utilizado em programas de melhoramento com finalidade ornamental.

Algumas variáveis não segregaram nas gerações F1 e F2, conforme citado anteriormente. Uma delas foi a cor de folha, que é uma importante característica, cujo contraste com a cor dos frutos é considerado um atributo importante para o aspecto ornamental, estejam os frutos maduros ou imaturos (NEITZKE et al., 2016). Além disso, a densidade de ramificação, que se apresentou de forma intermediária em F1 e densa em F2, corroboraram os dados verificados por Silva Costa et al. (2020), que identificaram em seu trabalho a formação de um grupo que alocou 5 genótipos de *C. annuum* e puderam verificar que todos os genótipos deste grupo eram predominantemente plantas de hábito de crescimento ereto, com ramificações densas. Quanto ao formato da ponta do fruto, na geração F1 89,05 % das plantas apresentaram formato pontiagudo e 1,49% afundado, enquanto que em F2 100% das plantas apresentaram formato pontiagudo. Em um trabalho realizado por Silva et al. (2021), a caracterização morfológica de acessos de pimentas (*Capsicum* spp.) no Maranhão evidenciou diferentes formatos de ponta do fruto, sendo 42,86% pontiagudos, 19,05% truncados, 33,33% afundado e 4,76% afundado com ponta. Esses dados corroboram aqueles obtidos no presente trabalho, onde o formato de ponta dos frutos pontiagudo foi predominante. O pigmento no cálice foi outro caractere importante que se destacou em F1. De acordo com Vasconcelos et al. (2012) e Silva Costa et al. (2020), caracteres florais podem ser utilizados como marcadores morfológicos para determinar a diversidade genética presente em bancos de germoplasma, com a vantagem de poderem ser avaliados no início do ciclo reprodutivo.

Em F1 foi observada uma folha por axila em 100% das plantas, e em F2 foi observada segregação para esse caractere, com 53,22% das plantas apresentando três ou mais folhas por axila, 35,48% das plantas com duas folhas por axila e apenas 11,29% das plantas com uma folha por axila. A ausência de mancha na corola foi verificada tanto na F1 como na F2. Esta informação é importante para a determinação taxonômica da espécie e é útil para a descrição varietal e, juntamente com os demais descritores, confirma que são genótipos da espécie *C. annuum* (SOUZA GOMES et al., 2022).

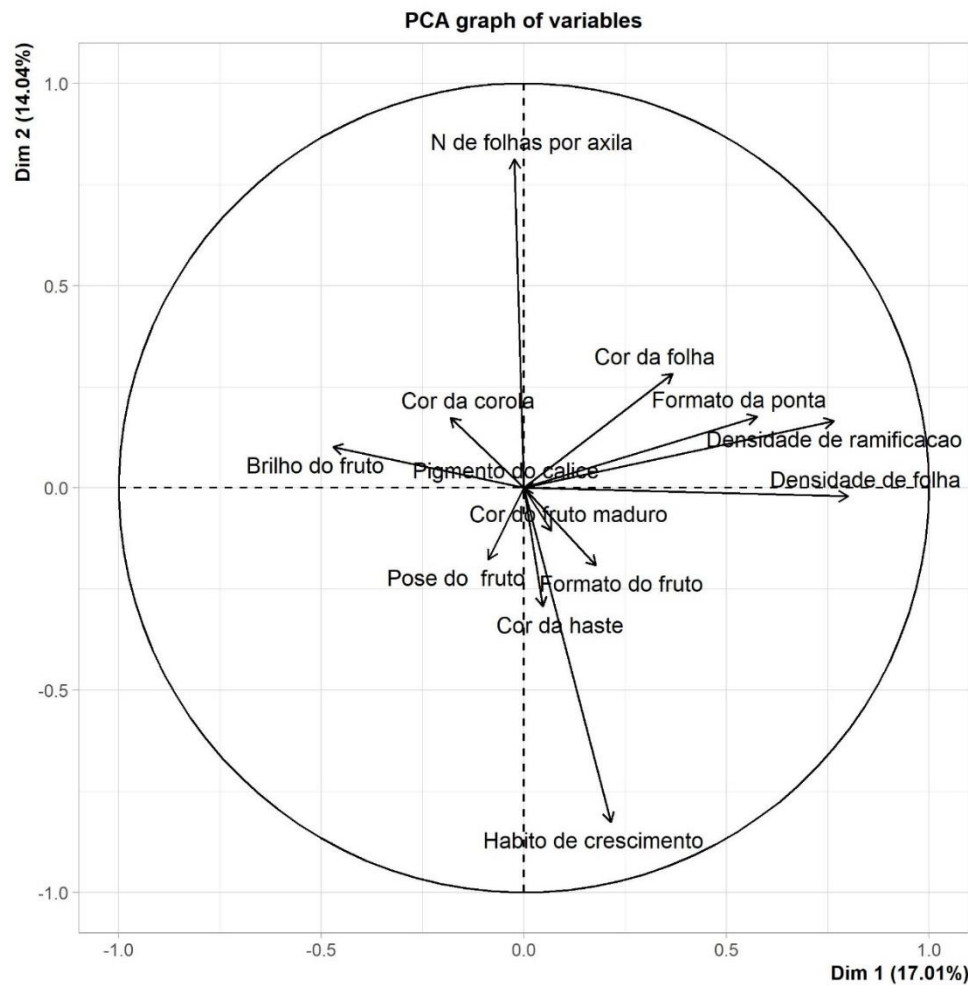


Figura 3: Gráfico de análise dos componentes principais (PCA) baseado em 16 variáveis avaliadas em 67 plantas da geração F1 do acesso P100 (*Capsicum annuum*) do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado.

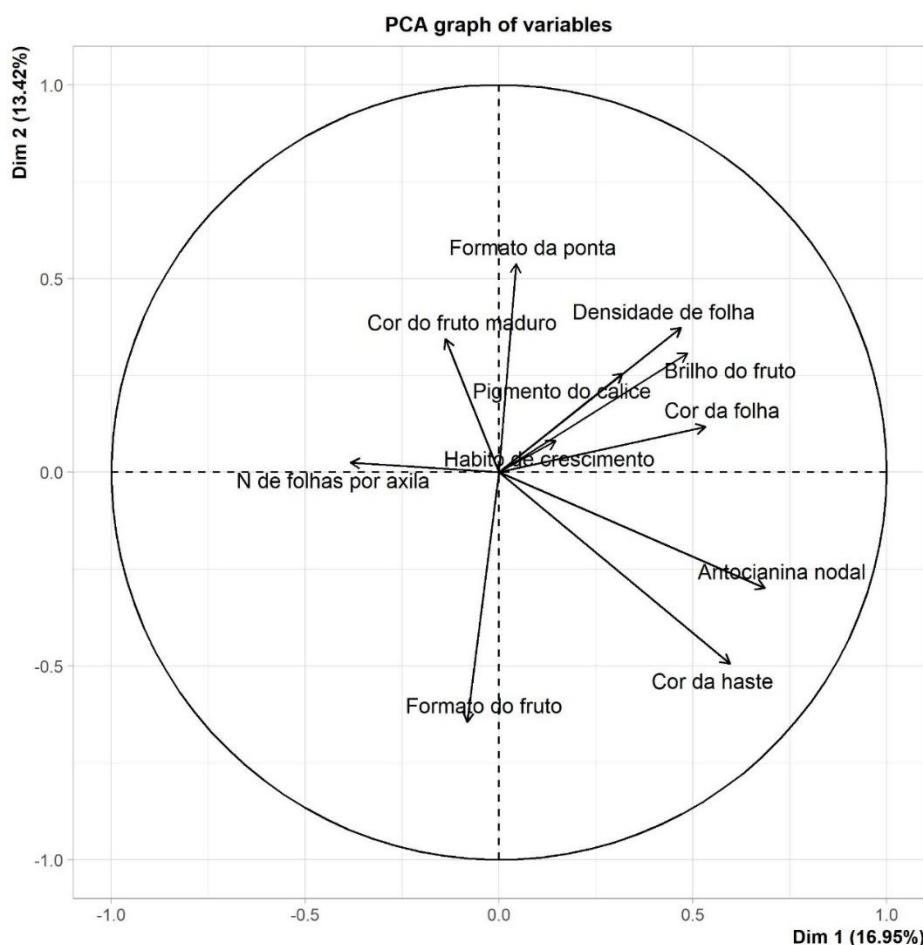


Figura 4: Gráfico de análise dos componentes principais (PCA) baseado em 16 variáveis avaliadas em 62 plantas da geração F2 do acesso P100 (*Capsicum annuum*) do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado.

O aspecto ornamental do acesso P100 foi observado em ambas as gerações (Figura 1), considerando que, de acordo com Neitzke et al. (2016) a cor dos frutos é o fator de maior relevância no momento da escolha de pimentas ornamentais pelos consumidores. O contraste da cor dos frutos com a folhagem é um atributo importante para o aspecto ornamental, estejam os frutos maduros ou imaturos. Assim como no trabalho realizado por Costa et al. (2021), algumas características ainda não atingiram a homoziguidade desejada, resultando na variabilidade observada. A variabilidade genética é a base do melhoramento genético e é necessária para a prática da seleção no avanço das gerações segregadas (PESSOA et al. 2019). Vale ressaltar que essa população ainda precisa avançar mais gerações para obter uma ou mais linhagens homogêneas para cadastro no Registro Nacional de Cultivares no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, como planta ornamental para uso em vasos ou no paisagismo. O cultivo de pimentas ornamentais pode ser uma alternativa rentável para agricultores familiares (STUMMEL;

BOSLAND, 2007), desta forma, é evidente a importância do uso do germoplasma de *Capsicum* disponível no Brasil para o desenvolvimento de variedades que atendam tanto as necessidades dos produtores como a dos consumidores (NEITZKE et al. 2016).

CONCLUSÃO

A variabilidade genética evidenciada nas gerações F1 e F2 do acesso P100 (*Capsicum annuum*) pode ser explorada para o desenvolvimento de variedades de pimentas ornamentais. Existe segregação para quase todos os caracteres de importância ornamental nas gerações F1 e F2, exceto para pose de flor e cor de fruto imaturo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Breno Machado de et al. Morphological diversity among Brazilian *Capsicum* peppers. **Ciência Rural**, v. 53, 2022.

ALVES, R. M. Caracterização genética de populações de cupuaçuzeiro, *Theobroma grandiflorum* (Will ex Spreng) Schum., por marcadores microssatélites e descritores botânico-agronômicos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 146p. 2002.

ARI, E. et al. Comparison of different androgenesis protocols for doubled haploid plant production in ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.). **Turkish Journal of Biology**, v. 40, n. 4, p. 944-954, 2016.

BELAY, F. et al. Estudos de diversidade genética para características morfológicas de genótipos de pimenta (*Capsicum annuum* L.) na zona central da região de Tigray, norte da Etiópia. **African Journal of Agricultural Research**, v.14, n.33, p.1674-1684, 2019.

