

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO

THAYLLON DE ASSIS ALVES

**ACESSOS DE *Capsicum* spp. COM POTENCIAL ORNAMENTAL E
RESISTÊNCIA A MÚLTIPLAS DOENÇAS**

ALEGRE - ES
OUTUBRO, 2021

THAYLLON DE ASSIS ALVES

**ACESSOS DE *Capsicum* spp. COM POTENCIAL ORNAMENTAL E
RESISTÊNCIA A MÚLTIPLAS DOENÇAS**

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientadora: Profa. Cíntia dos Santos Bento

ALEGRE - ES

OUTUBRO, 2021

**ACESSOS DE *Capsicum* spp. COM POTENCIAL ORNAMENTAL E
RESISTÊNCIA A MÚLTIPLAS DOENÇAS**

THAYLLON DE ASSIS ALVES

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 15 de outubro de 2021

Comissão examinadora:

Prof. André da Silva Xavier (Doutorem Fitopatologia) – UFES

**Claudia Pombo Sudré (Doutoraem Genética e Melhoramento de Plantas) -
UENF**

**Profa. Cintia dos Santos Bento (Doutoraem Genética e Melhoramento de
Plantas) – UFES**

Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar a oportunidade de viver à cada dia, e permitir chegar a este momento.

A Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade concedida para a realização do curso de pós-graduação em nível de mestrado.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A professora Cintia dos Santos Bento, pela orientação, por todo carinho, atenção, paciência e ajuda durante a minha caminhada acadêmica.

Ao professor André da Silva Xavier, pela co-orientação neste trabalho, por todos ensinamentos e amizade adquiridos ao longo da caminhada, ainda agradeço pela liberação dos isolados de *Colletotrichum* utilizados nos experimentos, além de ceder seu laboratório para realização das pesquisas.

Ao professor Murilo Zerbini, por ter cedido o inóculo do vírus para o trabalho.

A professora Rosana Rodrigues, por ceder o isolado de *Xanthomonas euvesicatoria* para realização do trabalho.

Ao professor Leandro Gonçalves e seus orientados, por sequenciarem o isolado de *Colletotrichum*.

Ao meu pai, Adailton Alves, minha mãe, Marcelina Victor de Assis Alves, por todo carinho e incentivo durante este período.

A minhas irmãs, Thaynnara de Assis Alves e Thammyres de Assis Alves, por toda ajuda, apoio, carinho e atenção durante a execução deste trabalho.

Aos meus amigos Ronei Costa Silva e Gabriel Blunk Rezende Rangel, por toda ajuda nos experimentos e pela amizade que criamos ao longo da caminhada.

Agradeço também aos meus demais familiares, avós tios e tias, por todo carinho e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ainda aos meus companheiros de laboratório, por toda ajuda e troca de conhecimentos.

| | |
|---|----|
| Sumário | |
| RESUMO | 7 |
| ABSTRACT | 9 |
| REVISÃO DE LITERATURA..... | 13 |
| Centro de origem e aspectos botânicos do gênero <i>Capsicum</i> | 13 |
| Importância econômica | 14 |
| Doenças prejudiciais as plantas de <i>Capsicum</i> | 16 |
| OBJETIVO..... | 19 |
| CAPITULO 1 | 20 |
| RESUMO | 21 |
| ABSTRACT | 22 |
| INTRODUÇÃO | 23 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 24 |
| Avaliação da pungência | 27 |
| Resultados e Discussão..... | 29 |
| Teste de agrupamento de média Scott-Knott..... | 31 |
| Genótipos destaques nos parâmetros quantitativos | 38 |
| Características qualitativas | 38 |
| Avaliações da flor..... | 44 |
| Pungência por marcadores moleculares | 47 |
| CONCLUSÃO | 50 |
| REFERÊNCIAS | 51 |
| CAPITULO 2 | 55 |
| RESUMO | 56 |
| ABSTRACT | 57 |
| INTRODUÇÃO | 58 |
| MATERIAIS E METODOS..... | 60 |
| Experimento de resistência a doenças | 60 |
| Experimento para avaliação de resistência a <i>Xanthomonas euvesicatoria</i> | 61 |
| Experimento para avaliação da resistência ao <i>Colletotrichum</i> spp..... | 62 |
| Sequenciamento para a identificação da espécie de <i>Colletotrichum</i> spp. estudada..... | 65 |
| Experimento para avaliação da resistência ao <i>Pepper yellow mosaic virus</i> (PepYMV)..... | 66 |
| Análise estatística..... | 67 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 68 |

| | |
|--|----|
| Resistência de acessos de <i>Capsicum</i> spp. após inoculação com <i>Xanthomonas euvesicatoria</i> | 68 |
| Teste de agrupamento de média <i>Scott-Knott</i> | 68 |
| Resistência quantitativa | 68 |
| Resistência de acessos de <i>Capsicum</i> spp.após inoculação com <i>Colletotrichum scovillei</i> | 74 |
| Teste de grupamento de média <i>Scott-Knott</i> | 74 |
| Fruto imaturo | 74 |
| Fruto maduro | 79 |
| Resistência múltipla | 85 |
| CONCLUSÃO | 86 |
| REFERÊNCIAS | 87 |
| CONCLUSÃO | 93 |
| REFERÊNCIAS | 94 |

RESUMO

As pimentas, pertencentes ao gênero *Capsicum* L. são cultivadas há muito tempo na agricultura familiar, por ter uma boa rentabilidade econômica, devido a sua diversificação de uso. Nos últimos tempos, as pimentas deixaram de ser somente cultivadas para o mercado culinário, farmacêutico e de cosméticos e passaram a se destacar também no mercado de plantas ornamentais, devido principalmente as suas variabilidades de cor e formato de frutos e folhas. Entretanto, o surgimento de doenças, causadas por diversos fitopatógenos, representa um dos fatores limitantes a produção desta cultura. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é identificar acessos de *Capsicum* spp. pertencentes ao BAG - banco ativo de germoplasma da Universidade Federal do Espírito Santo - Brasil, Campus de Alegre, com potencial ornamental e resistentes a múltiplas doenças. Para a avaliação do potencial ornamental foram utilizados 42 acessos de *Capsicum* spp. e a cultivar pimenta picante para vaso, como testemunha, totalizando 43 genótipos. As avaliações morfoagronômicas foram realizadas utilizando o descritor para *Capsicum* do *Bioversity International* (IPGRI). Para a seleção dos genótipos foi realizada a análise de variância e o teste de comparação entre médias Scott-Knott. Para a avaliação da resistência às doenças foram avaliados 41 acessos e duas testemunhas, a cultivar Ikeda (controle negativo) e o UENF 1381 (controle positivo), totalizando 43 genótipos. Para a avaliação da resistência foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso. Para a inoculação da *Xanthomonas* foi utilizado o Isolado ENA 4135, nas concentrações de 10^8 UFC/mL, para a reação de hipersensibilidade, e 10^5 UFC/mL para a avaliação quantitativa. A avaliação foi realizada por meio de escala de notas, sugerida por Riva-Souza (2009). Para a resistência a antracnose foram inoculados cinco frutos, nos estádios imaturo e maduro, de cada planta, utilizando-se uma suspensão de 10^6 conídios/mL. A avaliação foi realizada por meio de escala de notas sugerida por Montri et al. (2009). Para a identificação da resistência ao PepYMV, os acessos foram mantidos em condições protegidas, em gaiolas revestidas com tela antiáfideo, para evitar a transmissão do vírus para outras plantas existentes na área. As plantas foram avaliadas visualmente, utilizando-se o sistema de notas de 1 a 5. Para as análises dos dados foi utilizada a Área Abaixo da Curva de Progresso

da Doença (AACPD) e o período de incubação. Foram encontrados genótipos com potencial ornamental, tanto para cultivo em vaso, quanto, ornamentação de jardins externos. O genótipo 23 apresentou melhores características para o comércio em vaso, e para ornamentação de jardins o genótipo 52. Também foram observados genótipos com resistência para as três doenças, estes foram, 56 e 82 para todas as variáveis e 25 apresentou resistência para todas as variáveis exceto para antracnose em fruto verde. Outros genótipos foram caracterizados para resistência simples para uma única doença, em alguns genótipos foi observada resistência para duas das doenças estudadas.

Palavras-chave: Floricultura, Fitopatógenos, Pimenta.

ABSTRACT

Peppers, belonging to the genus *Capsicum* L., have been cultivated for a long time in family farming, as they have a good economic return, due to their diversification of use. In recent times, peppers are no longer only cultivated for the culinary, pharmaceutical and cosmetics market and have also started to stand out in the ornamental plant market, mainly due to their variability in color and shape of fruits and leaves. However, the emergence of diseases, caused by different phytopathogens, represents one of the limiting factors for the production of this crop. Therefore, the objective of this work is to identify accessions of *Capsicum* spp. belonging to the BAG - active germplasm bank of the Federal University of Espírito Santo -Brazil, Campus de Alegre, with ornamental potential and resistant to multiple diseases. To assess the ornamental potential, were used, 42 accessions of *Capsicum* spp. and the hot pepper cultivar for pot, as a control, totaling 43 genotypes. The morphoagronomic evaluations were performed using the descriptor for *Capsicum* from Bioversity International (IPGRI). For the selection of genotypes, the analysis of variance and the Scott-Knott mean comparison test were performed. To evaluate disease resistance, were used, 41 accessions and two controls were evaluated, cultivar Ikeda (negative control) and UENF 1381 (positive control), totaling 43 genotypes. For the resistance evaluation, a completely randomized experimental design was used. For the inoculation of *Xanthomonas*, the Isolate ENA 4135 was used, at concentrations of 10^8 CFU/mL, for the hypersensitivity reaction, and 10^5 CFU/mL for the quantitative evaluation. The assessment was performed using a grading scale, suggested by Riva-Souza (2009). For resistance to anthracnose, five fruits were inoculated, in the both immature and mature stages, of each plant, using a suspension of 10^6 conidia/mL. The assessment was carried out using the grading scale suggested by Montri et al. (2009). To identify resistance to PepYMV, accessions were kept under protected conditions, in cages lined with an anti-aphid screen, to prevent transmission of the virus to other plants in the area. The plants were visually evaluated, using the grading system from 1 to 5. For data analysis, the Area Below the Disease Progress Curve (AUDPC) and the incubation period were used. Genotypes with ornamental potential were found, both for potted cultivation and for outdoor garden ornamentation.

Genotype 23 had the best characteristic for potted trade, and genotype 52 for garden ornamentation. Genotypes with resistance to the three diseases were also observed, these were 56 and 82 for all variables and 25 showed resistance for all variables except for anthracnose in unripe fruit. Other genotypes were characterized for simple resistance to one disease, and in some genotypes, resistance to two of the studied diseases was observed.

Keywords: Floriculture, pepper, phytopathogens.

INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Capsicum* L. se destacam devido a sua grande variabilidade morfológica, seja relacionado a arquitetura da planta, como porte, forma e coloração das folhas até o aspecto de seus frutos que variam em forma, tamanho e coloração. Essas características fazem das pimentas, plantas de grande potencial para o setor ornamental que busca a cada dia novidades para o mercado. O mercado ornamental vem buscando plantas que se adapte de forma harmoniosa em vasos de diversos tamanhos e as pimentas possuem essa característica que possibilita o seu cultivo em vasos (Leite et al., 2016; Carrizo-García et al., 2016; Costa et al., 2019; Ribeiro et al., 2019).

Dentre as espécies domesticadas podem ocorrer variações em relação ao teor de capsaicina, alcaloide responsável pela pungência em frutos de pimenta. O pimentão, está dentro da espécie *C. annuum* é conhecido por sua baixa pungência. Os genótipos desta espécie possuem grande variabilidade em tamanho de planta, formato e coloração de seus frutos. Por se tratar de uma espécie muito estudada, dentro do gênero, devido principalmente a importância econômica do pimentão, ela se destaca dentro dos programas de melhoramento genético, sendo mais corriqueiro estudos com esta espécie (Silva et al., 2017; Pessoa et al., 2018).

A espécie *C. chinense*, possui as pimentas de cheiro e biquinho como suas representantes. Esta espécie é considerada a mais brasileira dentre todas as cinco domesticadas, pois seu centro de diversidade e domesticação se encontram na bacia amazônica. Seu aroma característico assim como os formatos variados de seus frutos torna esta espécie bem apreciada no setor culinário, fazendo parte de diversos pratos culinários (Ribeiro et al., 2018).

A espécie *C. baccatum* é cultivada nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e são conhecidas como pimenta dedo-de-moça e chapéu de bispo. Já a espécie *C. pubescens* não possui cultivo no Brasil, por ser uma espécie que exige um clima mais frio para o seu desenvolvimento (Carvalho et al., 2014).

Por apresentar uma grande diversidade genética, as pimentas e pimentões, podem ser cultivados em várias partes do mundo, o que possibilita um grande número de países produtores. Segundo a FAO (Organização das

Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), no ano de 2018, China e México se destacaram como maiores produtores de massa fresca e a Índia e a China como produtores de massa seca (FAOSTAT, 2020). No Brasil, o comércio de pimentas ocorre, em sua maioria, de forma *in natura* ou em forma de produtos artesanais característicos de cada região brasileira, como doces, licores e geleias (Barbosa; Mourão Júnior; Luz, 2010). Entretanto, devido à grande variabilidade, relacionada a arquitetura das plantas, formas e colorações de seus frutos, as espécies de *Capsicum* vem despertando o interesse do setor ornamental em todo o mundo (Silva et al., 2017).

As espécies que se destacam neste setor apresentam aspectos estéticos, que chamam a atenção do consumidor, como os diferentes tipos de folhagens, frutos com estádios diferentes de cores ao longo do seu desenvolvimento, além de algumas plantas apresentarem porte pequeno, (Rêgo et al., 2015; Araújo et al., 2019). As pimentas, ornamentais, tem grande aceitação na Europa e nos Estados Unidos da América, já no Brasil, o comércio ainda está em crescimento, restringindo-se a alguns mercados, principalmente os de pequeno porte (Rêgo et al., 2015).

O cultivo de pimentas ornamentais no Brasil, tem sido destaque na agricultura familiar, principalmente como fonte de renda extra. O agronegócio de pimentas, seja ornamental ou não, tornou-se um exemplo de modelo de integração entre pequenos produtores e agroindústrias, gerando vagas de empregos em diversas etapas da cadeia produtiva, aumentando a renda dos municípios produtores (Barbieri; Neitzke; Ueno, 2011).