CARVALHO, M. G. D. et al. Selection among segregating pepper progenies with ornamental potential using multivariate analyses. **Revista Caatinga**, 34, 527-536. 2021.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. Botânica e recursos genéticos. **Pimentas *Capsicum***, p. 39-54, 2008.

COSTA, G. et al. Selection of pepper accessions with ornamental potential. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 566-574, 2019.

COSTA, E. et al. Diferentes tipos de ambiente protegido e substratos na produção de pimenteiras. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 458-466, 2017.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, G.C. T. Divergência genética multivariada na preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao* L.). **Agrotrópica**, 9:29-40. 1997.

FORTUNATO, F. L. G. et al. Genetic diversity in ornamental pepper plants. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 3, p. 364-375, 2019.

IPGRI, AVRDC. CATIE. Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. **Turrialba, Costa Rica**, v. 110, 1995.

LOPES, J. F.; CARVALHO, S. I. C. A variabilidade genética e o pré-melhoramento. **FALEIRO, FG; FARIAS NETO, AL; RIBEIRO JUNIOR, WQ. Pré-melhoramento, melhoramento e pós melhoramento: estratégias e desafios. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados**, p. 63-74, 2008.

MANLY, B. F. J. **Métodos Estatísticos Multivariados: Uma Introdução**. Porto Alegre: Artmed/Bookman, 229 p, 2008.

NEITZKE, R. S. et al. Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 102-109, 2016.

NEITZKE, R. S. et al. Caracterização morfológica e estimativa da distância genética de acessos de pimenta do banco ativo de germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado. **Embrapa Clima Temperado-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2014.

NEITZKE, R. S. et al. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 47-53, 2010.

- PERRY, L. et al. Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. **Science**, v. 315, n. 5814, p. 986-988, 2007.
- PESSOA, A. M. S. et al. Genetic diversity in F 3 population of ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.). **Revista Ceres**, v. 66, p. 442-450, 2019.
- PRIORI, D. et al. Caracterização morfológica de variedades crioulas de abóboras (*Cucurbita maxima*) do sul do Brasil. **Revista Ceres**, v. 65, p. 337-345, 2018.
- R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Website <http://www.r-project.org/>.
- SANTO, L. M. E.; MENEZES, B. R. S.; CARMO, M. G. F. Genetic variability in *Capsicum* spp. accessions through multicategorical traits. **Revista Ceres**, v. 69, p. 195-202, 2022.
- SILVA COSTA, L. et al. Caracterização de genótipos de *Capsicum* spp. por técnicas multivariadas no sul do Piauí. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 97371-97385, 2020.
- SILVA, J. M. et al. Caracterização morfológica de acessos de pimentas (*Capsicum* spp.) conservados no estado do Maranhão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 21358-21373, 2021.
- SINGH D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, 41: 237-245. 1981.
- SOUZA GOMES, F. al. Morphological Characterization and Estimates of Genetic Parameters in Peppers With Ornamental Potential. **Journal of Agricultural Science**, v. 14, n. 5, 2022.
- STUMMEL, J. R.; BOSLAND, P.W. Ornamental pepper: *Capsicum annuum* In: ANDERSON NO (ed). Flower breeding and genetics: issues, challenges and opportunities for the 21st century. Netherlands: **Springer Verlag**. p. 561-600. 2007.

SUDRÉ, C. P. et al. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 1, p. 283-294, 2010.

SUDRÉ, C. P. et al. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 88-93, 2006.

SUDRÉ, C. P. et al. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura brasileira**, v. 23, p. 22-27, 2005.

VASCONCELOS et al. Determinação da dissimilaridade genética entre acessos de *Capsicum chinense* com base em característica de flores. **Revista Ceres**, v. 59, n. 4, p. 493-498, 2012.

4 El papel cultural, religioso y medicinal de los ajíes (*Capsicum spp.*) en Brasil

Será submetido à revista *Agronomy*

El papel cultural, religioso y medicinal de los ajíes (*Capsicum* spp.) en Brasil

Jéssica G CRUZ¹, Araceli AGUILAR-MELÉNDEZ², Rosa Lía BARBIERI³

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas- RS, Brasil.

²Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana, Xalapa, México

³Embrapa Clima Temperado, Pelotas- RS, Brasil.

Resumen

El género *Capsicum* L. es originario de las Américas, estando representado por especies silvestres y domesticadas que al sumarlas presentan gran variabilidad morfológica. Los ajíes han sido manejados y/o seleccionados para cultivarse, conservarse y otros usos por parte de las comunidades tradicionales en Brasil. Los usos con fines terapéuticos y rituales religiosos provienen de diferentes orígenes y culturas tradicionales, como las de los indígenas brasileños y grupos de origen africano. El objetivo de este artículo es describir y analizar el papel cultural (indígena y afrodescendiente) del ají en cuanto a los usos como alimento y como medicina para el cuerpo y el alma. La metodología utilizada fue en base a la obtención de datos a través de búsqueda bibliográfica en artículos científicos, libros de cocina y registros históricos. Posteriormente, se documentó en el contexto geográfico y cultural de los pueblos indígenas y afrodescendientes. Se obtuvo una gran variabilidad de usos de los ajíes en Brasil. Se pudo comprobar que las recetas, los usos medicinales y religiosos están incorporados a las culturas, y esto permite inferir que los ajíes siempre han estado presentes en la cultura brasileña y, en consecuencia, la conservación también.

Palabras-claves: pueblos indígenas; afrodescendientes; recursos genéticos.

Autor para correspondencia: jessica.gonsalez@hotmail.com

1. Introducción

El género *Capsicum* L. es originario de las Américas, estando representado por especies económicamente importantes que presentan gran variabilidad morfológica, especialmente en el color, forma y tamaño de los frutos. Hay ajíes picantes, popularmente conocidos en Brasil como “pimentas”, o ajíes no picantes [1; 2]. Los datos apuntan a América Central y del Sur como el centro de origen del género *Capsicum*. Sudamérica y México se reconocen como centros de origen de los ajíes domesticados donde los antiguos habitantes seleccionaron y modificaron a los ajíes posicionandolos como uno de los primeros grupos de plantas domesticadas en el continente americano [3]. Con 43 especies, *Capsicum* tiene cinco especies domesticadas: *C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. y *C. pubescens* Ruiz y Pav [3; 4; 5]. Brasil, a su vez, se destaca por ser un centro de diversidad de especies domesticadas, semi-domesticadas y silvestres.

Las especies silvestres y semi-domesticadas se encuentran en los territorios de Brasil y poco se ha descrito en cuanto a sus usos. Las especies domesticadas han sido documentadas con mayor frecuencia por la importancia económica que tienen destacando las diversas variedades de *C. annuum* como la más utilizada en el país. Dicha especie tiene la mayor variabilidad de color, tamaño y forma de los frutos, siendo los más estudiados y utilizados en programas de mejora genética, además de ser la especie domesticada no nativa de *Capsicum* más cultivada en Brasil [2]. *C. chinense* se encuentra fácilmente en cultivo en la región del Amazonas, que se considera un probable centro de domesticación [6]. La “pimenta malagueta” es la principal representante de *C. frutescens* cultivada en Brasil. Su probable centro de domesticación puede ser Amazonia, pero todavía no se encuentran progenitores silvestres de esa especie que pudieran indicar un lugar de origen y, por lo tanto, queda la duda si su domesticación ocurrió en Amazonia o en México. Los datos son más claros para *Capsicum baccatum* que fue domesticado en el suroeste de Amazonia, en los Andes bolivianos [7]. Debido a sus requisitos edafoclimáticos y por estar adaptados a la montaña, *C. pubescens* es la única especie domesticada que no se cultiva a nivel comercial en Brasil. A pesar de conocer estas especies domesticadas y conocer sus probables centros de origen, se realizaron pocos estudios con enfoque etnobotánico para analizar aspectos etnográficos en el centro de origen y diversidad.

Desde la academia se ha documentado las formas de cultivo, las formas de conservación y algunos usos de los ajíes domesticados por parte de las comunidades

tradicionales en Brasil. Sin embargo, la mayor cantidad de información ha sido generada desde la botánica y agronomía donde la mayoría de los registros de los cuales se tiene acceso son los encontrados en los herbarios y bancos de germoplasma que son espacios de conservación *ex situ*. La información resguardada en dichos espacios tiene la ventaja de conservar, mantener y catalogar la variabilidad morfológica en diferentes tiempos y espacios y sirve además para conocer las zonas geográficas y los tipos de ambientes donde crecen dichas especies [8]. Por su parte los Bancos de Germoplasma como el de Embrapa (Empresa Brasileña de investigación Agropecuaria) cuenta con el mayor número de especies silvestres, probablemente porque Brasil tiene la mayor diversidad natural del género *Capsicum* en su territorio, y recientemente se han colectado e identificado nuevas especies en nuestro país [9].

La domesticación, el uso y la conservación están asociados a las comunidades tradicionales, según Brown et al. (2013) [10], las proto-lenguas Arawak del noroeste y del suroeste de la Amazonia son las más antiguas en tener una palabra para designar el ají. Los indígenas que hablan Arawak lo llamaron axí / ají y cuando encontraron el ají, los españoles le pusieron el nombre de pimienta, porque su sabor y condimento le recordaba a el ají asiático, *Piper nigrum* L. [11]. Posiblemente la domesticación de *Capsicum chinense* y *Capsicum baccatum*, estarían asociadas a estos pueblos hablantes de Arawak [10], este tema necesita estudiarse a fondo.

Los usos de los ajíes *Capsicum* en Brasil han sido documentados lo largo de diferentes momentos históricos y áreas geográficas [12]. Sin embargo, gran parte de esta información está dispersa. Las crónicas de viajeros y naturalistas que exploraron el país final del siglo XVI, los historiadores, e incluso los arqueólogos, han identificado, desde diferentes fuentes, los hábitos y prácticas alimentarias del pasado. Los libros de recetas, se suman a registros materiales, como objetos de cocina o la propia comida, preservados en muchos contextos, para ofrecer información útil para la reconstrucción de las peculiaridades de cada época y lugar en cuanto al uso de los ajíes [13].

Otro ejemplo, son los informes sobre los ajíes cultivados por los indios en Brasil en el siglo XVI realizados por el alemán Hans Staden. Describía los ajíes “que plantan los salvajes para comer”, uno amarillo y otro rojo, comparando sus frutos, cuando estaban verdes, con los frutos de la rosa espinosa. Los indios las recogían cuando estaban maduras y las secaban al sol [14]. Los ajíes eran plantas muy apreciadas entre los indígenas, generalmente ocupando el segundo lugar solo en comparación con los productos

principales: el maíz y la “mandioca”. También jugaron un papel importante en las ceremonias religiosas y los mitos [15].

Diversos estudios, insertos en diferentes contextos culturales amazónicos, han revelado otras formas de relación entre los ajíes *Capsicum* y la alimentación humana, que no involucran su consumo. En 1492, cuando Colombo regresaba de su primer viaje a América, llevó a Europa todo tipo de ajíes. Allí se extendió rápidamente a África y Asia a través de las rutas comerciales portuguesas y españolas. En África, algunos pueblos originarios preparan una poción de ajíes, con la que buscan obtener la eterna juventud. Para hacerse más atractivas, las mujeres agregan pizcas de ajíes en polvo al agua de su baño [16; 17]. Las tribus indígenas de la Amazonía brasileña también tienen una relación intrínseca con los ajíes *Capsicum*. Existen abundantes registros entre las diversas etnias indígenas y el uso del ají con fines profilácticos y terapéuticos. Roman et al. (2011) [18] relataron el uso del ají (*C. frutescens*) en la cura de enfermedades como “pano-branco”, “pinchazo”, reumatismo, “dolor de muelas” en una comunidad del río Amazonas, Santarém y Pará.

Según Porto e Silva (2013) [19], algunos autores creen que el uso popular de plantas medicinales en Brasil, con fines terapéuticos y rituales religiosos, proviene de diferentes orígenes y culturas tradicionales, como las de los indígenas brasileños y grupos de origen africano. La relación de los pueblos originarios de Brasil con los recursos naturales siempre ha sido una constante. Los mismos autores comentan que los grupos indígenas brasileños han desarrollado estrategias y técnicas del uso de los recursos naturales de su entorno. Por los vacíos encontrados durante la revisión bibliográfica, el objetivo de este artículo es describir y analizar los usos como alimento, medicina para el cuerpo y el alma que tienen los ajíes principalmente en las culturas indígenas y afrodescendientes de Brasil.

2. Material y Métodos

2.1 Brasil

Brasil está dividido en cinco regiones demográficas Norte, Nordeste, Medio Oeste, Sudeste y Sur. La población indígena, dividida por regiones, es liderada por la Región Norte (560,4 mil), seguida por la Nordeste (234,7 mil), Centro-Oeste (224,2 mil), Sur (59,9 mil) y Sudeste (29,8 mil). En cuanto a los residentes quilombolas, la estimación mostró que, de los 1,13 millones de residentes en localidades quilombolas de Brasil, 698,1

mil están en la región Nordeste. Las regiones Sudeste y Norte tienen, respectivamente, un estimado de 172.000 y 154.900 personas. La región Sur tiene 73 mil, y el Medio Oeste, 35 mil [20] (Figura 1).

Los resultados del Censo de 2010 apuntan a 274 lenguas indígenas habladas por individuos pertenecientes a 305 etnias diferentes. En tierras indígenas se declararon 214 lenguas y se registraron 249 tanto en zonas urbanas como rurales ubicadas fuera de las tierras (Figura 2). Sin embargo, estos números deben tomarse con precaución ya que son variables los números totales de los idiomas y etnias registradas. Por eso existe la necesidad de más estudios lingüísticos y antropológicos ya que algunos idiomas pueden ser variaciones del mismo idioma o algunas etnias pudieran ser subgrupos o segmentos de un mismo grupo étnico.

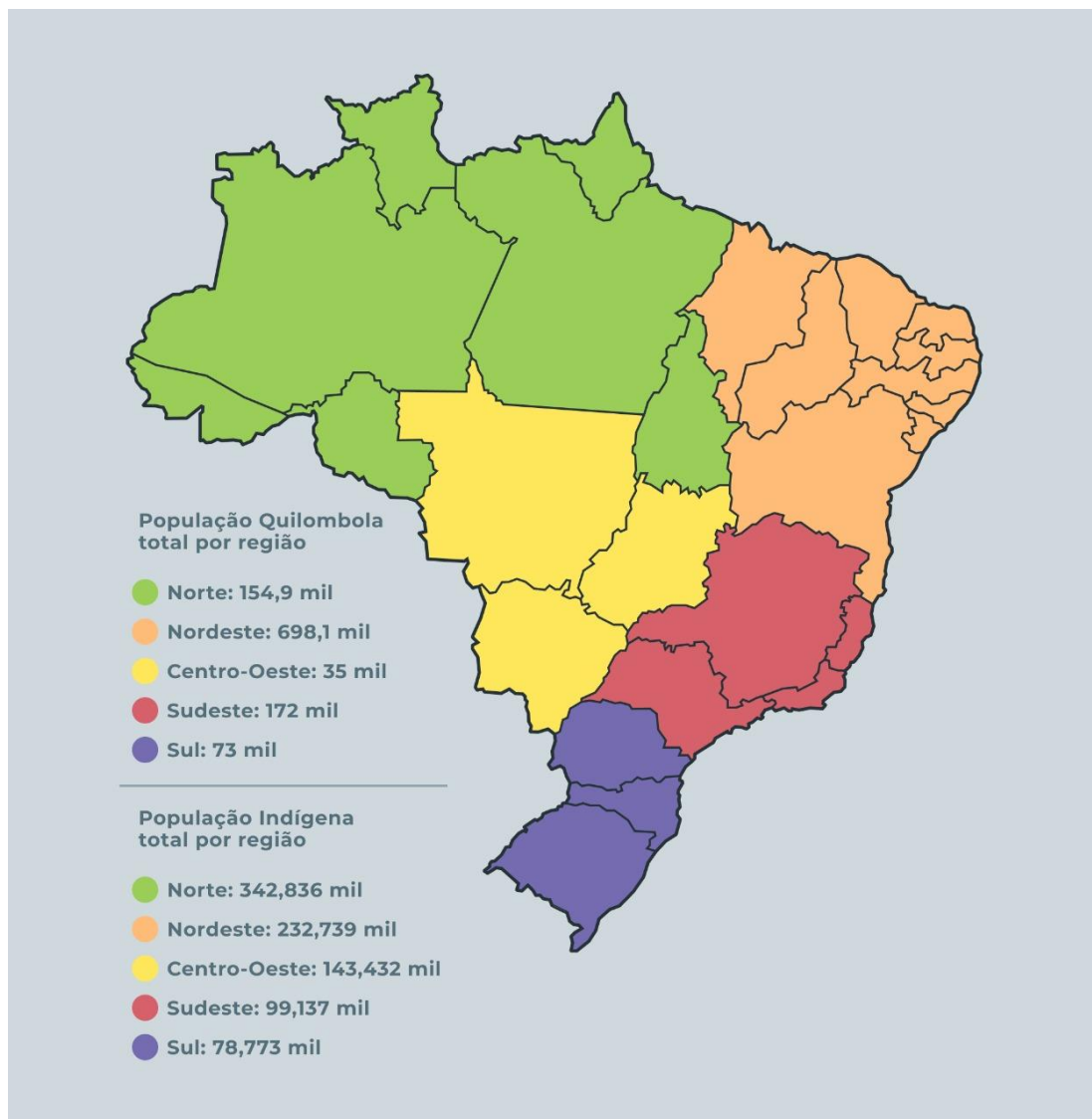


Figura 1: Población quilombola e indígena por región geográfica en Brasil. Fuente: IBGE, Censo Demográfico 2010 [21].

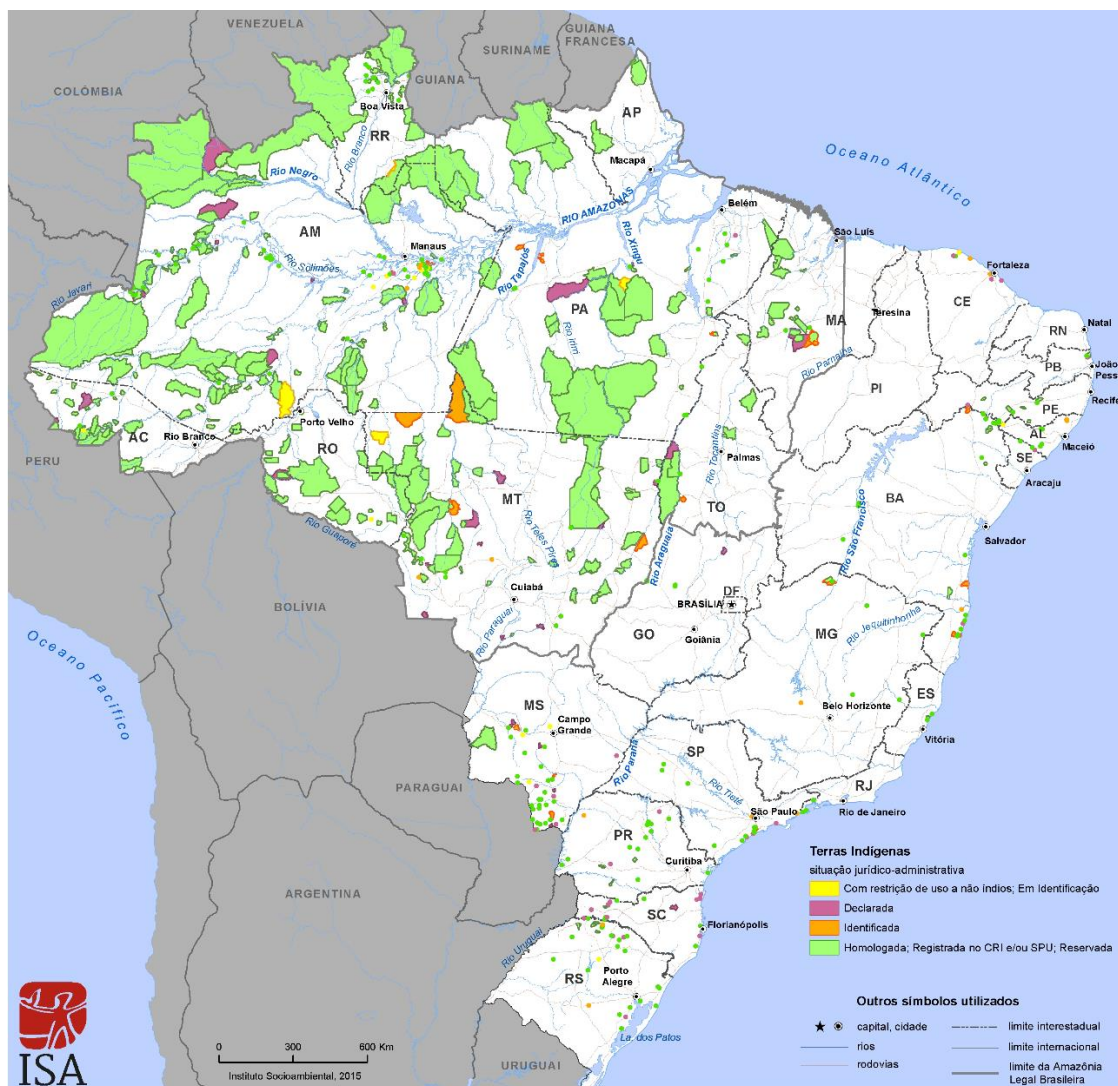


Figura 2: Tierras Indígenas en Brasil. Fuente: Instituto Socioambiental (ISA), 2015 [22].