Contudo, em todas as fazes de produção, os frutos do gênero *Capsicum* estão sujeitos a serem prejudicados, tanto na produtividade quanto na qualidade dos frutos, estes prejuízos podem ser pela presença de pragas e patógenos ou alterações climáticas (Nannetti, 2001). Dentre os patógenos que mais assolam as espécies de *Capsicum* estão as bactérias, fungos e os vírus.

O desenvolvimento de novas cultivares de pimentas, principalmente voltado para o mercado ornamental é fundamental para impulsionar cada vez mais o mercado da floricultura, principalmente no Brasil.

Logo, o objetivo deste trabalho foi identificar no do banco de germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Espírito Santo, acessos com potencial ornamental e com resistência a um ou mais patógenos,

tais como *Xanthomonas euvesicatoria*, *Colletotrichum scovillei* e ao *Pepper yellow mosaic virus*.

REVISÃO DE LITERATURA

Centro de origem e aspectos botânicos do gênero *Capsicum*

As pimentas do gênero *Capsicum* spp., o qual também abrange os pimentões, possuem grande importância, sejam sociais, culturais, econômicas e biológicas. Possui como centro de origem as regiões tropicais, da América central e sul (Costa et al., 2015; Costa et al., 2019).

As pimentas e pimentões, possui grande valor no comércio *in natura* de frutos em todo Brasil, são caracterizadas por terem um ciclo perene, porém são cultivadas como plantas anuais devido a problemas relacionados ao aparecimento de patógenos que causam sérios danos a cultura. O seu cultivo anual, ocorre em sua maioria em vasos de variados tamanhos. (Costa et al., 2015; Costa et al., 2019; Ribeiro et al., 2019).

O gênero possui cerca de 41 espécies, destas, apenas cinco são domesticadas, *C. annum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. e *C. pubescens* (Carrizo García et al., 2016; Barboza et al., 2019, 2020). Mas comercialmente, a mais vista e estudada é a *C. annum* L. (Rêgo & Rêgo, 2016).

A *C. chinense* Jacq. conhecida no Brasil como pimenta-de-cheiro, é considerada uma espécie brasileira, pois tem sua maior diversidade na bacia amazônica, no estado do Amazonas, tendo como principais produtores, desta espécie, pequenos agricultores da região (Souza et al., 2020).

Quando se trata de espécies registradas para cultivo, seja comercial ou ornamental, a *C. annum*, possui mais representantes que as demais espécies. Sendo a espécie mais cultivada no mundo, apresentando grande versatilidade, é utilizada principalmente na medicina, na alimentação e detêm as principais variedades registradas para ornamentação (Pessoa et al., 2021).

A espécie *C. baccatum* nos estudos de melhoramento, é considerada como fonte de diversidade, sendo essencial para o desenvolvimento de novas cultivares melhoradas (Albrecht et al., 2012; Constantino et al., 2020).

A parte aérea das plantas do gênero apresentam variabilidade de acordo com a variedade. As diferenças observadas estão no tamanho das folhas, além do formato e coloração. Dentro dos formatos de folhas, existem as ovaladas, lanceoladas e deltoides, variando entre colorações de verde, amarelo e roxo (Carvalho e Bianchetti, 2007).

As plantas de *Capsicum* possuem flores perfeitas e reprodução preferencialmente por autofecundação. Crispim et al., (2017) estudando flores de pimenta, identificou maior nível de deiscência das anteras após a antese das flores. No mesmo estudo ele também identificou receptividade de estigma nas flores na fase de botão sendo que o maior nível de receptividade foi observado após a antese.

A maioria dos frutos são do tipo baga, de característica oca. Dentre as espécies do gênero, existe grande variabilidade na forma e coloração dos frutos. Podendo apresentar frutos triangulares, alongados, arredondados, entre outros formatos. A coloração varia entre tons de verde, amarelo, laranja, vermelho, roxo e alguns podem apresentar coloração preta em algum estágio de maturação (Carvalho e Bianchetti, 2007).

Importância econômica

As pimentas se apresentam como plantas versáteis, estando presentes na culinária de diversos países. Seu uso na alimentação humana, contribui para a manutenção da segurança alimentar de vários povos que utilizam esses frutos em sua base alimentar. Os frutos de pimenta, possuem compostos fenólicos muito desejáveis para a saúde humana devido a sua alta capacidade antioxidante, o que os tornam importantes no que diz respeito a saúde humana (Garruti et al., 2021).

No Brasil é muito comum o comércio de pimenta de forma *em conserva*, principalmente como produtos típicos de suas regiões. A região nordeste é um dos principais produtores destes produtos (Barbosa; Júnior; Luz, 2010). Nas regiões do semiárido os cultivos de *Capsicum annuum* L. são realizados principalmente por pequenos agricultores, próximos aos mananciais. Uma alternativa de produção que vem sendo estudada para estas regiões é o cultivo hidropônico, pela água disponível na região ter muito teor de sal dificultando o

cultivo. Estudos vem sendo realizados, principalmente em regiões que possuem água com característica salobra, estão buscando alternativas de produção sem redução na produtividade, testando determinadas concentrações de salinidade (Lima et al., 2018).

Os compostos químicos presentes nas pimentas possibilitam sua presença nos comércios de fármacos, medicamentos e produtos de autodefesa, além do seu ponto mais forte, que é a culinária (Neitzke et al., 2016).

A produção de pimentas em geral é importante para o agronegócio mundial, este mercado do consumo de pimentas *in natura*, em conserva, transformados ou ornamental, gera emprego e renda, principalmente para pequenos agricultores (Camara, 2020).

No ano de 2009 foram disponibilizados dados de produção mundial, englobando pimentas e pimentões, referente ao gênero *Capsicum*, sendo a produção *in natura* e desidratados de 31,44 milhões de toneladas numa área de cultivo de 3,71 milhões de hectares, chegando a uma produtividade média de 15,2 ton.ha⁻¹ (*in natura*) e 1,61 ton.ha⁻¹ (desidratados). Neste mesmo ano, o maior produtor mundial era a Ásia, produzindo cerca de 21 milhões de toneladas em 2,36 milhões de hectares. O continente Sul-Americano teve uma produção de 425,29 mil toneladas em 28,58 mil hectares, resultado inferior quando comparado ao continente asiático, certamente um reflexo da falta de levantamento estatístico nos países sul-americanos, principalmente no Brasil (Domencio, 2011; FAOSTAT 2018).

Um setor que vem sendo destaque em todo mundo para as pimentas é a ornamentação (Rêgo & Rêgo, 2018; Nascimento et al., 2019). Principalmente devido aos aspectos fenotípicos contrastantes (Pessoa et al., 2019a; Fortunato et al., 2019), onde destacam principalmente, flores e frutos. Os frutos apresentam diversos tamanhos, formatos e diversos estádios de maturação, onde cada um propicia uma cor diferente para os frutos (Nascimento et al., 2019b).

O melhoramento de espécies do gênero *Capsicum*, voltadas para o setor ornamental é de extrema importância, pois os bancos de germoplasmas possuem genótipos promissores, mas é necessário identificar os que possuem grande produção, associado aos aspectos de interesse, pois quanto maior o

número de frutos por planta, mais ela se torna atrativa para o cliente (Pessoa; Rêgo; Rêgo, 2021).

Amassa do fruto está diretamente relacionada ao seu tamanho, sendo o tamanho e diâmetro do fruto, características que levam a harmonização da planta de pimenta (Silva et al., 2015). Comumente as pimentas selecionadas para fins ornamentais, possuem frutos pequenos e eretos (Melo et al., 2014). Tais características são abordadas na escolha de genitores de pimenta para produção de híbridos ornamentais, principalmente na importância da escolha de frutos pequenos e de coloração variada, assim como características relacionadas a arquitetura das plantas, buscando uma harmonização entre a planta e os vasos utilizados na ornamentação dos ambientes (Pessoa et al., 2018; Pessoa; Rêgo; Rêgo, 2021).

Doenças prejudiciais as plantas de *Capsicum*

As pimentas possuem grande variabilidade genética, possibilitando sua produção em diversos locais, com diferentes climas (FAOSTAT, 2020). Entretanto, o grande fator limitante para a produção de pimentas, tanto para consumos diversos, quanto para ornamentação, é a incidência de patógenos em seus cultivos. Durante todo processo de desenvolvimento da planta, pode ocorrer o surgimento de diferentes patógenos, como bactérias, fungos, vírus e nematoide (Nascimento et al., 2019).

Dentre as doenças bacterianas de importância para a cultura está a mancha bacteriana, causada pela *Xanthomonas euvesicatoria*. Esta bactéria causa danos na parte aérea da planta. Seus sintomas são pequenas manchas necróticas, podendo aparecer pontuais ou formar grandes manchas na folha, de aspecto encharcado, quando detectado nos pecíolos, acontece a necrose do anel. Na flor é comum o aparecimento de exsudados bacterianos e a coloração marrom de aspecto necrosado. Nos frutos os sintomas são crostas necrosadas (Areas et al., 2018; Vancheva et al., 2018).

Outro patógeno que também causam sérios prejuízos as plantas de *Capsicum* é o *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), responsável pela doença denominada mosaico amarelo do pimentão. Seus sintomas são surgimentos de mosaicos amarelos nas folhas que podem ir aumentando até o

encarquilhamento da folha, podendo levar a uma perda total da produção, a principal forma de transmissão de vírus é através de afídeos (Souza et al., 2020).

Em relação aos fungos, os do gênero *Colletotrichum*, são os mais agressivos, principalmente na pós-colheita dos frutos. Eles incidem na planta tanto nas folhas quanto nos frutos, em todo seu estágio de desenvolvimento, causando a doença chamada de antracnose, esta é considerada a doença de pós-colheita mais importante e destrutiva de pimentas cultivadas nas regiões tropicais (Kim et al., 2014). Os sintomas deste patógeno nos frutos são lesões circulares e necróticas, causando dissolução da parede celular e morte celular (Santos et al., 2021; Lopez; Lucas, 2021).

Tanto a mancha bacteriana quanto o mosaico amarelo do pimentão, são doenças foliares das pimentas, ambos são de difícil controle, no caso da mancha, o patógeno *X. euvesicatoria* apresenta resistência aos produtos químicos a base de cobre que são utilizados na agricultura (Areas, et al., 2018). Já o controle recomendado para as doenças virais é o uso de cultivares resistentes, uma vez que não existem produtos químicos recomendados para o controle de doenças causadas por vírus no mercado. Devido, a facilidade de quebra da resistência da planta aos vírus, estudos buscando novas fontes de resistência tornam-se necessários (Nagai & Costa, 1972; Braga & Pavan, 2021).

Em relação a antracnose, apesar do número significativo de produtos químicos registrados, o seu controle torna-se muitas vezes dificultado, devido a expressiva quantidade de plantas hospedeiras, principalmente as da família Solanaceae. Outro fator que vem limitando o controle desta doença é o uso indiscriminado de produtos químicos, que em muitas das vezes nem são recomendados para a cultura, mas o produtor utiliza buscando reduzir as perdas em sua lavoura. O uso indiscriminado de produtos químicos pode levar seleção de patógenos resistentes aos princípios ativos dos produtos, tornando-os ineficientes no controle da doença e levando a contaminação do meio ambiente, do próprio produtor e do consumidor final (Santos et al., 2021, Lopez; Lucas, 2021, Andrioli et al., 2021; Aguilar, 2021; Nieto-Angel, et al., 2019).

Neste cenário de dificuldades no controle eficiente das principais doenças em espécies do gênero *Capsicum*, uma alternativa eficiente e menos onerosa ao produtor seria o uso de cultivares resistentes (Ribeiro et al., 2018; Rêgo & Rêgo, 2018). Logo, programas de melhoramento genético vegetal, visando genótipos resistentes e com potencial ornamental vêm sendo realizados por algumas Instituições de pesquisa, como a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e a Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é encontrar genótipos de pimenta do gênero *Capsicum*, do Banco ativo de Germoplasma da UFES - Campus de Alegre, com potencial para o mercado ornamental e resistente a múltiplas doenças.

CAPITULO 1

Genótipos de *Capsicum* com potencial ornamental

RESUMO

No Espírito Santo a floricultura é responsável por ser a maior geração de renda de algumas famílias de agricultores, no entanto, este comércio está limitado a algumas espécies já comerciais. A utilização de pimenta para ornamentação é uma alternativa para ampliar a quantidade de espécies comercializadas, além de atuarem em diversas áreas da ornamentação, a pimenta ainda possui o potencial de produtos culinários. O objetivo deste trabalho foi identificar genótipos do Banco de Germoplasma da UFES - Brasil com características de interesse ornamental e identificação da pungência de cada um destes genótipos. Foram identificados genótipos com diferentes características de interesse, tanto quantitativas, como qualitativas. Dentre os genótipos avaliados, foi observado características de maior dimensionamento, os quais são recomendados para jardinagem, e genótipos com menordimensionamento, sendo recomendado para comércio em vaso. A coloração de fruto, tanto no estágio intermediário quanto maduro, foram características de grande importância, pois traz uma característica única das pimentas, que é a harmonização entre coloração dos frutos em relação a folhagem, e esta coloração de fruto é diferente ao longo do desenvolvimento da planta. Foram identificados diversos genótipos com características completas para ornamentação em vaso ou jardinagem, como também genótipos com características específicas, que podem ser utilizados como genitores em programas de melhoramento.

Palavras-chave: Floricultura, Jardinagem, Ornamentação, Pimentas, Plantas ornamentais.

ABSTRACT

In Espírito Santo, floriculture is responsible for generating the greatest income for some family farming, however, this trade is limited to some already commercial species. The use of pepper for ornamentation is an alternative to increase the number of species sold, in addition to acting in several areas of ornamentation, pepper still has the potential for culinary products. The objective of this work was to identify genotypes from the Federal University of Espírito Santo Germplasm Bank – Brazil, with characteristics of interest for ornamentation and identification of the pungency of each of these genotypes. Genotypes with different characteristics of interest, both quantitative and qualitative, were identified. Among the genotypes evaluated, characteristics of greater growth were observed, which are recommended for gardening, and individuals with less growth, being recommended for potted commerce. The fruit color, both in the intermediate and ripe stages, were characteristics of great importance, as it brings a unique characteristic of peppers, which is the harmonization between fruit color in relation to the foliage, and this fruit color is different throughout development of the plant. Several genotypes with complete characteristics for both pot or gardening ornamentation were identified, as well as genotypes with specific characteristics, which can be used as parents in breeding programs.

KEYWORDS: Floriculture, Gardening, Ornamentation, Ornamental plants, Peppers.

INTRODUÇÃO

No Sul do Espírito Santo, existem grupos de agricultores familiares que se dedicam a floricultura, porém essa dedicação ainda não é exclusiva para todos estes produtores, as principais atividades ainda são a produção de café e leite. Dentre as espécies de flores mais cultivadas no Espírito Santo destacam-se: os antúrios, os copo-de-leites, as helicônias, os bastões-do-imperador, as rosas e os crisântemos (Incaper, 2019).

No ano de 2011 as condições brasileiras ainda eram de poucos os estudos para fatores de produção e pós-produção de pimenteiras ornamentais em vaso (Rêgo et al., 2011) e que sejam resistentes as principais doenças que assolam a cultura. No ano de 2012 o mercado brasileiro de pimentas para fins ornamentais possuía poucas cultivares nacionais disponíveis para suprir a demanda, sendo necessário o desenvolvimento de novas cultivares para esse setor de mercado (Pinto et al., 2012). No ano de 2021 existe 1026 cultivares de pimentas e pimentões registradas no MAPA, sendo *C. annuum* espécie com maior número de representantes. De 2012 até 2021, houve muitos registros, mas muitos não possuem características ornamentais (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2021).

No Brasil as pimentas ornamentais possuem um menor número de cultivares comerciais disponíveis (Vasconcelos et al., 2012), mesmo o país sendo um grande centro de diversidade, os melhoristas ainda possuem o desafio de desenvolver plantas que atendam o mercado floricultor e associação de plantas mais adaptadas, produtivas e que apresentem resistência a pragas e doenças (Reifschneider & Ribeiro, 2008).

Dentro do mercado de hortaliças frescas no país, as espécies do gênero *Capsicum* se destacam neste setor. Dentre as espécies, deste gênero pode-se destacar o pimentão (*C. annuum*), pimenta de cheiro (*C. chinense*), pimenta malagueta (*C. frutescens*) e pimenta dedo-de-moça (*C. baccatum*), estas, além da grande produção e consumo, apresentam grande adaptabilidade ao clima tropical e apresenta variabilidade genética (Zeni & Bosio, 2011). Devido a vasta diversidade existente no gênero, algumas variedades acabam se destacando por seu grande valor estético, estas se tornam muito importantes para a ornamentação, por possuírem características exigidas pelo setor, tais como:

folhagens variadas, um menor porte da planta, frutos de coloração intensa levando a um maior contraste com as folhas, e uma variação de cor durante os estádios de crescimento e desenvolvimento do fruto (Carvalho et al., 2006).

Entretanto, as espécies de *Capsicum*, em sua maioria, possuem como característica marcante, a capsaicina, alcaloide, responsável pela presença da pungência ou ardor que ocorre nos frutos. No mercado ornamental, busca-se espécies de pimentas que não possuam nenhum ou teor reduzido de pungência, pois estas plantas, geralmente, ficam em interiores de residência, ao alcance de crianças e animais, que podem se alimentarem com frutos de pimentas e acabarem se acidentando.

Sendo assim, o objetivo deste capítulo foi identificar dentro do banco de germoplasma da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, acessos de *Capsicum* com potencial ornamental e sua pungência.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, Latitude: 20° 45' 48" Sul, Longitude: 41° 32' 2" Oeste. As análises quantitativas e qualitativas dos genótipos foram realizadas no Laboratório de Melhoramento e Resistência de Plantas a Doenças (LAMERP).

Genótipos de *Capsicum* spp.

Para a avaliação do potencial ornamental foram utilizados 42 acessos de *Capsicum* spp. pertencentes ao banco de germoplasma da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre. Estes acessos foram doados pelo banco de germoplasma do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, na pessoa da professora Monique Moreira Moulin. Os acessos foram obtidos por meio de coletas realizadas em municípios do Espírito Santo e por meio de doações entre instituições, como a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e a Universidade Federal do Piauí.

Como controle positivo foi utilizado a cultivar comercial Pimenta picante para vaso, foi utilizado o delineamento estatístico inteiramente ao acaso com oito repetições, totalizando 344 plantas.

Os genótipos foram semeados em bandejas de poliestireno de 128 células, contendo substrato comercial. Quando as plantas estavam com dois a quatro pares de folhas definitivas foram transplantados para vasos de 2L, contendo uma mistura de solo, areia e esterco curtido, nas proporções de 1:1:1. Os tratamentos culturais utilizados foram os sugeridos, para a cultura, conforme Filgueira, (2012).

As características morfoagronômicas avaliadas, buscando explorar o potencial ornamental, foram as sugeridas pelo descritor para *Capsicum* do *Bioversity International* (IPGRI, 1995). As características qualitativas avaliadas foram: hábito de crescimento da planta, cor da folha, forma da folha, posição da flor, cor da corola, cor da mancha da corola, cor das anteras, cor do fruto no estágio intermediário, cor do fruto no estágio maduro e forma do fruto. Já as características quantitativas avaliadas foram: dias para germinação, dias para floração, altura da planta, diâmetro da planta, número de flores por axila, dias para frutificação, comprimento e diâmetro do fruto (tabela 1).

Tabela 1—Forma de avaliação das características qualitativas de *Capsicum* spp. segundo descritor IPGRI (1995)

| | Classes de acordo com IPGRI (1995) | Período de avaliação |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Hábito de crescimento | 3- prostrado, 5- intermediário; 7- ereto | Quando 50% dos frutos estavam maduros |
| Cor da Folha | 1- amarelo, 2- verde claro, 3- verde, 4- verde escuro, 5- roxo claro, 6- roxo, 7- variegado; 8 - outro | - |
| Forma da Folha | 1- lanceolada; 2- oval; 3- triangular | - |
| Posição da flor | 3- pendente; 5- intermediária; 7- ereta | - |
| Cor da corola | 1- branco; 2- amarelo escuro; 3- amarelo; 4- amarelo-esverdeado; 5- roxo com base branca; 6- branco com base roxa; 7- branco com margem roxa; 8- roxo; 9- outro | - |
| Cor das anteras | 1- Branca; 2- amarela; 3- azul pálida; 4- azul; 5- roxa; 6- outra | - |
| Cor do fruto em estágio intermediário | 1- branco; 2- amarelo; 3- verde; 4- laranja; 5- roxo; 6- roxo escuro; 8.1- estriado, 8.2- verde escuro; 8.3- preto | - |
| Cor do fruto em estágio maduro | 1- branco; 2- amarelo esverdeado; 3- amarelo pálido; 4- amarelo alaranjado; 5- laranja pálido; 6- laranja; 7- vermelho claro; 8- vermelho; 9- vermelho escuro; 10- roxo; 11- marrom; 12- preto | - |
| Forma do fruto | 1- Alongado; 2- arredondado; 3- triangular; 4- campanulado; 5- cilíndrico; 6- sino | Fruto maduro |

Para a seleção dos genótipos foi realizada a análise de variância e o teste de comparação entre agrupamento de médias Scott-Knott. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa R.

Avaliação da pungência

Uso de marcador molecular na identificação do gene responsável pela presença da capsaicina em frutos de *Capsicum* spp.

Para as análises moleculares, foi coletado material vegetal de cada genótipo, oriundo do banco de germoplasma da UFES, cultivado em casa de vegetação. As folhas dos genótipos foram coletadas em Bulk. Como controle negativo foi utilizada a cultivar Ikeda (*C. annuum*, genótipo 87), por ser uma cultivar não pungente

A extração e as análises moleculares foram realizadas no Laboratório de Virologia Microbiana e Biocontrole de Doenças de Plantas (LAVIB), do Campos de Ciências e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo

Foram extraídos discos de 4mm de diâmetro de folhas e colocados em *Eppendorf* de 1,5mL, com adição de tampão CTAB 2%. A maceração foi realizada com o auxílio de micropistilos de plástico. Após este procedimento foi realizada a extração do material genético sugerido por Doyle & Doyle, (1987) (Figura 1).



Figura 1 – Quantificação dos DNAs dos genótipos extraídos.

Após extração e quantificação, foram feitos termociclagens em termociclador, com reação de PCR para os marcadores moleculares *pun1*¹, para avaliação da presença ou ausência dos genes de pungência.

Para o loco *pun1*¹ volume de 20µL, contendo 200 ng de DNA, 4 µL de Mix, 1,25 µL de cada *primer*, *pun1*¹ *fwd1*, *pun1*¹ *fwd2* e *pun1*¹ *rev* (0,7 µM em estoque de 2 µM), e completando o volume com água Mili-Q (Figura 2, tabela 2).



Figura 2 - Preparo da reação de PCR

Os ciclos de PCR foram realizados segundo Wyatt et al., (2012), porém ajustado ao mix utilizado, seguindo da seguinte maneira: 94 °C por 15 min, pois a enzima utilizada no mix é hotstart, 35 ciclos de 94 °C por 30 s, 60 °C por 1min, e 72°C por 2 min, com uma extensão final a 72 °C por 10 min. Após, foi realizada eletroforese em gel de agarose 1,5% com gelred 1:100 como agente intercalante e fotografia em fotodocumentador através de exposição à luz uv.

Os resultados foram avaliados através da amplificação dos genótipos com auxílio do marcador de até 1kb para *pun1*. A utilização de enzima hotstart concede maior estabilidade para a reação, sendo um inibidor de erros por ativação inadequada da taq, dando maior confiabilidade na reação (Nichols et al., 2020).

A caracterização molecular para pungência é realizada de acordo com avaliação da amplificação do gel de agarose, onde genótipos que tenham suas

bandas de amplificação na grade de 1kb, são pungentes, e os que possuam alelos mais leves, 700pb, são não pungentes (Wyatt et al., 2012).

A utilização de marcador codominante permite a visualização de ambos alelos após eletroforese, pois após fotodocumentação, será possível observar as bandas com os alelos mais pesados e mais leves, ou seja, os indivíduos dominantes e recessivos (Lian et al., 2006).

Os primers do grupo *pun1*, são sequenciados da seguinte forma:

Tabela2 - Sequências dos primers descritos por Wyatt et al., 2012

| <i>Primer</i> | <i>Sequência (5' à 3')</i> | <i>Referência</i> |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>pun1' fwd1</i> | TCCTCATGCATCTCTTGACG | Wyatt <i>et al.</i> (2012) |
| <i>pun1' fwd2</i> | GCTCCACGGAAAAGACTCAT | Wyatt <i>et al.</i> (2012) |
| <i>pun1' rev</i> | CAAATGGCAGTTTCCCTTCTCTCATT | Wyatt <i>et al.</i> (2012) |

Tabela feita por Wyatt et a., 2012. Modificada pelo autor.

Resultados e Discussão

Dos 43 genótipos avaliados neste trabalho, apenas 38, foram identificados, conforme as espécies (Tabela 3), utilizando características como posição da flor, número de flores por nó, coloração da pétala e das anteras, assim como a constrição do cálice (Lopes et al., 2007). Os genótipos 37, 52, 55, 66 e 70 não foram identificados quanto as espécies, pois os mesmos foram tardios para a floração, não obtendo, desta forma, o órgão da planta, fundamental para a identificação das espécies do gênero *Capsicum*.

Tabela3 –Identificação dos genótipos de *Capsicum* spp. quanto às espécies botânica

| Genótipos do BAG e suas respectivas espécies | | | |
|--|--|----------|--|
| Genótipo | Espécie | Genótipo | Espécie |
| 2 | <i>C. chinense</i> | 54 | <i>C.annuum</i> |
| 3 | <i>C.baccatum</i> var. pendulum | 55 | Não identificada |
| 4 | <i>C.baccatum</i> var. pendulum | 56 | <i>C.praeterissum</i> |
| 5 | <i>C.baccatum</i> var. pendulum | 59 | <i>C.annuum</i> |
| 6 | <i>C. chinense</i> | 60 | <i>C.annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> |
| 7 | <i>C. chinense</i> | 62 | <i>C.annuum</i> |
| 8 | <i>C. chinense</i> | 66 | Não identificada |
| 15 | <i>C.annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> | 68 | <i>C.annuum</i> |
| 18 | <i>C. chinense</i> | 70 | Não identificada |
| 23 | <i>C.annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> | 72 | <i>C.annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> |
| 25 | <i>C. chinense</i> | 74 | <i>C.annuum</i> |
| 27 | <i>C. chinense</i> | 76 | <i>C.annuum</i> |
| 28 | <i>C.baccatum</i> var. pendulum | 80 | <i>C. frutescens</i> |
| 29 | <i>C.annuum</i> | 81 | <i>C.baccatum</i> var. pendulum |
| 30 | <i>C.annuum</i> | 82 | <i>C.annuum</i> |
| 37 | Não identificada | 85 | <i>C.annuum</i> |
| 39 | <i>C.baccatum</i> var. pendulum | 87 | <i>C.annuum</i> |
| 40 | <i>C. chinense</i> | 88 | <i>C.annuum</i> |
| 42 | <i>C. chinense</i> | 89 | <i>C. chinense</i> |
| 48 | <i>C. annum</i> | 91 | <i>C.annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> |
| 49 | <i>C. annum</i> | | |
| 51 | <i>C. annum</i> | | |
| 52 | Não identificada | | |

Tabela4 - Agrupamento de médias dos 43 genótipos avaliados para as características dias para germinação, dias para floração, dias para frutificação,

altura e diâmetro de planta e comprimento e diâmetro de fruto.