2.2 Investigación bibliográfica

Los autores revisaron artículos de ciencias naturales, artículos de ciencias sociales, libros y tesis y libros de cocina. La búsqueda de artículos de ciencias naturales (originales o de revisión) se realizó en las bases de datos electrónicas PubMed, Google Scholar y Scopus hasta marzo de 2022. Las principales palabras clave utilizadas fueron: “*Capsicum medicine*”; “*uso tradicional de Capsicum*”; “*Capsicum Brasil*” entre otros. Todas las referencias incluidas fueron seleccionadas, revisadas y añadidas manualmente a una base de datos elaborada en Excell.

2.3. Usos de los ajíes en la comida.

En total, se revisaron 6 libros de cocina de la serie colección cocina regional brasileña [23; 24; 25; 26; 27; 28] además de los libros: Diccionario gastronómico: ajíes con sus recetas [29], Viaje gastronómico por Brasil [30], Hierbas y especias: con sus recetas [31], Pimenta Baniwa jiquitaia [32], Pelotas en la mesa: la sencillez de lo sofisticado [33] y Cocina de origen [34].

2.4. Usos de los ajíes en la medicina

Las enfermedades o síntomas asociados con posibles enfermedades modernas se clasificaron de acuerdo con el sistema de la Organización Mundial de la Salud - OMS 2021 [35], en 12 categorías: (1) enfermedades infecciosas o parasitarias, (2) trastornos mentales, del comportamiento o del neurodesarrollo, (3) enfermedades del sistema nervioso; (4) enfermedades del sistema visual; (5) enfermedades del oído o del proceso mastoideo; (6) enfermedades del sistema respiratorio; (7) enfermedades del sistema digestivo, (8) enfermedades de la piel; (9) enfermedades del aparato locomotor o del tejido conjuntivo, (10) enfermedades del aparato genitourinario, (11) embarazo, parto o puerperio, y (12) intoxicaciones. Esta clasificación es una interpretación/traducción de los autores de este artículo y no se basa en una visión émica de la medicina local de cada cultura. Medicina para el alma: para describir síndromes vinculados a la cultura que los profesionales y científicos occidentales de la salud mental no logran validar como "enfermedades reales".

3. Resultados y discusión

En este trabajo se reconoce que los ajíes han sido utilizados por diversas culturas con diversos fines además de ser condimento y alimento. Las especies *C. baccatum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, fueron consideradas por el speciesLink [36] como especies naturalizadas, porque ya están bien adaptadas a las tierras de Brasil. Es decir, los ajíes han sido reselectionados para adquirir características particulares en base a las preferencias culturales y ambientes de la región. Dichos ajíes han formado parte de prácticas religiosas y se han incorporado a platillos tradicionales de diferentes zonas geográficas desde hace algún tiempo.

Originalmente habitado por varias naciones indígenas, Brasil se convirtió en una colonia de Portugal después de la llegada de los navegantes portugueses en el año 1500. Los portugueses trajeron esclavos de África ya en el siglo XVI. En el siglo XIX, el país se independizó de Portugal y, poco después, abolió la esclavitud. En el siglo XIX, llegó al país una gran cantidad de inmigrantes, especialmente alemanes e italianos. Más tarde, también llegaron inmigrantes de otras partes del mundo, especialmente japoneses, chinos, polacos y rusos. Cada etnia trajo consigo su cultura, valores y gastronomía. La confluencia de diferentes etnias resultó en la diversidad del pueblo brasileño, su religiosidad y también en una cocina diferenciada, marcada, en cada región del país, por una fuerte correlación con la historia de ocupación local y con el origen de sus habitantes.

Las características propias adquiridas por las especies de ajíes se refieren a la variabilidad fenotípica, como lo observado por Brilhante et al. (2021) [37], quienes caracterizaron 69 accesiones de cuatro especies de *Capsicum* de diferentes regiones de Brasil con base en descriptores cualitativos, cuantitativos y marcadores ISSR. Sesenta y cuatro accesiones procedían de cuatro regiones brasileñas (Norte, Nordeste, Medio Oeste y Sudeste) y cinco eran variedades comerciales (Sureste). Estas accesiones se caracterizaron en cuatro especies (*Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* var. *pendulum*, *Capsicum frutescens* y *Capsicum annuum*). Los autores pudieron verificar con respecto al análisis cualitativo que, entre los descriptores estudiados había una gran variación fenotípica relacionada a las flores cuyos caracteres son esenciales para diferenciar entre especies de *Capsicum*. Además, también se detectó gran variación entre las accesiones para los descriptores cuantitativos, revelando una gran diversidad en las características relacionadas con la planta y los frutos. En cuanto al análisis cuantitativo, los autores señalaron que las características inherentes al fruto son las que más contribuyen a estudiar el grado de diversidad entre las 69 accesiones. Al igual que con la caracterización fenotípica, los marcadores ISSR no lograron agrupar a las accesiones según su ubicación geográfica. Demostrando que, si bien existe una gran diversidad dentro y entre las especies no se puede explicar en base a la distribución geográfica y es posible que se explique mejor si se hubieran considerado a los factores culturales.

Otro trabajo que si consideró algunas variables culturales fue la investigación hecha en Roraima, norte de la Amazonia brasileira. Barbosa, Mourão Júnior & Luz (2010) [38] estudiaron las diferencias en el patrón morfológico de frutos de ajíes utilizadas por grupos indígenas tradicionales (que viven en aldeas) y grupos no indígenas (derivados de la migración/colonización, tuvieran o no mestizaje, ubicados fuera de las áreas indígenas).

Los autores utilizaron una base de datos con 182 submuestras de *Capsicum* spp. recolectados en 39 localidades de ese estado (14 indígenas y 25 no indígenas). Los resultados indicaron que existían diferencias morfológicas en los frutos de ajíe relacionadas tanto con la morfología como con la zona de origen del área de recolección, pero no con el origen étnico del grupo. Esto indica que las diferencias están más relacionadas con factores inherentes a las prácticas culturales, fuertemente influenciadas por el entorno, que con la preferencia del usuario.

Hay pocos datos disponibles sobre el conocimiento del estado de la conservación *in situ* / *on farm* y de los usos de los recursos fitogenéticos de *Capsicum* en Brasil. La hipótesis es que se lleva a cabo en todo el territorio nacional por agricultores de comunidades tradicionales. La mayor diversidad de ajíes se ha mantenido en cultivo en terrenos de pequeños y medianos agricultores en muchas regiones del mundo. Esta conservación se puede observar en los registros de estas especies en documentos como diccionarios o vocabularios, recetarios y otros documentos de donde se obtuvieron los usos como medicina para el cuerpo y el alma (Tabla 1). Rêgo, Finger & Rêgo (2012) [39], enfatizan que la Región Amazónica, es un importante centro de diversidad de *Capsicum chinense*, y que durante la última década sufrió una importante erosión genética debido a la presión antrópica, la cual ha sido intensiva. Los autores cuentan que los indígenas de las etnias Macuxi, Wapichana, Yekuana utilizan el ajíe en un plato típico de comida local llamado damorida (sopa de ajíe). Los Yanomami y Wapichana lo usan como castigo infantil y planta medicinal. En las últimas décadas, las variedades locales de ajíes de Brasil han sido reemplazadas por variedades comerciales y este hecho ha ayudado a que ocurra una disminución de la variabilidad de los ajíes en la actualidad.

En Brasil los Bancos de Germoplasma conservan *ex situ* una gran diversidad de los recursos fitogenéticos de *Capsicum*. Un ejemplo es el Banco de Germoplasma de Embrapa que mantiene una colección de 5428 accesiones [40], pertenecientes a 21 especies de *Capsicum*, de las cuales 1501 accesiones fueron identificados solo a nivel de género y, por lo tanto, se desconoce el nivel de domesticación, 2660 corresponden a las cinco especies domesticadas, y 1267 pertenece a 16 especies semidomesticadas y silvestres de *Capsicum*. En la Tabla 1, se puede ver 24 especies con registros de colectas en Brasil, con un total de 2264 especímenes en herbarios y 2668 accesos de *Capsicum* en los Bancos de Germoplasma de Embrapa. De estas especies solamente 5 fueron registradas en diccionarios de lenguas indígenas y con usos en recetas y usos medicinales para el cuerpo y para el alma, que fueron las especies domesticadas *Capsicum chinense*

Jacq., *Capsicum frutescens* L, *Capsicum baccatum* L.var. *pendulum*, *Capsicum annuum* L. var. *annuum* y *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.

En cuanto a los nombres de ajíes dados en lenguas indígenas, se realizaron 74 registros. De estos registros solo se identificaron 3 especies, las cuales fueron: *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* (Tabla 1). Los demás registros solo se identificaron con nombres comunes (Tabla 2).

Tabla 1: Especies de *Capsicum* existentes en Brasil, registros de estas plantas en herbarios y bancos de germoplasma brasileños. Además de registros de estas especies en diccionarios de lenguas indígenas, usos en recetas y usos medicinales y religiosos.

	Especie	Herbarios diversos	Bancos de Germoplasma*	Lenguas	Recetarios	Medicina del cuerpo y del alma
SILVESTRES	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>	19 ⁴¹ to 42 ³⁶				
	<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	29 ⁴¹ to 83 ³⁶				
	<i>Capsicum caatingae</i> Barboza & Agra	70 ⁴¹ to 87 ³⁶				
	<i>Capsicum</i> <i>campylopodium</i> Sendtn.	94 ⁴¹ to 24 ³⁶	1 ⁴⁰			
	<i>Capsicum carassense</i> Barboza & Bianch.	1 ⁴²				
	<i>Capsicum coccineum</i> (Rusby) Hunz.	16 ³⁶ to 27 ⁴¹				
	<i>Capsicum cornutum</i> (Hiern) Hunz.	12 ⁴¹ to 24 ³⁶				
	<i>Capsicum flexuosum</i> Sendtn.	164 ⁴¹ to 269 ³⁶	6 ⁴⁰			
	<i>Capsicum friburgense</i> Barboza & Bianch.	4 ⁴¹ to 9 ³⁶				
	<i>Capsicum hunzikerianum</i> Barboza & Bianch.	3 ³⁶ to 20 ⁴¹				
	<i>Capsicum longidentatum</i> Agra & Barboza	21 ³⁶ to 23 ⁴¹				

	<i>Capsicum mirabile</i> Mart.	39 ⁴¹ to 66 ³⁶				
	<i>Capsicum parvifolium</i> Sendtn.	81 ³⁶ to 114 ⁴¹	1 ⁴⁰			
	<i>Capsicum pereirae</i> Barboza & Bianch.	27 ⁴¹ to 29 ³⁶				
	<i>Capsicum praetermissum</i>	42 ³⁶ to 62 ⁴¹				
	<i>Capsicum recurvatum</i>	58 ⁴¹ to 82 ³⁶				
	<i>Capsicum schottianum</i>	22 ³⁶ to 52 ⁴¹				
	<i>Capsicum villosum</i> var. <i>multicum</i>	5 ³⁶ to 17 ⁴¹				
	<i>Capsicum villosum</i> var. <i>villosum</i>	7 ³⁶ to 35 ⁴¹				
DOMESTICADOS NATIVOS	<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	272 ³⁶	1854 ⁴⁰	1 ⁴³	10 ²⁹	
DOMESTICADOS INTRODUCIDOS	<i>Capsicum frutescens</i> L.	158 ³⁶	407 ⁴⁰	1 ⁴³	3 ²⁹ to 1 ³¹	1 ⁴⁴ to 1 ⁴⁵ to 2 ¹⁸
	<i>Capsicum baccatum</i> L. var. <i>pendulum</i>	37 ³⁶	213 ⁴⁰		7 ²⁹	
	<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>annuum</i>	14 ³⁶	180 ⁴⁰	2 ⁴³	20 ²⁹ to 25 ³¹	1 ⁴⁶
	<i>Capsicum pubescens</i> Ruiz & Pav.	5 ³⁶	6 ⁴⁰		1 ²⁹	

*Datos del sitio web Alelo-Embrapa [40] referentes a accesiones pertenecientes a los BAGs de Embrapa Clima Temperado, Embrapa Hortaliças, Banco Genético-Cenargen, Universidade Federal de Viçosa y Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Tabla 2: Lenguas indígenas, nombre del ají en la lengua indígena y el nombre común en portugués.