| Genótipo | Germinação | Floração | Frutificação | Altura da planta (cm) | Diametro da planta (cm) | Comprimento do fruto (mm) | Diametro do fruto (mm) | | | | | | | |
|----------|------------|----------|--------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|
| 2 | 7 | b | 75 | e | 96 | g | 46,00 | b | 36,50 | a | 26,31 | g | 27,32 | c |
| 3 | 9 | a | 75 | e | 96 | g | 72,00 | a | 34,13 | b | 28,19 | f | 25,54 | c |
| 4 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 47,75 | b | 32,00 | b | 27,81 | f | 15,77 | e |
| 5 | 8 | a | 74 | f | 96 | g | 59,00 | b | 37,25 | a | 47,15 | d | 15,68 | e |
| 6 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 63,63 | a | 28,50 | b | 13,04 | i | 12,91 | e |
| 7 | 8 | a | 87 | b | 99 | d | 67,75 | a | 26,50 | b | 11,12 | i | 7,83 | g |
| 8 | 8 | a | 97 | a | 105 | c | 53,75 | b | 51,25 | a | 20,13 | h | 20,75 | d |
| 15 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 21,00 | d | 27,50 | b | 29,69 | f | 11,17 | f |
| 18 | 9 | a | 77 | d | 96 | g | 67,50 | a | 37,75 | a | 15,87 | i | 15,84 | e |
| 23 | 8 | a | 74 | f | 96 | g | 18,75 | d | 16,25 | b | 36,43 | e | 12,42 | f |
| 25 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 46,00 | b | 33,00 | b | 30,75 | f | 32,41 | b |
| 27 | 7 | b | 79 | c | 98 | e | 57,50 | b | 43,00 | a | 24,18 | g | 13,33 | e |
| 28 | 7 | b | 74 | f | 96 | g | 52,75 | b | 41,25 | a | 20,05 | h | 13,88 | e |
| 29 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 29,75 | d | 35,00 | b | 15,96 | i | 7,40 | g |
| 30 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 52,00 | b | 40,00 | a | 21,68 | h | 14,62 | e |
| 37 | 8 | a | 74 | f | 96 | g | 50,50 | b | 35,00 | b | 26,32 | g | 15,30 | e |
| 39 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 59,25 | b | 42,25 | a | 24,86 | g | 37,31 | a |
| 40 | 7 | b | 74 | f | 97 | f | 31,25 | d | 29,75 | b | 25,67 | g | 11,19 | f |
| 42 | 7 | b | 74 | f | 96 | g | 20,25 | d | 21,50 | b | 18,79 | h | 7,70 | g |
| 48 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 52,25 | b | 39,75 | a | 35,77 | e | 10,11 | f |
| 49 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 52,25 | b | 31,00 | b | 19,61 | h | 16,10 | e |
| 51 | 7 | b | 79 | c | 96 | g | 62,25 | a | 35,75 | a | 53,83 | c | 14,11 | e |
| 52 | 7 | b | 97 | a | 107 | a | 71,13 | a | 52,50 | a | 72,16 | a | 17,72 | d |
| 54 | 7 | b | 74 | f | 96 | g | 63,25 | a | 36,63 | a | 39,39 | e | 14,73 | e |
| 55 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 50,93 | b | 30,00 | b | 37,30 | e | 24,65 | c |
| 56 | 7 | b | 74 | f | 96 | g | 21,00 | d | 19,13 | b | 12,12 | i | 8,13 | g |
| 59 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 56,50 | b | 35,00 | b | 13,21 | i | 15,44 | e |
| 60 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 40,75 | c | 33,50 | b | 20,19 | h | 9,75 | f |
| 62 | 7 | b | 74 | f | 96 | g | 53,50 | b | 36,50 | a | 26,87 | g | 15,89 | e |
| 66 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 54,75 | b | 33,50 | b | 30,95 | f | 39,81 | a |
| 68 | 8 | a | 97 | a | 106 | b | 40,50 | c | 28,50 | b | 19,30 | h | 20,91 | d |
| 70 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 70,25 | a | 30,00 | b | 26,37 | g | 22,28 | c |
| 72 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 43,00 | c | 37,00 | a | 18,95 | h | 8,97 | g |
| 74 | 7 | b | 74 | f | 96 | g | 51,25 | b | 30,25 | b | 27,47 | f | 14,14 | e |
| 76 | 9 | a | 74 | f | 96 | g | 52,00 | b | 32,75 | b | 45,09 | d | 12,33 | f |
| 80 | 8 | a | 74 | f | 96 | g | 37,50 | c | 30,25 | b | 15,18 | i | 6,39 | g |
| 81 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 48,75 | b | 42,50 | a | 21,19 | h | 19,45 | d |
| 82 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 58,00 | b | 33,50 | b | 20,23 | h | 20,43 | d |
| 85 | 8 | a | 74 | f | 97 | f | 58,75 | b | 46,88 | a | 29,84 | f | 11,45 | f |
| 88 | 8 | b | 74 | f | 96 | g | 56,75 | b | 48,50 | a | 59,43 | b | 36,39 | a |
| 89 | 7 | b | 74 | f | 96 | g | 24,13 | d | 25,25 | b | 22,21 | g | 8,03 | g |
| 91 | 7 | b | 74 | f | 96 | g | 37,25 | c | 40,50 | a | 9,27 | i | 9,88 | f |

*Médias seguidas com a mesma letra se igualam estatisticamente segundo teste de Scott-Knott a 5% de significância. As avaliações de gerinação, floração e frutificação são em dias, altura e diâmetro da planta em centímetros (cm) e comprimento e diâmetro do fruto em milímetros (mm).

Teste de agrupamento de média Scott-Knott

O teste de agrupamento de média de *Scott-Knott* a 5% de significância, possibilitou agrupar em diversos grupos para as diferentes características.

Obtendo assim grupos de genótipos com maior precocidade, e outros com mais tardios. Além das características de precocidade de flor e fruto, a característica de comprimento de fruto, foi a que apresentou maior número de grupos, sendo um total de nove grupos para essa variável. A variável que apresentou menor número de grupos foi a germinação. Neto et al., (2014) estudando *Capsicum annuum* identificaram graus de diferenciação entre os genótipos para características ornamentais.

Germinação, floração e frutificação

Nas variáveis de dias para germinação, dias para floração e dias para frutificação, foram observados poucas variações entre os genótipos.

Na característica dias para germinação foi observado que o genótipo mais precoce foi o 5, com seis dias. Já o genótipo mais tardio foi o 76 com aproximadamente nove dias (Tabela 4, Figura 3). Em relação a dias para floração trinta e três genótipos foram mais precoces, florescendo com cerca de 74 dias. Os genótipos 8 e 68 foram os mais tardios para esta característica, possuindo cerca de 97 dias para o florescimento (Tabela 4, Figura 3). Já para a característica dias para frutificação os genótipos que frutificaram mais precocemente foram os: 2, 3, 4, 5, 6, 15, 18, 23, 25, 28, 29, 30, 37, 39, 42, 48, 49, 51, 54, 55, 56, 59, 60, 62, 66, 70, 72, 74, 76, 80, 81, 82, 88, 89 e 91, seguidos pela letra g (Tabela 4) com 96 dias, Os mais tardios foram os genótipos 68 e 52 com 106 e 107 dias para a frutificação, respectivamente (Figura 3 e Tabela 4). Essas características são importantes para o mercado ornamental, pois possibilita a disponibilidade de plantas com estádios de desenvolvimento. Segundo Silva et al., (2015) a precocidade das plantas de pimentas ornamentais é muito importante para minimizar os custos do produtor, além de atender com mais agilidade os desejos do consumidor.

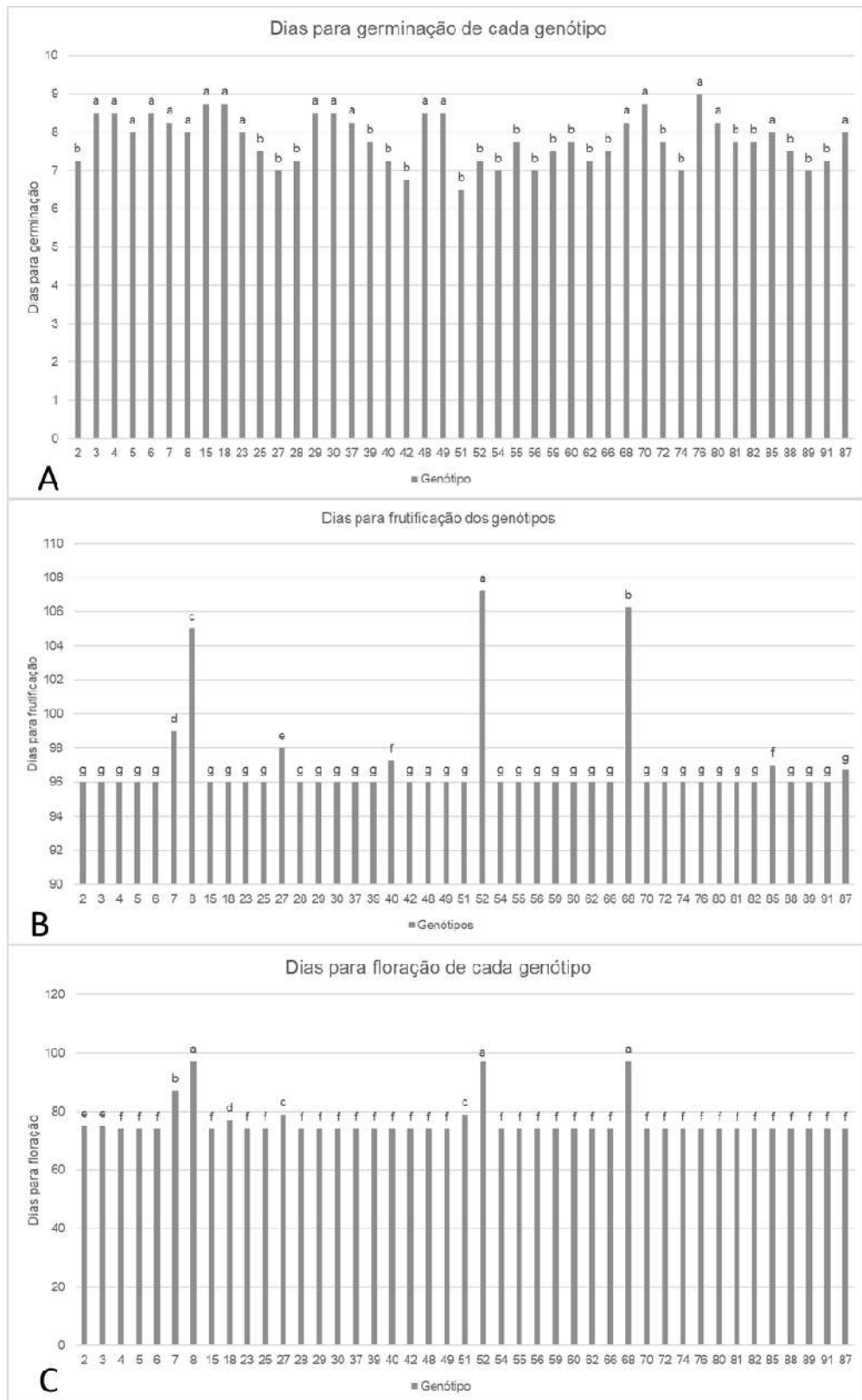


Figura 3 - Tempo decorrido em dias para as avaliações: A - Germinação; B - Floração; C – Frutificação.

Para a característica altura de planta foi observado que os genótipos que apresentaram as menores médias foram: 15, 23 (*C. annuum* var. *glabriusculum*), 29 (*C. annuum*), 40, 42, 89 (*C. chinense*), 56 (*C. praeterissum*) e 87 (testemunha ornamental). Os genótipos que obtiveram a segunda menor média para essa característica foram 80 (*C. frutescens*), 60,72, 91 (*C. annuum* var. *glabriusculum*) e *C. annuum*: 68 (Figura 4).

Para esta característica foi observado as maiores médias para os genótipos 3, 6, 7, 18, 51, 52, 54 e 70, tal resultado está relacionado ao hábito de crescimento (Tabela 4), onde as plantas com melhores características para ornamentação em vasos, possuem um menor crescimento vertical, mas também apresentem um hábito de crescimento ereto (Figura 4). Segundo Vieira et al., (2002) e Carvalho et al., (2006) existe uma relação entre a altura e diâmetro da planta e o seu hábito de crescimento, sendo observado hábito intermediário e prostrado para as plantas que apresentam menor altura, nestes estudos também foram ponderados a preferência por plantas de hábito de crescimento ereto, devido a melhor visibilidade das plantas.

Em uma análise conjunta com o hábito de crescimento, temos que o genótipo 29 (*C. annuum*) teve um destaque, pois foi o único genótipo a apresentar o hábito de crescimento prostrado. Os genótipos 4, 15, 23, 37, 40, 42, 49, 56, 60, 68, 74, 80 e 89 apresentaram menor diâmetro e hábito de crescimento intermediário.

O genótipo 3 se destacou por apresentar a maior altura de planta, e o maior diâmetro de copa foi representado pelo genótipo 52, tal característica pode estar ligado ao seu hábito de crescimento

As plantas que apresentam maior dimensionamento são destinadas para o paisagismo, principalmente para jardins externos. As plantas com finalidade para ornamentação em vaso, devem possuir um crescimento harmônico, não podendo ultrapassar em duas vezes o tamanho do vaso que será comercializado (Fortunato et al., 2019).

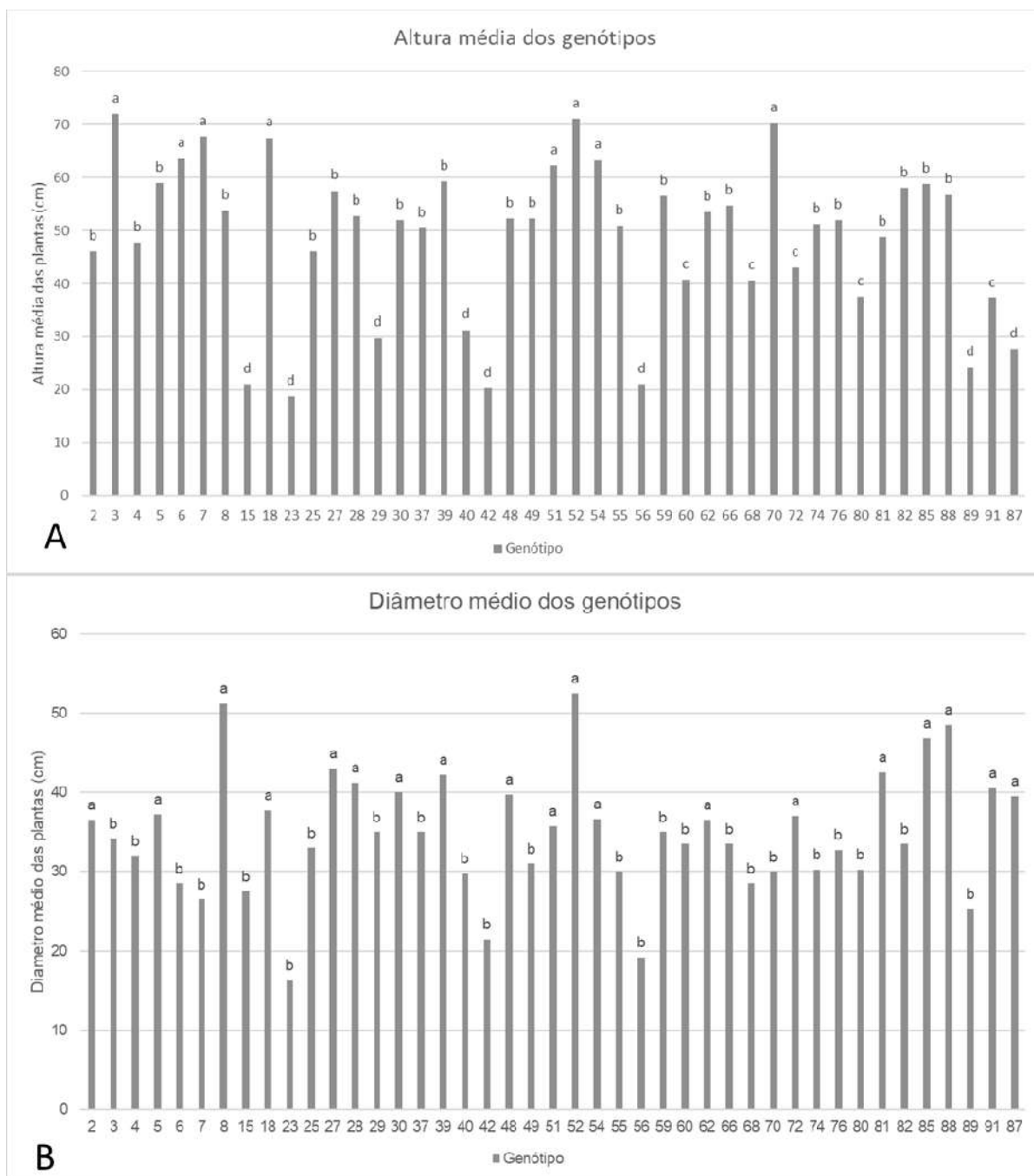


Figura 4 – A - Altura média das plantas de cada genótipo, as médias que seguem da letra d, se igualaram ao controle (87); B - Diâmetro médio das plantas de cada genótipo, as médias que seguem da letra d, se igualaram ao controle (87).

Rêgo et al., (2009) relataram que um dos principais objetivos do melhoramento genético do setor de pimentas ornamentais é o desenvolvimento de plantas que possuam um bom dimensionamento entre altura e diâmetro da planta em relação ao vaso, apresentando assim um crescimento harmônico.

As características comprimento e diâmetro de frutos são interessantes, principalmente os de menores valores, por serem características que atraem os consumidores de plantas ornamentais que buscam plantas com frutos menores. Os genótipos 6, 7, 8, 18, 28, 29, 30, 42, 49, 56, 59, 60, 68, 72, 80, 82 e 91 apresentaram comprimento variando entre 9,26 mm a 15,96mm e diâmetro de 7,83 à 39,81 mm (Figura 5).

O genótipo que apresentou maior média de comprimento do fruto foi o 52 (72,16 mm) e o genótipo com maior diâmetro foi o 66 (39,81 mm), Pimentas com frutos de maiores comprimentos, são recomendados para consumo *in natura* ou desidratados, já para o mercado ornamental isto não é recomendado (Bento et al., 2007). O genótipo 91 apresentou o menor comprimento (9,27 mm) genótipos que apresentam frutos menores, são recomendados para o setor ornamental, pois estes auxiliam na manutenção da arquitetura da planta associado ao tamanho do fruto (Rêgo et al., 2009).

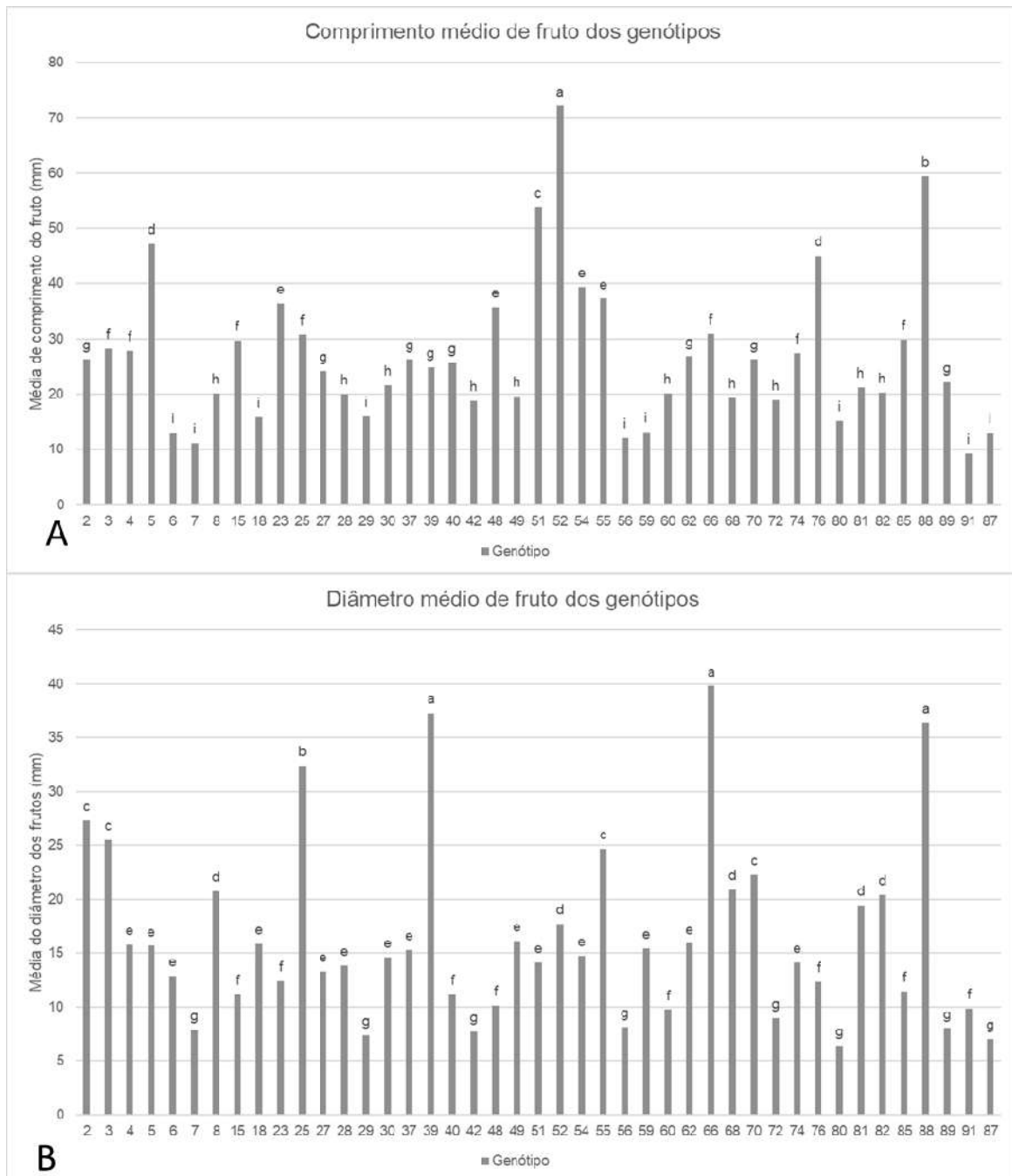


Figura 5 - A - média do comprimento dos frutos de cada genótipo, médias seguidas da letra i, se igualaram ao controle (87). B - Média do diâmetro dos frutos de cada genótipo, médias seguidas da letra i, se igualaram ao controle (87).

Genótipos destaques nos parâmetros quantitativos

Avaliando as variáveis quantitativas, observamos alguns genótipos com destaque em todas as características de crescimento, caracterizando-se como grandes promissores para o mercado ornamental. Estes genótipos foram: *C. annum*: 29, *C. praeterissum*: 56, *C. frutescens*: 80 e *C. annum var. glabriusculum*: 91.

Foram observados variações morfológicas significativas para o teste de *Scott-Knott* 5% entre os genótipos estudados, essas variações fenotípicas também foram observados por Costa et al., (2019), em seu trabalho apenas uma das variáveis não apresentou diferença significativa. Diferenças morfológicas significativas também foram relatadas em outros estudos (Fortunato et al., 2019; Pessoa et al., 2015; Silva et al., 2014).

Características qualitativas

Foram observados 23 genótipos com hábito de crescimento intermediário (2, 4, 8, 15, 23, 27, 28, 30, 37, 40, 42, 48, 49, 56, 60, 62, 68, 72, 74, 80, 81, 89 e 91). Apenas o genótipo 29 apresentou hábito de crescimento prostrado. Os genótipos: 3, 5, 6, 7, 18, 25, 39, 51, 52, 54, 55, 59, 66, 70, 76, 82, 85, 88, apresentaram crescimento ereto (Tabela 5). As plantas mais desejadas para a ornamentação, tanto de paisagismo quanto para ornamentação em vasos são as que apresentam hábito de crescimento intermediário ou ereto, pois estas tendem a ser mais harmoniosas (Silva et al., 2017).

Tabela 5– Avaliação do Hábito de crescimento segundo IPGRI (1995) dos genótipos de *Capsicum* spp.

| Espécies | Hábito de Crescimento | | |
|---|-----------------------|---------------------------|------------------------------|
| | Prostrado | Intermediário | Ereto |
| <i>C. chinense</i> | | 2, 8, 27, 40, 42, 89 | 6, 7, 18, 25, |
| <i>C. annuum</i> | 29 | 30, 48, 49, 62, 68, 74 | 51, 54, 59, 76, 82, 85 88 |
| <i>C. praeterissum</i> | | 56 | |
| <i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> | | 15, 23, 60, 72, 91 | |
| <i>C. frutescens</i> | | 80 | |
| <i>C. baccatum</i> | | 4, 28, 81 | 3, 5, 39 |
| Sem identificação | | 37 | 52, 55, 66, 70 |

Em relação a característica formato da folha, foi observado que 29 genótipos apresentaram folhas ovaladas. Quatorze genótipos obtiveram folhas lanceoladas e cinco genótipos tiveram folhas de formato triangulares (Tabela 6).

Tabela6 – Método de avaliação do Formato da folha dos genótipos de *Capsicum*spp.segundo IPGRI (1995)

| Espécies | Formato da folha | | |
|--|------------------|---|---------------------|
| | Triangular | Oval | Lanceolada |
| <i>C. chinense</i> | 7, 8, 18 | 2, 6, 27, 40, 42, | 25, 89 |
| <i>C. annuum</i> | | 30, 48, 49, 54, 59, 62, 68, 76, 82, 88 | 29, 51, 74, 85 e 87 |
| <i>C. praeterissum</i> | | | 56 |
| <i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> | | | 15, 23, 60, 72, 91 |
| <i>C. frutescens</i> | | | 80 |
| <i>C. baccatum</i> | 3 | 4, 5, 28, 39, 81 | |
| Sem identificação | 70 | 37, 52, 55, 66 | |

A avaliação de cor da folha foi feita após o aparecimento das folhas definitivas, foram observadas quatro cores de folhagem nos genótipos, sendo a maioria entre verde claro e amarelo esverdeado. Apenas o genótipo 91,

apresentou coloração roxo claro em suas folhas. Os genótipos 15, 62 e 87 apresentaram coloração verde escuro. Dezenove genótipos possuíam folhas de coloração amarelo esverdeado (Tabela 7). Segundo Carvalho et al., (2006) a variação do contraste entre a cor da folhagem e os frutos da planta de pimenta possui grande atratividade, sendo uma das características que confere caráter ornamental para a cultura..

Tabela7–Métodos de avaliação da Coloração das folhas dos genótipos de *Capsicum* segundo IPGRI (1995).

| Espécie | Coloração de folhas | | | |
|--|-----------------------------|--------------------|--------------|------------|
| | Amarelo esverdeado | Verde Claro | Verde escuro | Roxo claro |
| <i>C. chinense</i> | 2, 6, 7, 18, 25, 40, | 8, 27, 42, 89 | | |
| <i>C. annuum</i> | 30, 48, 54, 59, 76, 85 e 88 | 29, 51, 68, 74, 82 | 62 e 87 | |
| <i>C. praeterissum</i> | | 56 | | |
| <i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> | 23 | 60, 72 | 15, 23 | 91 |
| <i>C. frutescens</i> | | 80 | | |
| <i>C. baccatum</i> | 5, 39 | 3, 4, 28, 81 | | |
| | 37, 52, 66 | 55, 70 | | |

No gênero *Capsicum* é comum a presença de flores com pétalas brancas, pétalas brancas com manchas amareladas na corola. Espécies como *C. annuum* var. *glabriusculum* e *C. praeterissum*, possuem flores de coloração roxa (Tabela 8 e 9).

Foram observadas plantas com a flor totalmente branca, além de dois representantes com mancha roxa, genótipos 56 (*C. praeterissum*) e 91 (*C.*

annuum var. *glabriusculum*). Genótipos da espécie *C. chinense*, apresentaram cores branco esverdeado. Os genótipos 3, 5, 28, 39 e 81 apresentaram manchas verdes amareladas, características da espécie *C. baccatum* var. *pendulum* (Tabela 8 e 9).