Lengua	nombre del ají en la etnia	nombre común en portugués	Lengua	nombre del ají en la etnia	nombre común en portugués
Waurá	Aipiu'na ⁴⁷	Pimenta	Warazu do guaporé	Tái ⁵⁵	Pimenta
Waurá	Kata'muti ⁴⁷	Pimenta	Wakathautheri	Prika ⁵⁶	Pimenta malagueta
Waurá	Aisa'palu ⁴⁷	Pimenta	Aikanã	Urukine ⁵⁷	Pimenta
Mawé	Mucé ⁴⁷	Pimenta	Ka`apór	Ky`i ⁵⁸	Pimenta
Tembé	Quii ⁴⁹	Pimenta	Tupi- antigo	Kyynha ⁵⁹	Pimenta
Tembé	Tay ⁴⁹	Pimenta	Arawak	Aalihitako ³¹	Pimenta bico de jaburu
Tembé	Tay puku ⁴⁹	Pimenta comprida	Arawak	Aamo ³¹	Pimenta roxa
Tembé	Tayaci ⁴⁹	Pimenta	Arawak	Aawi ³¹	Pimenta agulha malagueta
Tembé	Ta-z-a'i a'i ⁴⁹	Pimenta malagueta	Arawak	Botaothe ³¹	Pimenta botão (pimenta de bode)
Tembé	Coô ⁴⁹	Pimenta	Arawak	Dzaka inapa ³¹	Pimenta braço de camarão
Arikapu	TçRçt ⁴⁹	Pimenta	Arawak	Dzakoihe ³¹	Pimenta de cheiro
Baniwa	Áatti ⁵¹	Pimenta	Arawak	Dzaatte hitako ³¹	Pimenta bico de tucano
Baniwa	Nodzákoire ⁵¹	Abacaterana	Arawak	Dzawietsha ³¹	Pimenta dente de onça
Baniwa	Kapitstrhíwi ⁵¹	Pimenta malagueta	Arawak	Dzoodzo hitako ³¹	pimenta bico de peixe lápis
Baniwa	Ka tóoto ⁵¹	Pimenta grande e ardosa	Arawak	Eewaapa ³¹	Pimenta de caba amarela
Baniwa	Mítsa ⁵¹	Pimenta torrada	Arawak	Ixedonithe ³¹	Pimenta fruto de ixedoni (árvore da beira do rio)
Baniwa	Wítshia ⁵¹	Pimenta	Arawak	Halene ³¹	Pimenta branca
Wari	Tsaji-tsaji ⁵²	Pimenta	Arawak	Haliakalithe ³¹	Pimenta fruto de haliakali
Kinikinau	Teeti ⁵²	Pimenta	Arawak	Hemalithe ³¹	Pimenta fruta de abiu
Kwazá	Hade ⁵³	Pimenta	Tukano ye'pâ-masa	Biá ³¹	Pimenta
Jabuti	Teteño ⁵⁴	Pimenta	Arawak	Maako ³¹	Pimenta marrom
Arawak	Hipolene ⁵⁰	Pimenta fruta verde	Arawak	Makoweiithi ³¹	Pimenta olho de urutau

Arawak	Holito iattite ³¹	Pimenta do pombo	Arawak	Kowaidathe ³¹	Pimenta fruta de castanha
Arawak	Kadzaliwi ³¹	Pimenta flor de molongó	Arawak	Maroli hitako ³¹	Pimenta tucano pequeno
Arawak	Kamapo ³¹	Pimenta mápoo (camapu)	Arawak	Moropi ³¹	nombre tomado de idioma nhengatu
Arawak	Kapatane ³¹	Pimenta fruto de parede acanalada	Arawak	Nerithi ³¹	Pimenta olho de veado
Arawak	Kapatsidalipe ³¹	Pimenta de fruto achatado	Arawak	Peerihitako ³¹	Pimenta bico de gavião real
Arawak	Kapitsiriwi ³¹	Pimenta flechinha de zarabatana	Arawak	Peritsota ³¹	Pimenta unha de gavião real
Arawak	Katoto ³¹	Jolokia baniwa	Arawak	Phito-hiwida ³¹	Pimenta cabeça de grilo
Arawak	Kawathsidalipe ³¹	Kawathsidalipe pimenta camuti	Arawak	Pirikitothe ³¹	Pimenta olho de periquito
Arawak	Kerekerethe ³¹	Pimenta olho de periquito (cumari)	Arawak	Pomenhiri ³¹	Pimenta cheirosa
Arawak	Koitsi hitako ³¹	Pimenta bico de mutum	Arawak	Ttalattalane ³¹	Pimenta leve e achatada
Arawak	Koori hitako ³¹	Pimenta bico de corocoró	Arawak	Wiiitshia ³¹	Pimenta pipira
Arawak	Koowheiwaaphi ³¹	Pimenta bunda de saúva	Tupi- antigo	Kiya ⁴²	pimenta que arde, queima
Arawak	Kopitte ³¹	Pimenta fruta de cebolão	Tupi- antigo	Aky ⁴²	pimenta fraca
Arawak	Madzawithe ³¹	Pimenta jurubeba	Tupi- antigo	Apuan ⁴²	Pimenta redonda
Arawak	Maipanalí ³¹	Pimenta tapioca de inambu	Tupi- antigo	Kumary ⁴²	Alimento que dá alegria

3.1 Ajíes como comida

En Brasil, la gastronomía debe ser analizada en relación a la heterogeneidad cultural que utiliza la gran riqueza biológica que se tiene [60]. A pesar de que existen muchas influencias culturales, la cocina brasileña es el maravilloso resultado de la fusión y aculturación de los hábitos alimenticios de los portugueses colonizadores, los indígenas y los esclavos africanos. Esta fusión se expresa a través de deliciosos platillos donde se reconocen algunas categorías y posibles raíces culturales y que simbolizan diferentes regiones en constante cambio [61]. En este estudio se trató de correlacionar la ascendencia cultural (indígena o africana) con la adscripción geográfica. Por ejemplo, en el norte hay mayor población indígena entonces la comida y los platillos típicos fue donde más se utilizaron los ajíes. En los datos de este trabajo se encontraron 40 recetas en la región norte del Brasil (39 recetas saladas y 1 dulce), 17 en la región nordeste (todas recetas saladas), 20 en la región centro-oeste (recetas saladas), 6 en la región sudeste (recetas saladas) y 12 en la región sur (11 recetas saladas y 1 dulce). En estas recetas los ajíes fueron identificados por sus nombres comunes para tratar de explorar algunos patrones de uso ya que los nombres comunes varían según las regiones. Pocas recetas tenían la especie identificada, como: *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens* y *Capsicum pubescens*. Los principales nombres comunes registrados son: “Pimenta malagueta” (*C. frutescens* ó *C. annuum*) con 14 registros de recetas saladas, “Pimenta de cheiro” con 22 registro de recetas saladas, “Pimenta dedo de moça” (*C. annuum*) con 14 registros (4 de recetas dulces y 10 saladas), “Pimenta cumarí do Pará” (*C. chinense*) con 8 registro de recetas saladas, “Pimenta biquinho” (*C. chinense*) con 5 recetas saladas, “Pimentão” (*C. annuum*) con 31 registros de recetas saladas y la “Pimenta doce” con 3 recetas saladas (Tabla 1).

3.2 Ajíe como medicina para el cuerpo

Muchas propiedades medicinales de *Capsicum* están siendo destacadas en la medicina actual debido a sus reconocidas propiedades útiles para reducir o prevenir enfermedades crónicas [62; 63], como la actividad antioxidante y anticancerígena [64; 65; 66]. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las comunidades tradicionales han utilizado las propiedades medicinales de estas especies durante muchos años, y para validar estos usos ancestrales, a continuación, se hace una breve descripción:

- (1) Ciertas enfermedades infecciosas o parasitarias: medicina para verminoses [67]; habitantes de “Cabeça D'Onça”, localidad de planicie de inundación, ubicada a orillas del río Amazonas. Perteneciente al municipio de Santarém, estado de Pará, la comunidad consta de aproximadamente 330 habitantes, en esta comunidad utilizan *Capsicum frutescens* contra gusanos y amebas [45]; una comunidad Wapichanad del leste de Roraima utilizaba los ajíes en tratamiento para Malaria [68].
- (2) Trastornos mentales, del comportamiento o del neurodesarrollo: indígenas “Murui-Muinane” utilizaban *Capsicum chinense* para curar enfermedades mentales [69].
- (4) Enfermedades del sistema visual: pueblos “Yanomamis” utilizaban *Capsicum frutescens* para tratar la oftalmia [45].
- (6) Enfermedades del sistema respiratorio: pueblos Maias y Astecas utilizaban en casos de quemaduras y en el tratamiento del asma, tos y dolores de garganta preparados con ajíes además de maíz [70]; en el tratamiento del asma, tos y dolores de garganta [17]; pueblos “Yanomamis” utilizaban *Capsicum frutescens* para tratar infecciones respiratorias [45].
- (7) Enfermedades del sistema digestivo: *Capsicum frutescens* de forma oral como acción protectora gástrica [43]; para el sistema digestivo, antioxidante, fuente de vitaminas (especialmente C) y ácido fólico [71].
- (8) Enfermedades de la piel: *C. frutescens* en el caso de afecciones de la piel, las hojas se utilizan para tratar 'picazón', 'tela blanca' e incrustaciones [18]; para tratar manchas en la cara [72].
- (9) Enfermedades del aparato locomotor o del tejido conjuntivo: uso de compresas, emplastos y fricciones hechas con la planta de *C. frutescens* [44].
- (11) Embarazo, parto o puerperio: comunidades quilombolas do Amapá utilizan ajíes para aliviar los calambres [73]; mujeres indígenas del bajo Amazonas utilizan ajíes en baños posparto [18].
- (12) intoxicaciones: tratamiento de heridas de mantarraya [18]; tratamiento de mordedura de serpiente utilizadas por indios colombianos [74]

En estos estudios se registraron 21 usos medicinales de los ajíes y solamente 3 especies, que son *Capsicum annum*, *Capsicum chinense* y *Capsicum frutescens* (Tabla 1).