Tabela 8 - Métodos de avaliação da Coloração da corola dos genótipos de *Capsicum* segundo IPGRI (1995)

| Espécies | Coloração da corola | | | | |
|--|---|---------------------------|------------------------|---------------------------|------|
| | Branca | Branco com margem púrpura | Roxo com a base branca | Branco com a base púrpura | Roxo |
| <i>C. chinense</i> | 2, 6, 7, 8, 18, 25, 27, 40, 42, | | | | |
| <i>C. annuum</i> | 29, 30, 48, 49, 51, 54, 59, 62, 68, 74, 76, 82, 85, 88 e 87 | | | | |
| <i>C. praeterissum</i> | | | | | 56 |
| <i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> | | 72 | 15, 60 e 91 | 23 | |
| <i>C. frutescens</i> | 80 | | | | |
| <i>C. baccatum</i> | 3, 4, 28, 39, 81 | | | | |

| | |
|-------------------|-----------------------|
| Sem identificação | 37, 52, 55, 66, 70 |
|-------------------|-----------------------|

Tabela9 - Métodos de avaliação da Cor da mancha da corola dos genótipos de *Capsicum* segundo IPGRI (1995)

| Espécies | Cor da mancha da corola | | |
|-------------------------------------|---|------|-------------------|
| | Branco | Roxo | Verde amarelado |
| <i>C. chinense</i> | 2, 6, 7, 8, 18, 25, 27, 40, 42 | | |
| <i>C. annuum</i> | 29, 30, 48, 49, 51, 54, 59, 62, 68, 74, 76, 82, 85, 88, 87 | | |
| <i>C. praeterissum</i> | | 56 | |
| <i>C. annuum var. glabriusculum</i> | 15, 23, 60, 72 | 91 | |
| <i>C. frutescens</i> | 80 | | |
| <i>C. baccatum</i> | 4 | | 3, 5, 28, 39 e 81 |
| Sem identificação | 37, 52, 55, 66, 70 | | |

Para a característica de cor da antera, foram observadas três cores das classificações, sendo estas, amarela, azul claro e branco. A que teve maior número de representantes foi a cor amarela, tendo representantes da espécie

C. chinense, *C. annuum*, *C. baccatum* *C. annuum* var. *glabriusculum*. Na cor azul claro temos: *C. frutescens*, *C. praeterissum*, *C. annuum* var. *glabriusculum*, *C. annuum*. Para cor branco tivemos *C. annuum* var. *glabriusculum*.

Avaliações da flor

Pesquisadores estudando plantas de pimenta, identificaram grande relação das cores da corola, mancha da corola e cor da antera, com as suas espécies. Identificando modificações na coloração para híbridos e padrões específicos (Silva et al., 2017; Nascimento et al., 2013).

A posição da flor observada em praticamente todos os genótipos foi ereta, apenas o genótipo 5 (*C. baccatum*) foi classificada como intermediária (Tabela 11). Silva et al., (2015) identificaram que plantas que possuem flores eretas, são mais aceitas na ornamentação, devido a posição de seus frutos também serem do tipo eretas, dando maior harmonia para a planta.

Em relação ao formato do fruto, 20 genótipos possuíam o formato triangular. Os demais genótipos foram descritos nas demais classificações, tendo um representante da forma campanulado, três do formato alongado e cinco no formato de sino (Tabela 10). O formato do fruto juntamente com seu tamanho, são características muito importantes na harmonização da planta. E essa harmonia é uma das atratividades da planta de pimenta (Carvalho et al., 2006; Silva et al., 2015).

Tabela 10- *Métodos de avaliação da* Formato do fruto dos genótipos de *Capsicum* segundo IPGRI (1995)

| Espécies | Formato do fruto | | | | |
|---|------------------|----------|-------------|--|-----------|
| | Campanulado | Alongado | Arredondado | Triangular | Sino |
| <i>C. chinense</i> | | | 6, 7, 8, 18 | 40, 42 e 89 | 2, 25, |
| <i>C. annuum</i> | 62 | 76, 85 | 59, 68, 82 | 29, 30, 48, 49, 54, 74, 88 e 87 | |
| <i>C. praeterissum</i> | | | 56 | | |
| <i>C. annuum</i> <i>var.</i> <i>glabriusculum</i> | | | 91 | 15, 23, 60, 72, | |
| <i>C. frutescens</i> | | | | 80 | |
| <i>C. baccatum</i> | | 5 | 81 | 3, 4, | 39 |
| Sem identificação | | | 70 | 37, 52 | 55, 66 |

As pimentas possuem vários estádios de maturação do fruto ao longo do seu desenvolvimento. Sendo assim foi observado diferenças entre a coloração do fruto, onde é observado a transição do fruto verde para o fruto maduro, algumas variedades ocorrem uma transição onde há apenas duas cores, e outros com a cor do fruto verde, fruto intermediário e fruto maduro.

Durante as avaliações morfoagronômicas, foram observados ervamos seis tipos de coloração intermediária, sendo estas: amarelo, verde, laranja, preto, verde escuro e roxo escuro. Na tabela 13 pode ser observado os genótipos com suas respectivas espécies e a coloração que foram classificados.

Segundo Silva et al., (2015), as mudanças de coloração do fruto ao longo do desenvolvimento da planta de pimenta, desperta interesse dos consumidores de plantas ornamentais.

Os tons de vermelho são os mais comuns nos frutos maduros de *Capsicum*spp., observamos dois tons de vermelho, sendo um considerado vermelho escuro, além de dois genótipos com coloração diferentes, estes foram: 18 *C. chinense*, com coloração laranja e 28 *C. baccatum*, com coloração amarelo alaranjado (Tabela 11). Segundo Carvalho et al., (2006) o contraste dos frutos com a folhagem da pimenta é altamente atrativo para o mercado consumidor de pimentas ornamentais, e a cor do fruto no estágio maduro, juntamente com sua persistência na planta garante um atrativo por um período mais longo.

Tabela11 - Métodos de avaliação da Cor do fruto no estágio maduro dos genótipos de *Capsicum*spp. segundo IPGRI (1995)

| Espécies | Cor do fruto no estágio maduro | | | |
|--|--------------------------------|---------|---------------------|-----------------------------|
| | Amarelo Alaranjado | Laranja | Vermelho | Vermelho escuro |
| <i>C. chinense</i> | | 18 | 6, 7, 8, 40, 42, 89 | 2, 25, |
| <i>C. annuum</i> | | | 48, 49, 54, 68, 74 | 29, 30, 59, 62, 76, 88 e 87 |
| <i>C. praeterissum</i> | | | | 56 |
| <i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> | | | | 15, 23, 60, 72, 91 |

| | | | |
|----------------------|----|----------------|---------------|
| <i>C. frutescens</i> | | 80 | |
| <i>C. baccatum</i> | 28 | 4, 5 | 3, 28, 39, 81 |
| Sem identificação | | 37, 52, 55, 70 | 66 |

Pungência por marcadores moleculares

A eletroforese permite avaliar a qualidade do DNA ou RNA e sua integridade. Após extração, foi feito o teste de qualidade dos DNAs e posteriormente reação de PCR.

Após PCR, foi realizada eletroforese e identificou-se vinte e quatro genótipos que apresentaram o pungência. Dezesete genótipos apresentaram a característica não pungente. Cinco genótipos não apresentaram amplificação (Tabela 12).

O marcador *pun1*, é específico de *C. annuum*, no entanto, apresentou amplificação em outras espécies. Segundo Pereira et al., (2015) a correlação entre o resultado obtido pelo marcador *pun1*, foi superior a 70% quando comparado ao tetra-primer e análise sensorial.

Os genótipos que apresentaram pungência, tiveram seus alelos amplificados na faixa de 1kb, resultado descrito por Wyatt et al. (2012). Os outros genótipos que não tiveram pungência, foram amplificados na faixa de 700pb, estes alelos são mais leves, então eles correm mais no gel durante a eletroforese, resultados semelhantes foram observados por Pereira et al., (2015) (Figura 6).

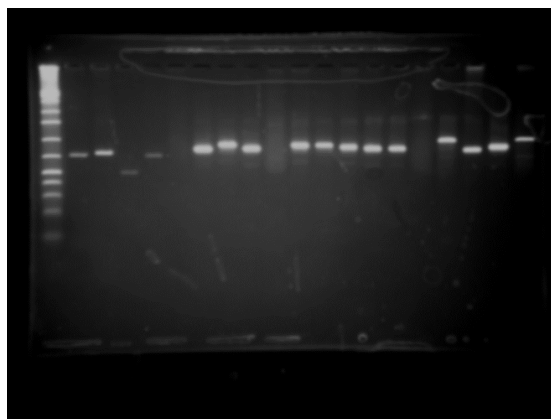


Figura 6 - Gel de agarose 1,5% dos genótipos de *Capsicum* após PCR com marcador *pun1*

As espécies *C. chinense* e *C. frutescens* são as que apresentam maior teor de pungência, estas possuem um menor grau de separação. Alguns molhos de pimenta possuem nomes de seus genótipos, como o Bhut Jolokia (Tripodi et al., 2021).

A espécie *C. annuum*, é a que possui maior consumo, no entanto, é a que possui maior diversidade genética. Sendo a que possui maior representação dentro dos bancos de germoplasmas dos programas de melhoramento (Tripodi et al., 2021).

Tabela12 - Resultado da polimerização dos genótipos submetidos a presença do conjunto de genes *pun1*

| Resultado da polimerização dos genótipos | | |
|--|--------------|------------------|
| Pungente | Não Pungente | Sem amplificação |
| 87 | 19 | 56 |
| 62 | 88 | 70 |
| 60 | 52 | 91 |
| 74 | 49 | |
| 68 | 54 | |
| 85 | 23 | |
| 82 | 4 | |
| 55 | 37 | |
| 81 | 42 | |
| 89 | 25 | |
| 76 | 3 | |
| 59 | 40 | |
| 80 | 7 | |
| 2 | 5 | |
| 9 | 8 | |
| 15 | 27 | |
| 39 | 29 | |
| 28 | | |
| 6 | | |
| 48 | | |
| 17 | | |
| 30 | | |

84

72

As pimentas possuem uma proximidade entre algumas espécies, podendo ser um dos motivos de ocorrer amplificação de outras espécies para o marcador específico de *C. Annuum*. Segundo Garcia et al., (2016), em seu estudo com espécies não classificadas taxonomicamente, identificaram uma conexão entre as três espécies (*C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens*). Determinando-os como genótipos difícil de classificar, por conta, principalmente, dos cruzamentos interespecíficos frequentes entre as três espécies que pertencem ao clado *C.annuum*.

CONCLUSÃO

Após avaliação dos resultados, foi identificado diversos genótipos do banco ativo de germoplasma de *Capsicum* da UFES com potencial para o comércio de plantas ornamentais. Tivemos genótipos com coloração de folhas diferente da maioria estudada, além da coloração de fruto, tanto no estágio maduro, quanto maduro.

Por se encaixar em dois tipos de ornamentação, a pimenta tem um grande potencial, foram classificados genótipos com destaque para ambos setores no BAG da UFES, sendo destaque o tamanho do genótipo 23 para o comércio em vasos e do genótipo 52 para ornamentação de jardins. Os genótipos 4, 15, 37, 40, 42, 49, 56, 60, 68, 74, 80 e 89 também se destacam para a ornamentação em vaso. Para ornamentação em jardins também temos os genótipos 3, 7, 18, 51, 54 e 70.

Com a análise molecular com marcador *pun1* foram encontrados 22 genótipos pungentes, sendo que o genótipo 23 e 52 não apresentaram produção, no cenário ornamental é uma boa característica para evitar possíveis acidentes com consumo indevido dos frutos.

REFERÊNCIAS

- BACKES, C. et al. Produção de pimenta ornamental em função de substratos e doses de adubação com fertilizantes de liberação lenta e tradicional. *Scientia Agraria Paranaensis*, p. 67-76, 2007.
- Bento, C.S., Sudré, C.P., Rodrigues, R., Riva, E.M., Pereira, M.G. 2007. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimenta. *Scientia Agraria* 8: 149-156
- Carvalho, S.I.C.; Bianchetti, L.B.; Ribeiro, C.S.C.; Lopes, C.A. (2006). Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. Brasília: Embrapa Hortaliças. 27.
- COSTA, GÉRSO DO NASCIMENTO et al. SELECTION OF PEPPER ACCESSIONS WITH ORNAMENTAL POTENTIAL1 1 Extracted from the master dissertation of the first author. . *Revista Caatinga* [online]. 2019, v. 32, n. 2
- DOYLE, JJ; DOYLE, JL. 1987. DNA isolation from small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem Bull* 19: 11-15.
- FORTUNATO, F. L. G. ; Rêgo, E.R. ; CARVALHO, M. G. ; SANTOS, C. A. P. ; RÊGO, M. M. . Genetic diversity in ornamental pepper plants. *COMUNICATA SCIENTIAE* , v. 10, p. 364-375, 2019.
- García, Carrizo C. et al., Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Ann. Bot.* 118, 35–51 (2016).
- INCAPER, 2019. Disponível em <<https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/regioes-sul-e-caparao-recebem-encontro-de-produtores-de-flores-e-plantas-ornamentais>>; Acesso dia 28 de fevereiro de 2020.
- IPGRI AVRDC; CATIE. 1995. Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and

the CentroAgronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.110p.

LIAN, Chunlan L. et al. An improved technique for isolating codominant compound microsatellite markers. *Journal of Plant Research*, v. 119, n. 4, p. 415-417, 2006.

LOPES C. A., et al., Sistema de produção, 2. Embrapa hortaliças. 2007. ISSN 1678-880x>. Acesso outubro de 2021.

MAPA, 2021. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php?

Nascimento, N. F. F.; Nascimento, M. F.; Santos, R. M. C.; Bruckner, C. H.; Finger, F. L.; Rêgo, E. R.; Rêgo, M. M.(2013). Flower color variability in double and three-way hybrids of ornamental peppers. *Acta horticulturae*

Neto, J.J.S.; Rêgo, E.R.; Nascimento, M.F.; Filho, V.A.L.S.; Neto, J.X.A.; Rêgo, M.M. (2014). Variabilidade em população base de pimentas ornamentais(*Capsicum annuum* L.). *Revista Ceres*. 61:084-089.

NICHOLS, Nicole M.; TANNER, Nathan A. Using aptamers to control enzyme activities: Hot Start Taq and beyond. 2020.

PEREIRA, Ítalo S. et al. Validação de marcadores moleculares associados à pungência em pimenta. *Horticultura Brasileira*, v. 33, p. 189-195, 2015.

Pessoa, A.M. dos S., Rêgo, E.R., Barroso, P.A., Rêgo, M.M. 2015. Genetic Diversity and Importance of Morpho-Agronomic Traits in a Segregating F2 Population of Ornamental Pepper. *Acta Horticulturae*. 1087: 195-200.