3.3 Ajíe como medicina para el alma

En los últimos años han aumentado las enfermedades endémicas y existe, a nivel mundial, un movimiento de redescubrimiento de antiguas prácticas curativas, métodos terapéuticos tradicionales, espiritistas y esotéricos [75]. La medicina convencional se limita a entender la enfermedad como sólo un fenómeno biológico, mientras que la antropología de la salud busca comprender que la enfermedad tiene diferentes concepciones y representaciones para los diversos grupos socioculturales constituidos. Los significados de la enfermedad son construcciones de experiencias. Experiencias personales sentidas, percibidas y experimentadas por los individuos y su grupo, donde las búsquedas terapéuticas están directamente ligadas a estos significados [76].

A su vez, existe una serie de usos mágico-religioso-espirituales ligados a los ajíes y pueblos tradicionales en Brasil. Uno de los más interesantes, según Nascimento Filho et al. (2007) [67] es el uso de un ajíe silvestre que nace naturalmente en cadenas montañosas de Roraima. Para los indígenas, estos ajíes son plantados en sus jardines por "Curupira" o "Ataí-taí" (figura mitológica brasileña, el guardián de los bosques). Debido a esta creencia mística, este ajíe recibe el nombre simbólico de "Pimenta do Curupira" o simplemente "pimi'ró" (ajíe pequeño, en lengua Macuxi). Esta especie es *Capsicum chinense*. El uso simbólico y medicinal del ajíe es muy amplio por los indígenas "lavrados" (cerrado / savana), así llamados, porque estos grupos étnicos viven en regiones de vegetación abierta regionalmente llamadas "lavrado" [77].

La medicina espiritual tradicional vinculada a los ritos afrobrasileños, especialmente los de "macumba", "candomblé" o "umbanda", que son religiones de origen africanas [78], también son relevantes. En estos ritos se busca curar el mal que extrañamente se colocó sobre la persona o erradicar el mal que le hace sufrir y en muchas veces se utilizan los ajíes. Citado correctamente por Barbieri & Stumph (2008) [79], los ajíes son más que un condimento son un elemento cultural versátil. Una de las creencias populares en Brasil es que los ajíes, junto con otras hierbas (espada de San Jorge, ruda, planta de Guinea, conmigo-nadie-puede, romero y albahaca) se pueden cultivar juntos con la intención de alejarse "mau olhado" (mal aire) y vibraciones negativas. Torres (2018) [80], en su trabajo sobre la relación de especies botánicas utilizadas en los templos

de Umbanda Nagô, relevó que las especies de *Capsicum* más utilizadas en los rituales fueron *Capsicum baccatum* var. *pendulum* (pimenta dedo-de-moça), *Capsicum frutescens* (pimenta malagueta) y *Capsicum annuum* (pimentão).

4. Consideraciones Finales

En este trabajo se validó que existe un amplio rango de usos de los ajíes en Brasil. Los usos están ligados a las tradiciones locales y también a la diversidad de ajíes domesticados de las especies disponibles en ciertas regiones. En México se utilizan los ajíes silvestres [81] y es posible que en Brasil también, aunque no tenemos las evidencias directas. En este trabajo destaca que dentro de la biodiversidad brasileña se encuentra una gran variabilidad de variedades de ajíes de especies domesticadas de *Capsicum*. Aunque debido al tamaño y diversidad de culturas en este territorio todavía faltan trabajos etnobotánicos.

Existen pocos registros de conservación *in situ*, sin embargo, documentos analizados como diccionarios, con registros de especies y nombres comunes de ajíes en lenguas indígenas, recetas e incluso los usos medicinales y religiosos están incorporados a las culturas, esto permite inferir que los ajíes siempre han estado presentes en la cultura brasileña y, en consecuencia, las personas que los utilizan son quienes han conservado el germoplasma *in situ*. Por ello, debemos continuar practicando la conservación *ex situ* e ir incorporando algunas estrategias que también promuevan la conservación *in situ*.

Referencias

1. Leite, PSS; Rodrigues R; Silva RNO; Pimenta S; Medeiros AM; Bento CS; Gonçalves LSA. Molecular and agronomic analysis of intraspecific variability in *Capsicum baccatum* var. *pendulum* accessions. *Genetics and Molecular Research*, 2016, 15(4), 1-16.
2. Almeida, BM; da Silva, VB; Peron, AP; de Lima Feitoza, L. Pimentas *Capsicum* L.: aspectos botânicos, centro de origem, diversificação e domesticação, importância socioeconômica e propriedades terapêuticas (parte I). Pimentas *Capsicum* L.: aspectos botânicos, centro de origem, diversificação e domesticação, importância socioeconômica e propriedades terapêuticas (parte I), 2020. 1-388.
3. Carrizo García, C; Barfuss, MH; Sehr, EM; Barboza, GE; Samuel, R; Moscone, EA; Ehrendorfer, F. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, *Solanaceae*). *Annals of botany*, 2016. 118(1), 35-51.

4. Barboza, GE; Carrizo García, C; Leiva González, S; Scaldaferrro, M; Reyes, X. Four new species of *Capsicum* (Solanaceae) from the tropical Andes and an update on the phylogeny of the genus. PloS one, 2019. 14(1), e0209792.
5. Barboza, G. E., García, C. C., de Bem Bianchetti, L., Romero, M. V., & Scaldaferrro, M. (2022). Monograph of wild and cultivated chili peppers (*Capsicum* L., *Solanaceae*). *PhytoKeys*, 200, 1.
6. Bianchi, PA; da Silva, LRA; da Silva Alencar, AA; Santos, PHAD; Pimenta, S; Sudre, CP; Corte, LED; Gonçalves, LSA; Rodrigues, R. Biomorphological Characterization of Brazilian *Capsicum Chinense* Jacq. Germplasm. Agronomy, 2020. 10(3), 447.
7. Clement, CR; de Cristo-Araújo, M; Coppens D'eeckenbrugge, G; Alves Pereira, A; Picanço-Rodrigues, D. Origin and Domestication of Native Amazonian Crops. Diversity, 2010. 2(1): 72-106.
8. Dias, KNL; Silva, ANF; Guterres, AVF; Lacerda, DMA; de Almeida, JREB. A importância dos Herbários na construção de conhecimentos sobre a diversidade vegetal. Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas, 2019. 11(1).
9. Ruiz, JYL; Chávez, MSP; Martínez de Anda, JA; Ramírez, JS. Distribución ecogeográfica del chile silvestre en México y su conservación *ex situ*. In: Los chiles que dan sabor al mundo. 2018. p. 93- 107.
10. Brown, CH; Clement, CR; Epps, P; Luedeling, E; Wichmann, S. The paleobiolinguistics of domesticated chili pepper (*Capsicum* spp.). Ethnobiology Letters, 2013. 4:1-11.
11. Chiou, KL; Hastorf, CAA. systematic approach to species-level identification of chile pepper (*Capsicum* spp.) seeds: Establishing the groundwork for tracking the domestication and movement of chile peppers through the Americas and beyond. Economic botany, 2014. 68(3), 316-336.
12. Reifschneider, FJ.B. (Org.). *Capsicum*: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília, DF:EMBRAPA Hortaliças, 2000. 113 p.
13. Carneiro, HS. Comida e sociedade: significados sociais na história da alimentação. História: questões & debates, 2005. 42(1).
14. Staden, H. Viagem ao Brasil. Rio de Janeiro: Officina Industrial Graphica, 1930. 184 p.
15. Heiser Junior, CB. Peppers – *Capsicum* (Solanaceae). In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. Evolution of crop plants. London: Longman, 1995. p. 449-451.
16. Barbieri, RL; Neitzke, RS. Pimentas do gênero *Capsicum*. Cor, fogo e sabor. In: Origem e evolução de plantas cultivadas, Barbieri, R. L; Stumpf, E.R. T. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2008. 728-745.
17. Bosland, PW; Votava, EJ. Peppers: vegetable and spice *Capsicum*. Wallingford: CABI Publishing, 2000. (Crops Production Science in Horticulture, 22). 224 p.
18. Roman, ALC; Ming, LC; Carvalho, ID; Sablayrolles, MDGP. Uso medicinal da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) em uma comunidade de várzea à margem do rio Amazonas, Santarém, Pará, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, 2011. 6, 543-557.
19. Porto, FRC; Silva, JC. Etnobotânica E Uso Medicinal Da Pimenta Malagueta (*Capsicum frutescens* L.) Pelos Horticultores E Consumidores Da Horta

- Comunitária Da Vila Poty, Teresina, Piauí, Brasil/Ethnobotany and Medicinal Use Pepper Chilli (*Capsicum frutescens* L.) by horticulturi. Revista FSA (Centro Universitário Santo Agostinho), 2013. 9(1), 139-152.
20. Brasil- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística). Dimensionamento Emergencial de População Residente em Áreas Indígenas e Quilombolas para Ações de Enfrentamento à Pandemia Provocada pelo Coronavírus 2020. Subsídios para o Ministério da Saúde visando ao Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra a COVID-19. Rio de Janeiro, 2021. Disponible en: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca>- Acesso en 4 feb. de 2022.
 21. Brasil- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística). População indígena e quilombola. Censo demográfico 2010. Disponible em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias>- Acesso en 4 feb. De 2022.
 22. ISA- Instituto Socioambiental. Mapa de terras indígenas no Brasil (2015). Disponible en: https://img.socioambiental.org/v/publico/institucional/terrasindigenas/mapa_TI_brasil_2015_A4_2.jpg.html. Acesso en 6 jun.
 23. Abril- Coleção Cozinha Regional Brasileira. v.2. Bahia/ Editora Abril. São Paulo. 2009. 38-136.
 24. Abril- Coleção Cozinha Regional brasileira. V.3. Rio Grande do Sul/ Editora Abril- São Paulo. 2009.70-88.
 25. Abril- Coleção Cozinha Regional brasileira. V.5. Rio de Janeiro/ Editora Abril- São Paulo. 2009. 48-150.
 26. Abril-Coleção Cozinha Regional brasileira. V.15. Goiás/ Editora Abril- São Paulo. 2009. 42-150.
 27. Abril- Coleção Cozinha Regional Brasileira. v.18. Pará/ Editora Abril- São Paulo. 2009. 44-152.
 28. Abril- Coleção Cozinha regional Brasileira. v.19. Amazônia: Amazonas, Tocantins, Roraima, Rondônia, Acre e Amapá/ Editora Abril. São Paulo. 2009. 40-146.
 29. Liguanotto Neto, NL. Dicionário Gastronômico: Pimentas com suas receitas. Boccato Editores. 2007. 27-125.
 30. Fernandes, C. Viagem gastronômica através do Brasil. Editora Senac, São Paulo. 2001. 51-190.
 31. Liguanotto Neto, NL. Ervas e especiarias: com suas receitas: dicionário gastronômico. Boccato Editores. 2004. 76- 157.
 32. ISA- Instituto Socioambiental. Baniwa jiquitaia pepper: Pimenta baniwa jiquitaia / tradução Tony Gross. -- São Paulo: Instituto Socioambiental; São Gabriel da Cachoeira, AM: OIBI; Rio Negro: FOIRN, 2018. Disponible en: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/publications/jiquitaia-pepper.pdf>. Acesso en: 15 mar. 2022.
 33. Costa, MFS. Pelotas a Mesa a Simplicidade do Sofisticado. Editora Textos. Pelotas, RS. 333 p. 2010. 88-161.
 34. Castanho, T; Bianchi, L. Cozinha de origem. São Paulo: Publifolha, 2013. 256p.
 35. OMS- Organización Mundial de Salud (2021) ICD-11 versión 09-2020. Disponible en: <https://icd.who.int/en>. consultado en 15 febr. de 2022.

36. INCT-HVFF (Instituto Nacional De Ciência E Tecnologia Herbário Virtual Da Flora E Dos Fungos). Specieslink. Disponível em: <http://splink.cria.org.br/> Acesso em 18 feb. 2022.
37. Brilhante, BDG; Santos, TODO; Santos, PHAD; Kamphorst, SH; Neto, JDS; Rangel, LH; Valadares, FV; de Almeida, RN; Rodrigues, R; Santos Júnior, AC Moulin, MM. Phenotypic and molecular characterization of Brazilian *Capsicum* germplasm. *Agronomy*, 2021. 11(5), 854.
38. Barbosa, RI; Mourão Júnior, M; Luz, FJDF. Morphometric patterns and preferential uses of *Capsicum* peppers in the State of Roraima, Brazilian Amazonia. *Horticultura Brasileira*, 2010. 28, 477-482.
39. Rêgo, ER; Finger, FL; Rêgo MM. Types, Uses and Fruit Quality of Brazilian Chili Peppers. In: Kralis JF (Ed) *Spices: Types, Uses and Health Benefits*. New York, Nova Science Publishers. 2012. p.01-70.
40. EMBRAPA. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia- Alelo. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/alelo>>. Acesso em: 04 mar. 2022.
41. Khoury, CK; Carver, D; Barchenger, DW; Barboza, GE; van Zonneveld, M; Jarret, R; Bohs, L; Kantar, M; Uchanski, M; Mercer, K; Nabhan, GP; Bosland, PW; Greene, SL. Modelled distributions and conservation status of the wild relatives of chile peppers (*Capsicum* L.). *Diversity and Distributions*, 2020. 26(2), 209-225.
42. Barboza, GE; de Bem Bianchetti, L; Stehmann, JR. *Capsicum carassense* (*Solanaceae*), a new species from the Brazilian Atlantic Forest. *PhytoKeys*. 2020. 140: 125-138.
43. Rodrigues, JB. botânica nomenclatura indígena e seringueiras. 1992. Disponível em: <http://www.etnolinguistica.org/>. Acesso em: 5 mar. 2022.
44. Lorenzi, H; Matos, FJ. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2002.
45. Milliken, W; Albert, B; Gomez, GG. Yanomami: um povo da floresta. Royal Botanic Gardens, Kew, 1999.
46. Ribeiro, BG. Classificação dos Solos e Horticultura Desâna. In: POSEY, D. A.; OVERAL, W. L. (Orgs.). *Ethnobiology: implications and applications*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1990. v. 2. p. 27-49.
47. Petrucci, VA. Dicionário ilustrado Tupi Guaraní. Vocabulário Waurá. Disponível em: <https://www.dicionariotupiguarani.com.br/waura/>. Acesso em: jun. 2022.
48. Coudreau, H. Viagem ao Tapajós. São Paulo/Belo Horizonte: Ed. da USP/Itatiaia, 1977. p. 147-50.
49. Boudin, MH. Dicionário de tupi moderno (Dialeto tembé-tênêthar do alto rio Gurupi). 1978.
50. Ribeiro, RMDL. Dicionário Arikapu/Português: Registro de uma língua indígena amazônica. Guajara-Mirim: Universidade Federal de Rondonia. 2008.
51. Ramirez, H. Dicionário da língua Baniwa. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas. 2001.
52. Silva, D. Estudo lexicográfico da língua terena: proposta de um dicionário terena-português. 2013. 292 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras (Campus de Araraquara).
53. Manso, LVP. Dicionário da Língua Kwazá (Dissertação de Mestrado). 2012. Departamento de Letras e Pedagogia. Mestrado em Ciências da Linguagem.

- Linha: Linguística Indígena. Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Guajará-Mirim.
54. Giacone, A. Pequena gramática e dicionário da língua tucana: missão salesiana do Rio Negro-Amazonas. 1939.
 55. Ramirez, H; Vegini, V; de França, MCV. O warázu do Guaporé (tupi-guarani): primeira descrição linguística. LIAMES: Línguas Indígenas Americanas, 2017. 17(2), 411-506.
 56. Emiri, L. Dicionário yãnomanè, português:(dialeto wakathautheri). Comissão Pro-Índio de Roraima. 1987.
 57. Silva, MFS. Dicionário de raízes da língua Aikanã (Doctoral dissertation, MA thesis, Universidade Federal de Rondônia, Guajará-Mirim]. Disponible en: <http://www.etnolinguistica.org/tese:fatima-2012>. Acceso en: 15 mar. 2022.
 58. Caldas, RBC. Uma proposta de dicionario para a lingua ka'apor. 2009. Tese (doutorado)—Universidade de Brasília, Instituto de Letras, Departamento de Linguística, Português e Línguas Clássicas.
 59. Carvalho, MR. Dicionário tupi (antigo)-português. 1987. Empresa Gráfica da Bahia. Disponible en: <http://www.etnolinguistica.org/> acceso en: 6 feb. 2022.
 60. Mascarenhas, RGT. A diversidade gastronômica como fator de identidade cultural nos campos gerais: potencialidades para o turismo regional. Revista Eletrônica Geografar, Resumos do VI Seminário Interno de Pós-Graduação em Geografia, 2007. v.2, p.65-65.
 61. Campos, RFF; de França Ferreira, J; Mangueira, MN; Gonçalves, MDCR. Gastronomia nordestina: uma mistura de sabores brasileiros.2009. XI Encontro de Iniciação à Docência. Universidade Federal da Paraíba.
 62. Antonious, GF. Capsaicinoids and vitamins in hot pepper and their role in disease therapy. In Capsaicin and its human therapeutic development. IntechOpen.2018.
 63. Salehi, B; Hernández-Álvarez, AJ; Del Mar Contreras, M; Martorell, M; Ramírez-Alarcón, K; Melgar-Lalanne, G; Matthews, KR; Sharifi-Rad, M; Setzeri, WM; Nadeemj, M; Yousafk, Z; Sharifi-Rad, J. Potential phytopharmacy and food applications of *Capsicum* spp.: A comprehensive review. Natural Product Communications, 2018. 13(11), 1934578X1801301133.
 64. Sharma, J; Sharma, P; Sharma, B; Chaudhary, P. In-Vitro Estimation of Antioxidant Activity in Green Chili (*Capsicum annuum*) e Yellow Lantern Chilli (*Capsicum chinense*). International Journal of Research and Review. 2017. 4: 6.
 65. Chhapekar, SS; Ahmad, I; Abraham, SK; Ramchiary, N. Analysis of bioactive components in Ghost chili (*Capsicum chinense*) for antioxidant, genotoxic, and apoptotic effects in mice. Drug and Chemical Toxicology, 2018. 1–10.
 66. Sherova, G; Pavlov, A; Georgiev, V. Polyphenols profiles and antioxidant activities of extracts from *Capsicum chinense* in vitro plants and callus cultures. Food Science and Applied Biotechnology, 2019. 2: 30-37.
 67. Nascimento Filho, HRD; Barbosa, RI; Luz, FJDF. Pimentas do gênero *Capsicum* cultivadas em Roraima, Amazônia brasileira: II. Hábitos e formas de uso. Acta Amazonica, 2007. 37(4), 561-568.
 68. Milliken, W; Albert, B. O uso de plantas medicinais pelos índios Yanomami do Brasil, Parte II. Economic Botany, 51 (3), 264-278. 1997.

69. Frausin, G., Trujillo, E; Correa, M; Gonzalez. V. Plantas útiles en una comunidad indígena Murui-Muinane desplazada a la ciudad de Florencia (Caquetá-Colombia). *Mundo Amazónico*. 2010. 1, 267-278.
70. Cichewicz, RH; Thorpe, PA. The antimicrobial properties of chile peppers (*Capsicum* spp.) and their uses in Mayan medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 1996. New York, 52, p. 61-70.
71. Trani, P; Passos, F; Melo, A; Tivelli, S; Bovi, O; Pimentel, E. Hortaliças e plantas medicinais: manual prático, rev. atual. 2010. Campinas: Instituto Agrônômico.
72. Santos, MNR. (Coord.). Remédios caseiros. Santarém: Colégio Dom Amando, 1992. 15 p.
73. Pereira, LA; Silva, RBL; Guimarães, EF; Almeida, MZ; Monteiro, ECQ; Sobrinho, FAP. Plantas medicinais de uma comunidade quilombola na Amazônia Oriental: aspectos utilitários de espécies das famílias *Piperaceae* e *Solanaceae*. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Brasília, 2007. v. 2, n. 2, p. 1385-1388.
74. Otero, R; Núñez, V; Barona, J; Fonnegra, R; Jiménez, SL; Osorio, RG; Saldarriaga, M; Díaz, A. Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia. Part III: Neutralization of the hemorrhagic effect of *Bothrops atrox* venom. *Journal of Ethnopharmacology*, 2000. New York, v. 73, p. 233-241.
75. Peixoto, N. As flores de Obaluaê: o poder curativo dos Orixás. 2018. – 2. ed. – Porto Alegre: Besouro Box.
76. Astolfo, S. Terreiros de umbanda e candomblé como espaços de tratamento e cura no Brasil: uma revisão sistemática. 2014. Monografia (Graduação em Saúde Coletiva). Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, Faculdade de Saúde Coletiva.
77. Barbosa, RI; Miranda, IS. Fitofisionomias e diversidade vegetal das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R.I.; XAUD, H.A.M.; COSTA E SOUZA, J.M. (orgs.), *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris*. Boa Vista, FEMACT. 2005. p. 61-78.
78. Gomes, HHS; Dantas, I.C; Catão, MHC. Plantas medicinais: sua utilização nos terreiros de umbanda e candomblé na zona leste de cidade de Campina Grande-PB. *BioFar – Revista de Biologia e Farmácia*, 2008. v. 3, n. 1, p. 110-129.
79. Barbieri, RL; Stumpf, ERT. Mais do que um simples tempero- a versatilidade das pimentas. 2008. Embrapa Clima Temperado-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E).
80. Torres, VS. Relação de espécies botânicas empregadas nos templos de Umbanda Nagô. *Unisantia BioScience*, 2018. 7(2), 153-190.
81. Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila, M. A., Manzanero-Medina, G. I., & Katz, E. Chile (*Capsicum* spp.) as Food-Medicine Continuum in Multiethnic Mexico. *Foods*, 2021. 10(10), 2502.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho contribui para a caracterização de pimentas do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado, demonstrando a riqueza dos acessos encontrados, que podem ser utilizados para diversas finalidades.