PINTO, C.M.F.; Finger, F.L.; Ribeiro, W.S. (2012) Pimentas Ornamentais Comestíveis: uma oportunidade para o agronegócio familiar. In: simpósio brasileiro de agropecuária sustentável. Anais...Viçosa: UFV, 2012, p. 138-157.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; Ribeiro, C.S.C. Cultivo de Pimentas *Capsicum*. Brasília: Athalaya, 2008, p. 11-14.

- RÊGO, E.R.; Rêgo, M.M.; Silva, D.F.; Cortez, R.M.; Sapucay, M.J.L.C.; Silva,D.R.; Silva Junior, S.J. (2009) Selection for leaf and plant size and longe vity ofornamental peppers (*Capsicum* spp.) grown in green house condition. *ActaHorticulturae*, 829:371-375.
- RÊGO, E.R.; Finger, F.L.; Nascimento, N.F.; Araújo, E.R.; Sapucay, M.J.L.C.(2011). Genética e melhoramento de pimenteiras *Capsicum* spp. In: Rêgo, E.R.; Finger, F.L.; Rêgo, M.M. (Org.). Produção, Genética e Melhoramento dePimentas (*Capsicum* spp.). Recife: Imprima, 223p.
- Silva Neto, J.J., Rêgo, E.R., Nascimento, M.F., Silva Filho, V.A.L., Almeida Neto, J.X., Rêgo, M.M. 2014. Variabilidade em população base de pimenteiras ornamentais (*Capsicumannuum* L.). *Revista Ceres* 61 (1): 84-89.
- Silva, C.Q.; Jasmim, J.M.; Santos, J.O.; Bento, C.S; Sudré, C.P.; Rodrigues, R.(2015). Phenotyping and selecting parentes for ornamental purposes in chilipepper accessions. *Horticultura brasileira*. 33:066-073.
- SILVA, CAMILA Q ; RODRIGUES, ROSANA ; BENTO, CÍNTIA S ; PIMENTA, SAMY . Heterosis and combining ability for ornamental chili pepper. *Horticultura Brasileira* , v. 35, p. 349-357, 2017.
- TRIPODI, Pasquale; RABANUS-WALLACE, Mark Timothy; BARCHI, Lorenzo; KALE, Sandip; ESPOSITO, Salvatore; ACQUADRO, Alberto; SCHAFLEITNER, Roland; VAN ZONNEVELD, Maarten; PROHENS, Jaime; DIEZ, Maria José. Global range expansion history of pepper (*Capsicum* spp.) revealed by over 10,000 genebank accessions. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, [S.L.], v. 118, n. 34, p. 1-9, 16 ago. 2021. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2104315118>.
- VASCONCELOS, C. S. et al. Determinação da dissimilaridade genética entre acessos de *Capsicum* chinense com base em características de flores. *Revista Ceres*, v. 59, n. 4, p. 493-498, 2012.
- Vieira, M.A. (2002) Uso de polímero hidro absorvente efeitos sobre a qualidade de substratos hortícolas e crescimento de mudas de pimentão

ornamental.Pelotas: UFPel - FAEM, 2002. 113p. Mestrado em Produção Vegetal, UFPel.

ZENI, A. L. B. ; BOSIO, F. . O uso de plantas medicinais em uma comunidade rural de Mata atlantica. Nova Rússia, SC. Neotropical Biology and Conservation , v. 6, p. 55-63, 2011.

WYATT, Gwen; SIKORSKII, Alla; RAHBAR, Mohammad Hossein; VICTORSON, David; YOU, Mei. Health-Related Quality-of-Life Outcomes: a reflexology trial with patients with advanced-stage breast cancer. Oncology Nursing Forum, [S.L.], v. 39, n. 6, p. 568-577, 29 out. 2012. Oncology Nursing Society (ONS). <http://dx.doi.org/10.1188/12.onf.568-577>.

CAPITULO 2

Genótipos resistentes a *Xanthomonas euvesicatoria*, *Colletotrichum scovillei* Peper yellow mosaic virus

RESUMO

As pimentas tem grande destaque na agricultura familiar, e também em grandes cultivos, devido seu grande uso na culinária brasileira. No entanto a produção de pimentas e pimentões no país tem sido limitada pela ocorrência de doenças fitopatogênicas. Estas doenças apresentam potencial de redução total da produção de pimenteiras, e algumas englobam toda a família solanaceae. Foram avaliadas três das principais doenças que afetam as espécies do gênero *Capsicum* no Brasil. A antracnose, doença causada por fungos do gênero *Colletotrichum*, afeta as plantas de pimentas tanto no campo, em suas partes vegetativas, como também na pós colheita, os sintomas mais comuns são observados em frutos, sendo o produto final, é considerado o mais importante da cultura, tanto para o comércio de fruto *in natura*, como para o de plantas ornamentais, os sintomas são lesões escuras e arredondadas que levam ao apodrecimento total. Outra doença de importância para a cultura das pimentas é a mancha bacteriana causada pela *Xanthomonas euvesicatoria*, sendo destaque os sintomas em folhas de pimentas, que são: amarelecimento e lesões necróticas, no entanto, não se restringe apenas a folhas, em alguns casos podem ser observados sintomas em frutos. Em relação às viroses, o mosaico amarelo do pimentão, cujo agente causal é o *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), uma virose que já causou grandes perdas no estado do Espírito Santo - Brasil para os produtores de Solanaceae, seu sintoma é o amarelecimento em forma de mosaico das folhas e a deformação, podendo em casos extremos, causar a morte da planta. Após avaliação dos resultados encontramos dois genótipos que foram resistentes às três doenças estudadas, como também genótipos que foram resistentes ao menos uma doença.

Palavras-chave: Antracnose, Mancha bacteriana, Mosaico amarelo do pimentão, Pimenta.

ABSTRACT

Peppers have great prominence in family farming, and also in large crops, due to their wide use in Brazilian cuisine. However, the production of peppers and bell peppers in the country has been limited by the occurrence of phytopathogenic diseases. These diseases have the potential to reduce the total production of pepper plants, and some include the entire solanaceae family. Three of the main diseases that affect the species of the genus *Capsicum* in Brazil were evaluated. Anthracnose, a disease caused by fungi of the *Colletotrichum* genus, affects pepper plants both in the field, in its vegetative parts, as well as, in the post-harvest period, the most common symptoms are observed in fruits, and the final product is considered the most important of the crop, both for the trade of fresh fruit and ornamental plants, the symptoms are dark and rounded lesions that lead to total decay. Another disease of importance for the culture of peppers is bacterial spot caused by *Xanthomonas euvesicatoria*, the symptoms in pepper leaves being highlighted, which are: yellowing and necrotic lesions, however, it is not restricted to leaves, in some cases, they can be symptoms observed in fruits. Regarding viruses, the yellow bell pepper mosaic, whose causal agent is the *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), a virus that has already caused great losses in the state of Espírito Santo – Brazil for Solanaceae producers, its symptom is yellowing in mosaic shape of the leaves and deformation, which in extreme cases can cause plant death. After evaluating the results, we found two genotypes that were resistant to the three diseases studied, as well as genotypes that were resistant to at least one disease.

Keywords: Anthracnose, Bacterial spot, Peppers, Yellow chili mosaic.

INTRODUÇÃO

A busca por novas variedades de pimentas com potencial produtivo vem crescendo a cada dia. Entretanto, o surgimento de doenças, causadas por patógenos, torna-se um fator limitante a produção das pimentas do gênero *Capsicum* (Nascimento et al., 2019). Entre essas doenças pode-se citar a mancha bacteriana, causada pela *Xanthomonas euvesicatoria*, a antracnose, causada por um complexo de fungo do gênero *Colletotrichum* e o mosaico amarelo do pimentão, cujo o agente causal é o vírus *Pepper yellow mosaic virus*.

A *X. euvesicatoria* está entre as bactérias que mais causam perdas em pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil, pois trata-se de uma doença bacteriana localizada, e de difícil controle, principalmente devido as variações climáticas existentes no país, que favorecem o surgimento e desenvolvimento deste patógeno e a falta de produtos químicos eficientes e recomendados para a cultura (Areas et al., 2015).

A mancha bacteriana (Areas, 2015) juntamente com a antracnose são doenças importantes em pimentas e pimentões, cultivados nas regiões tropicais e subtropicais, podendo causar danos em diversos estádios de desenvolvimento da cultura. A mancha bacteriana causa danos às folhas e em frutos, tendo como sintomas iniciais pequenas manchas com aspecto encharcado, que ao se desenvolverem ficam com aspecto pardo e posteriormente ocorre a necrose, podendo levar a desfolha, nos frutos os sintomas são formações de crostas necróticas e na flor ocorre a necrose e formação de exsudados bacterianos (Viana, 2007; Areas et al., 2018; Vancheva et al., 2018).

O controle químico desta doença está limitado à alguns produtos à base de cobre (Agrofit, 2021). Porém a baixa eficiência destes produtos foi testada anteriormente por pesquisadores, que também comprovaram que além de não controlarem a doença de forma eficiente levavam ao surgimento de populações de bactéria resistentes a este princípio ativo (Adaskaveg & Hine, 1985; Aguiar et al., 2000; Areas, 2015).

Outra doença que causa grandes perdas na cultura da pimenta é a antracnose, principalmente na pós colheita (Gomes; Serra, 2013). Esta doença ocorre em folhas e em frutos verdes e maduros (Bento et al., 2017). Tanto em folhas quanto em frutos, os sintomas são lesões circulares de coloração escura que ao se expandirem ficam deprimidas (Gomes; Serra, 2013), depreciando, desta forma, as partes da planta de maior apelo ornamental.

A antracnose está presente em todo estágio de desenvolvimento da pimenta e é considerada uma das doenças, fúngicas, de pós-colheita mais importante e destrutiva em regiões tropicais e subtropicais, principalmente nos cultivos comerciais de campo aberto (Kim et al., 2014). Esta doença é causada por fungos do gênero *Colletotrichum*, sendo o mais conhecido o *C. gloeosporioides* (Azevedo et al., 2006) e *C. scovillei* Damm (Damm et al., 2012).

O controle de doenças fúngicas como a antracnose, pode ser feito por seleção de sementes sadias e escolhas de épocas em que o clima não favorece o desenvolvimento do fungo. No entanto, o maior controle ainda é feito por meio de produtos químicos (Johnny et al., 2011), elevando os níveis de resíduos de agrotóxicos nos frutos (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013).

Outro entrave existente nas plantas do gênero *Capsicum*, relacionado a doenças são causadas por vírus (Moura et al., 2012). Dentre estes vírus está o *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) um dos principais vírus do gênero *Potyvirus*, seus sintomas mais severos são o mosaico amarelo e posteriormente o encarquilhamento das folhas. Este vírus já causou perdas econômicas a cultura do pimentão em lavouras no estado do Espírito Santo, que chegaram a 100%. A forma mais eficiente de controle desta doença é a utilização de genótipos resistentes, pois ainda não existe no mercado produtos químicos capazes de controlar doenças vírus em plantas (Maciel-Zambolim et al., 2004).

Entretanto, o número de pimentas resistentes a doenças fitopatogênicas, de forma geral, ainda está abaixo do desejável, o que leva a necessidade de desenvolver cultivares resistentes e ao mesmo tempo com características agrônomicas desejáveis, principalmente para o mercado ornamental. A

obtenção de fontes de resistência é uma importante etapa para programas de melhoramento que visam à obtenção de cultivares resistentes a doenças, seja bacteriana, fúngica ou viral (Faleiro et al., 2001).

A resistência múltipla a mais de uma doença em plantas é um dos objetivos dentro de um programa de melhoramento que busca o desenvolvimento de cultivares resistentes. Ela pode ser definida como a resistência de um hospedeiro a duas ou mais doenças. Dentro desta resistência, estão todas as formas de resistência hereditária que pode ser de um loci, ou seja, quando vários alelos são responsáveis por uma determinada resistência, ou então quando uma planta possui diversos genes R diferentes, que são eficazes contra diversos patógenos (Wiesner-Hanks; Nelson, 2016).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo identificar acessos de *Capsicum* spp., com potencial ornamental, pertencentes ao banco ativo de germoplasma da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, com resistência a uma ou mais doenças.

MATERIAIS E METODOS

Experimento de resistência a doenças

O experimento de condução da avaliação da resistência múltipla foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre. As análises dos patógenos foram realizados no Laboratório de Melhoramento e Resistência de Plantas a Doenças (LAMERP) e no Laboratório de Virologia Microbiana e Biocontrole de Doenças de Plantas (LAVIB). Latitude: 20° 45' 48" Sul, Longitude: 41° 32' 2" Oeste.

Para a avaliação da resistência a múltiplas doenças, foram realizados os experimentos em duas épocas distintas, visando desta forma, descartar qualquer influência ambiental que poderia interferir nos resultados obtidos. Os tratamentos culturais, desde a semeadura até as avaliações das doenças foram realizadas de forma semelhante nas duas épocas de condução dos experimentos, conforme recomendação de Filgueira (2012).

Experimento para avaliação de resistência a *Xanthomonas euvesicatoria*

Para a resistência a mancha bacteriana, foram avaliados 41 acessos de *Capsicum* spp. do banco de germoplasma da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, a cultivar Ikeda (controle negativo) e o genótipo UENF 1381 (controle positivo), totalizando desta forma, 43 genótipos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com oito repetições, totalizando 344 plantas.

Os genótipos foram semeados em bandejas de poliestireno de 128 células e com dois pares de folhas definitivas foram transplantados para vasos de 2L, contendo uma mistura de solo, areia e esterco, nas proporções de 1:1:1.

Para a inoculação dos genótipos foi utilizado o isolado ENA 4135 de *Xanthomonas euvesicatoria*, cedido pela professora Rosana Rodrigues, do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, setor de resistência a doenças, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

O isolado foi repicado em placas de *Petri* contendo meio Mueller Hinton Agar (MHA). Para a avaliação da resistência à mancha bacteriana, foram utilizadas duas concentrações, uma para a reação de hipersensibilidade na concentração de $1,0 \times 10^8$ UFC/mL e outra para a reação quantitativa na concentração de $1,0 \times 10^5$ UFC/mL. A princípio a concentração foi ajustada para 10^8 UFC/mL com auxílio de espectrofotômetro, utilizando-se o comprimento de onda de 600 nm e absorvância de 0,300 ($A_{600} = 0,3$) (JONES, 1991). Posteriormente, foi realizada uma diluição em série até a concentração de 10^5 UFC/mL.