Através da variabilidade genética encontrada em cada uma das espécies presentes neste banco de germoplasma, e após ser realizada a caracterização dos compostos bioativos, foi possível identificar acessos ricos em carotenoides, antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante, que podem ser utilizados em programas de melhoramento com intuito de incorporar esses compostos em alimentos funcionais, cada vez mais desejados pela população.

Além disso, ao realizar a caracterização morfológica de um acesso segregante do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado, foi identificada a segregação para quase todos os caracteres avaliados, evidenciando que o acesso P100 é indicado para uso em programas de melhoramento que busquem desenvolver cultivares de pimentas ornamentais.

Por fim, o estudo etnobotânico realizado permitiu a reflexão acerca da origem, dos usos de pimentas na alimentação e em ritos religiosos, além dos usos medicinais. Este estudo possibilitou interligar informações como, por exemplo, o fato de que as diferentes regiões geográficas brasileiras refletem na culinária e nos usos religiosos das pimentas a sua etnia, ou seja, está diretamente relacionado com os povos que habitam estas regiões.

Os resultados obtidos na presente tese são de suma relevância para o meio acadêmico científico, em especial para a área de fitomelhoramento e de recursos genéticos, uma vez que demonstra de forma concreta a importância da conservação, caracterização e avaliação de acessos de um banco ativo de germoplasma. Este trabalho de pesquisa, apesar de trazer bons resultados, ainda não esgota o assunto e, com isso, gera subsídios para o desenvolvimento de novas pesquisas, em especial para os melhoristas de plantas, uma vez que foram identificados acessos de pimenta promissores para uso em programas de melhoramento genético, tanto ricos em compostos bioativos, como também para serem utilizados como cultivares ornamentais.

Vale ressaltar a importância do estudo etnobotânico realizado. Um levantamento das espécies de *Capsicum* existentes no Brasil, relacionando com os principais usos alimentares, medicinais e religiosos dos povos tradicionais. Este trabalho possibilitou a elaboração de inúmeras hipóteses, além de algumas reflexões acerca da origem e estabelecimento dos cultivos, como eles estão entrelaçados com os hábitos alimentares, com as crenças e curas medicinais alternativas. Além disso, foi possível constatar que nas regiões do Brasil onde a população é em sua maior parte indígena ou afrodescendente, maior é o consumo de pimentas, verificado em especial nos pratos típicos destas regiões.

Ao longo de dois anos de pandemia aconteceram algumas mudanças de hábitos por parte da população. Neste momento de isolamento social as pessoas começaram a buscar alternativas de melhores condições de qualidade de vida. Dentre estas alternativas, uma das demandas foi a busca por uma alimentação saudável e a procura por plantas ornamentais, com intuito de tornar o lar mais aconchegante possível. Neste sentido, esta tese traz como contribuição genótipos de pimentas ricos em compostos bioativos, com intuito de proporcionar propriedades farmacológicas e nutracêuticas e suprir essa necessidade de mercado. Além disso, foram caracterizadas populações segregantes de pimentas com características ornamentais. As plantas ornamentais têm a função de transmitir harmonia, sensação de tranquilidade e conforto, contribuindo para o bem-estar mental e físico essenciais neste momento pandêmico.

Outra temática atual que esta tese visa debater é a relação da sociedade brasileira com os povos tradicionais, em especial indígenas e afrodescendentes. Existe uma invisibilidade social destas comunidades. Historicamente, os povos indígenas vêm sofrendo com violências físicas e também desapropriação de terras por falta de políticas públicas que garantam seus direitos. Reverenciar estas culturas, grandes responsáveis pela domesticação e conservação de plantas, dotadas de grande conhecimento é justo e necessário, tendo em vista este cenário e a importância destes povos originários do Brasil. Os afrodescendentes também são marginalizados, sofrem preconceitos de racismo estrutural mesmo sendo um país tão diverso. As comunidades negras rurais que mantêm vivam a cultura e tradições africana preservando as questões culturais de seus antepassados são denominados quilombolas, e fornecem relevantes

contribuições para a conservação da agrobiodiversidade e diversidade sociocultural para o Brasil.

Neste sentido, esta tese retribui à sociedade os recursos que foram investidos na minha formação acadêmica. Essas contribuições visam trazer inovações que possam incidir em um cenário pandêmico com algum tipo de benefício às pessoas, mas também levantam questões político-sociais de extrema relevância e possibilitam a visibilidade, ressaltando a importância dos povos e comunidades tradicionais no Brasil.

6 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ANAYA-ESPARZA, L. M., MORA, Z. V. D. L., VÁZQUEZ-PAULINO, O., ASCENCIO, F., & VILLARRUEL-LÓPEZ, A. (2021). Bell peppers (*Capsicum annum* L.) losses and wastes: Source for food and pharmaceutical applications. **Molecules**, 26(17), 5341.
- BATISTA, K. M., MILIOLI, G., & CITADINI-ZANETTE, V. (2020). Saberes tradicionais de povos indígenas como referência de uso e conservação da biodiversidade: considerações teóricas sobre o povo Mbya Guarani. **Ethnoscintia-Brazilian Journal of Ethnobiology and Ethnoecology**, 5(1).
- BUENO, L.C. de S., MENDES, A.N.G., CARVALHO, S.P. (2001). **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA. 282 p.
- CARVALHO, S. I. C., BIANCHETTI, L. B., RIBEIRO, C. S. C., LOPES, C. A. (2006). **Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 27p. (Documentos, 94).
- COMAN, V., TELEKY, B. E., MITREA, L., MARTĂU, G. A., SZABO, K., CĂLINOIU, L. F., & VODNAR, D. C. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. **Advances in food and nutrition research**, 91, 157-225.
- CSILLÉRY, G. (2006). Pepper taxonomy and the AB Ulhoa et al. botanical description of the species. **Acta Agron Hungarica** 54:151-166.
- DANTAS, A. P., QUEMEL, F. D. S., ROMERO, J. S., SANTOS, J. O., LOPES, A. D. (2022). Genetic diversity among pepper (*Capsicum* spp.) accessions estimated by microsatellite markers. **Genetics and Molecular Research**. 21 (1).
- DIEGUES, A. C., Arruda, R. S. V., Silva, V. C. F., FIGOLS, F., Andrade, D. (2000). **Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil**. São Paulo: MMA (p. 211). COBIO/NUPAUB/USP.
- DIÓSZEGI, S., FAZEKAS, M. MAGYAR FÜVÉSZKÖNYV. (1807). **Hungarian Herbal**. Nyomtatta Csáthy györgy Debreczenhenn, 177p.
- DOMENICO, C. I., COUTINHO, J. P., GODOY, H. T., DE MELO, A. M. (2012). Caracterização agronômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**.
- IPGRI- international plant genetic resources institute. (1995). **Descritores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.)**. Roma: IPGRI. 51 p.
- JUNQUEIRA, A.H., PEETZ, M.S. (2008). Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, São Paulo, v.14, n.1, p.37- 52.
- MESQUITA, J. U. C. P., DO RÊGO, E. R., DA SILVA, A. R., DA SILVA NETO, J. J. E., CAVALCANTE, L. C., & DO RÊGO, M. I. M. (2016). Multivariate analysis of the genetic divergence among populations of ornamental pepper (*Capsicum*

annuum L.). **African Journal of Agricultural Research**, 11(42), 4189-4194. 2016.

NAEGELE, R. P., MITCHEL, L.J., HAUSBECK, M. K. (2016). Genetic diversity, population structure, and heritability of fruit traits in *Capsicum annum*. **PLoS One**. 11(7), e0156969.

PADILHA, H.K.M. (2017) **Recursos genéticos de pimentas (*Capsicum*, *Solanaceae*): diversidade genética, resistência à antracnose e produção de metabólitos especializados**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

PÁDUA, J. G., de MEDEIROS, M. B., SIMON, M. F., BUSTAMANTE, P., BARBIERI, R. L., NODARI, R., DIAS, T. (2022). **Conservação in situ e manejo on farm de recursos genéticos vegetais para a alimentação e a agricultura**.

RIBEIRO, C.S.C., REIFSCHNEIDER, F.J.B. (2008). **Genética e melhoramento**. In: RIBEIRO, CSC; LOPES, CA; CARVALHO, SIC; HENZ, GP; REIFSCHNEIDER, FJB (org). *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 55-69.

RODRIGUES, R., BENTO, C.S., SILVA, M.G.M., SUDRÉ, C.P. (2010) **Atividades de caracterização e avaliação em bancos de germoplasma**. In: PEREIRA, T.N.S. *Germoplasma: Conservação, Manejo e Uso no Melhoramento de Plantas*. Viçosa: Arca. p. 115-140.

SAGAR, N. A., PAREEK, S., SHARMA, S., YAHIA, E. M., LOBO, M. G. (2018). Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, 17(3), 512-531.

SAMTIYA, M., ALUKO, R. E., DHEWA, T., MORENO-ROJAS, J. M. (2021). Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. **Foods**, 10(4), 839.

SWARUP, S., CARGILL, E. J., CROSBY, K., FLAGEL, L., KNISKERN, J., GLENN, K. C. (2021). Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. **Crop Science**, 61(2), 839-852.

TRIPODI, P., GRECO, B. (2018) Large scale phenotyping provides insight into the diversity of vegetative and reproductive organs in a wide collection of wild and domesticated peppers (*Capsicum* spp.). **Plants**. 7(4), 103.

ULHOA, A. B., PEREIRA, T. N. S., RIBEIRO, C. D. C., MOITA, A. W., REIFSCHNEIDER, F. J. B. (2018). **Obtenção e caracterização morfoagronômica de linhagens de pimenta do tipo Jalepeño Amarelo**. Embrapa Hortaliças-Artigo em periódico indexado.

ULHOA, A. B., PEREIRA, T. N., SILVA, R. N., RAGASSI, C. F., RODRIGUES, R., PEREIRA, M. G., & REIFSCHNEIDER, F. J. (2014). Caracterização molecular de linhagens de pimenta do tipo Jalapeño amarelo. **Horticultura Brasileira**, 32(01).

de VASCONCELOS, C. S., BARBIERI, R. L., NEITZKE, R. S., PRIORI, D., FISCHER, S. Z., MISTURA, C. C. (2012). Determinação da dissimilaridade genética entre acessos de *Capsicum chinense* com base em características de flores. **Revista Ceres**, 59(4), 493-498.