Ambas concentrações foram inoculadas no mesmo dia, em folhas diferentes de cada planta, marcadas com lãs de cores distintas para identificação. Foi utilizado seringas e agulhas hipodérmicas para inoculação da bactéria, a qual foi infiltrada na parte abaxial das folhas, até formar uma área de aproximadamente 1cm^2 (Riva-Souza et al., 2007; Pimenta et al., 2016).

A avaliação da resposta de hipersensibilidade foi realizada entre 24 e 48 horas após inoculação, onde foi observado presença ou ausência de necrose nas folhas inoculadas.

Para a avaliação quantitativa, foi utilizada a escala de notas, sugerida por Riva-Souza (2009). As notas atribuídas aos sintomas foram: nota 1 – sem sintomas visíveis da doença; nota 2 – quando o local da inoculação apresentou coloração amarelada; nota 3 – quando as folhas inoculadas apresentaram coloração amareladas com alguns pontos necróticos; nota 4 – quando a folha inoculada possuir manchas necrosadas no local da inoculação e nota 5 – quando a área inoculada da folha inoculada estiver totalmente necrosada.

Experimento para avaliação da resistência ao *Colletotrichum* spp.

Para a resistência ao *Colletotrichum* spp. foram avaliados frutos imaturos e maduros de 40 acessos do banco de germoplasma da UFES, A cultivar Ikeda (controle negativo) e o genótipo UENF 1381 (Controle positivo). Este genótipo tem resistência parcial ao *Colletotrichum*, tanto em fruto imaturo quanto maduro), totalizando desta forma, 43 genótipos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com oito repetições, totalizando 344 plantas.

Os genótipos foram semeados em bandejas de polietileno de 128 células e com dois pares de folhas definitivas foram transplantados para vasos de 2L, contendo uma mistura de solo, areia e esterco, nas proporções de 1:1:1.

O isolado utilizado para a inoculação foi coletado, em fruto de pimentão, no comércio da cidade de Alegre - ES. Este isolado foi coletado e doado pelo professor André da Silva Xavier, professor da Universidade Federal do Espírito Santo.

O isolado foi cultivado em meio BDA (batata-dextrose-ágar), para purificação e crescimento. Após o desenvolvimento do fungo em meio de cultura, foi obtida uma cultura monospórica. Para obtenção desta, foi feita uma suspensão dos esporos do fungo repicados em meio BDA, estes foram diluídos até a obtenção de 10^{-4} e pipetado 1mL em meio ágar água. Com o auxílio de microscópio, foi obtida a cultura monospórica (Figura 7)

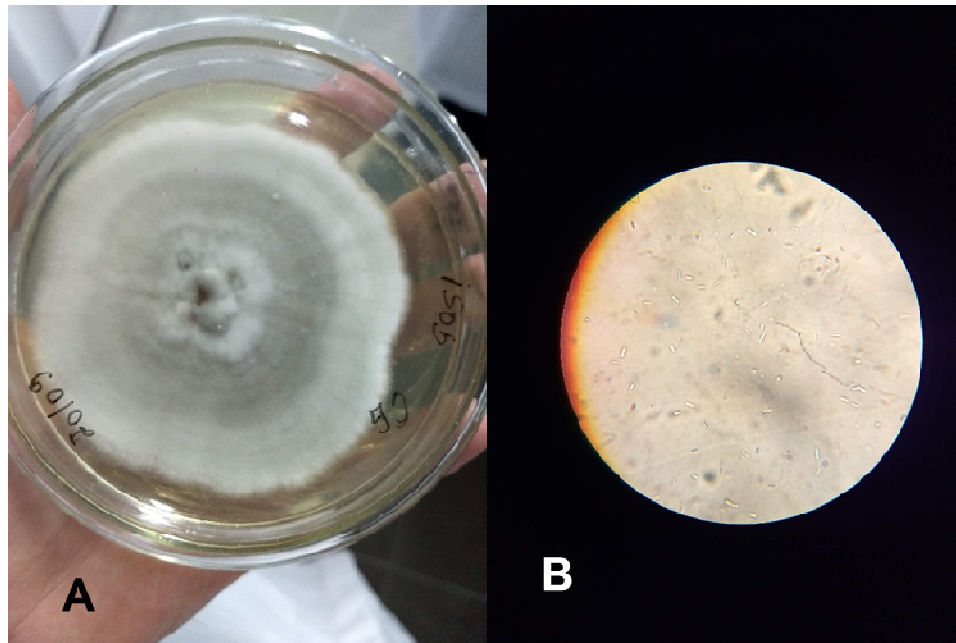


Figura 7- A – Placa com crescimento de fungo do gênero *Colletotrichum*. B – espóros de *Collethotrichum* para obtenção de cultura monospórica.

Para avaliação da resistência, foram utilizados três frutos no estágio imatura e três frutos no estágio maduro de cada repetição das plantas. As avaliações em diferentes estádios de maturação dos frutos, torna-se necessário devido o controle genético da resistência ser governado por genes diferentes em estágio imaturo e no estágio maduro (Mahasuk et al., 2009).

Após a colheita dos frutos, os mesmos foram levados ao laboratório para serem desinfestados em hipoclorito (0,1%) e álcool (70%), após foi feito a tríplice lavagem em água destilada autoclavada.

Os conídios de *Colletotrichum* spp. foram ajustados para uma concentração de $1,0 \times 10^6$ conídios/mL, com auxílio de câmara de Neubauer foi realizada a contagem dos conídios e após a concentração foi ajustada. Esta solução foi utilizada para inoculação dos frutos, onde cada fruto foi ferido com auxílio de agulha, para facilitar a penetração do fungo. Após inoculação, os frutos foram colocados em câmara úmida e mantidos à temperatura ambiente. As avaliações foram feitas segundo a escala de notas sugerida por Montri et al. (2009).

A avaliação das lesões foi feita todos os dias, desde a inoculação até o 10º dia após a inoculação (DAI), foram avaliados sintomas nos frutos imaturos e maduros pela escala de descrição dos sintomas (Montri et al., 2009) (Tabela 13).

Tabela 13- Escala de avaliação para descrição dos sintomas de antracnose em frutos de *Capsicum* spp.

| Descrição dos sintomas | | |
|------------------------|------------------------------|--|
| Escala | Nível de resistência | Sintomas |
| 0 | HR, muito resistente | Não Infectado 1-2% da superfície do fruto com |
| 1 | R, resistente | lesão necrótica ou uma lesão aquosa em torno local da infecção. > 2-5% da superfície do fruto com |
| 3 | MR, moderadamente resistente | lesão necrótica, apresentando acérvulo, ou até 5 % do fruto com lesão aquosa. > 5-15 % da superfície do fruto com |
| 5 | MS, moderadamente suscetível | lesão necrótica, apresentando acérvulo, ou até 25 % do fruto com lesão aquosa >15-25 % da superfície do fruto com |
| 7 | S, suscetível | lesão necrótica e acérvulo >25 % da superfície do fruto mostra |
| 9 | HS, muito suscetível | lesão necrótica com acérvulo |

Fonte: Montri et al., 2009.

Sequenciamento para a identificação da espécie de *Colletotrichum* spp. estudada.

A manutenção, preparo e o sequenciamento do isolado de *Colletotrichum* foi realizado em parceria com o Laboratório de Ecofisiologia e Biotecnologia Vegetal (LEBA) da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Extração do DNA

O isolado de *Colletotrichum* selecionado para o trabalho foi incubado em meio BDA (Batata-dextrose-ágar) durante sete dias em câmara de crescimento a 28°C. O DNA foi extraído a partir da raspagem do micélio da placa, com auxílio de uma alça de drigalski devidamente estéril. O micélio raspado foi macerado com nitrogênio líquido e imediatamente adicionado o tampão de extração contendo CTAB (Cetyltrimethylammonium Bromide, Sigma-Aldrich, Missouri-USA). A qualidade do DNA total obtido, foi verificado por eletroforese em gel de agarose a 1%. A concentração de DNA foi estimada utilizando o quantificador NanoDrop 2000/2000c (Thermo Scientific, Califórnia-USA).

A identificação da espécie do isolado de *Colletotrichum* spp. teve como base a análise filogenética multilocus dos genes gliceraldeído3-fosfato desidrogenase (GAPDH e a região do espaçador de rDNA (ITS-DNAr).

A reação de amplificação foi realizada utilizando-se 25 ng de DNA; 7,5 µL Gotaq® Green Master Mix (Promega, Winchester-USA), 10 µM de cada primer; 10% de DMSO (dimetilsulfoxide) e água ultrapura para completar o volume da reação para 15µL. Os produtos de amplificação foram submetidos a eletroforese em gel de agarose a 2%, utilizando como controle um marcador (Ladder) de peso molecular conhecido (1kb, Ludwig Biotechnology, Rio Grande do Sul-BR), para confirmar se o fragmento amplificado apresentava o tamanho esperado. Em seguida as amostras foram purificadas com illustra™ ExoProStar™ 1-Step, conforme recomendação do fabricante (GE Healthcare, New Jersey-USA), e submetidas a etapa de sequenciamento.

As reações de sequenciamento foram realizadas em um volume de 10 µL contendo 2,33 µL de tampão (5x), 10 µM de forward primer, 1,0 µL de bigdye (BigDye® terminator cycle sequencing ready reaction kit; Perkin-Elmer Applied Biosystems, Califórnia-USA), 1 µL do produto de amplificação

purificado e água ultrapura até 10 µL. Esta reação foi repetida e realizada separadamente para o primer reverso. As condições usadas para a reação de sequenciamento seguiram o padrão de amplificação recomendado pelo fabricante do sequenciador, Applied Biosystem. A precipitação dos produtos amplificados seguiu pela adição de 2,5 µL de EDTA (125 mM) e 30 µL de etanol a 100%. Em seguida as amostras foram incubadas por 15 minutos em temperatura ambiente, precipitadas por centrifugação a 3000×g por 30 min (4°C), lavadas com 30 µL de etanol (70%) e secas a 95°C por 30 segundos. Para sequenciamento as amostras foram ressuspensas em 10 µL de formamida Hi-Di, desnaturadas a 95°C por três minutos, imediatamente incubadas em gelo por alguns minutos e submetidas à eletroforese capilar no sistema automatizado 3500 xL (Applied Biosystems, Califórnia-USA).

Experimento para avaliação da resistência ao *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV)

Na resistência ao PepYMV foram avaliados 40 acessos do banco de germoplasma da UFES, a cultivar Ikeda (controle negativo) e o genótipo UENF 1381 (controle positivo, resistência parcial), totalizando 43 genótipos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com 10 repetições, totalizando 430 plantas. Além das testemunhas, citadas a cima, também foram utilizadas duas plantas de cada repetição dos genótipos como controles. Desta forma, apenas oito repetições de cada genótipo foram inoculadas com o isolado. Para evitar a disseminação do vírus por insetos, os genótipos foram mantidos em gaiolas revestidas com telas antiafídeo.

Os genótipos foram semeados em bandejas de plásticas de 128 células e com dois pares de folhas definitivas foram transplantados para copos plásticos de 200 mL, contendo uma mistura de solo, areia e esterco, nas proporções de 1:1:1.

Para a inoculação foi utilizado o isolado 3 de PepYMV, cedido pelo professor Murilo Zerbini, do Laboratório de Virologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa. O isolado foi mantido em plantas hospedeiras de *Nicotiana debney* (Truta et al., 2004).

Para inoculação foi utilizado extrato vegetal tamponado com fosfato de potássio 0,05 M, pH 7,2, contendo 0,01% de sulfato de sódio e carborundum de malha 600 mesh como abrasivo (Truta et al., 2004). Os genótipos foram inoculados no estágio de três a quatro folhas definitivas e reinoculados 48 horas após a primeira inoculação, para diminuir a incidência de escapes. A inoculação foi feita por meio de transmissão mecânica friccionando as folhas com o auxílio de gaze contendo o inóculo. As plantas utilizadas como testemunhas foram colocadas em gaiolas separadas e inoculadas apenas com a solução tampão e o carborundum.

As avaliações foram realizadas utilizando a escala de notas sugerida por Bento et al. (2009). As notas foram atribuídas conforme a evolução dos sintomas, tais como: 1- ausência de sintomas; 2- leve sintomas (área foliar de 25% com pequenas áreas em mosaico); 3 - sintomas médios (50% de área foliar com mosaico); 4 - sintomas intensos (75% da área foliar com mosaico) e 5 - sintomas graves (100% área foliar com mosaico, bolhas, torção e redução de área).

Análise estatística

As avaliações dos sintomas das três doenças foram realizadas diariamente para que fosse obtido os seguintes parâmetros: Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), o Período Latente e Período de Incubação dos patógenos. Com base nesses parâmetros foram realizados o grau de normalidade dos dados para a realização da análise de variância e o teste de agrupamento de médias Scott-Knott. Todas as análises foram realizadas por meio do software Genes e R.

Os resultados foram submetidos a teste de ANOVA e posteriormente feito teste de agrupamento de médias Scott-Knott a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resistência de acessos de *Capsicum*spp. após inoculação com *Xanthomonas euvesicatoria*

Teste de agrupamento de média *Scott-Knott*

Ao aplicar teste de *Scott-Knott* a 5% de significância, foi observado três grupos de média, sendo uma para os que se igualaram ao controle positivo da doença (88, Ikeda), e dois grupos de genótipos que apresentaram uma maior resistência. Os genótipos que apresentaram menor AACPD, foram acompanhados pela letra C (Figura 9).

Resistência quantitativa

A Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) é um importante fator para determinar a resistência a um determinado patógeno, pois através dela é possível obter o quão severo foi o ataque do patógeno ao hospedeiro, outros fatores que permitem identificar a velocidade de colonização e surgimento da doença é o período de incubação.

Após avaliação dos sintomas da mancha bacteriana (Figura 8), foi realizada a AACPD, e alguns acessos apresentaram grande suscetibilidade, tendo uma área superior ao controle positivo (Ikeda, 88), os acessos que se igualaram estatisticamente à média do controle, segundo o teste de agrupamento de média de *Scott-Knott* a 5% de significância, foram: 8,9, 28, 30, 40,49, 51, 66, 70, 74, 87, 60 e 91 (Figura 9). A AACPD destes genótipos se igualou estatisticamente à média do controle, no entanto, em números eles apresentaram maior grau da doença.

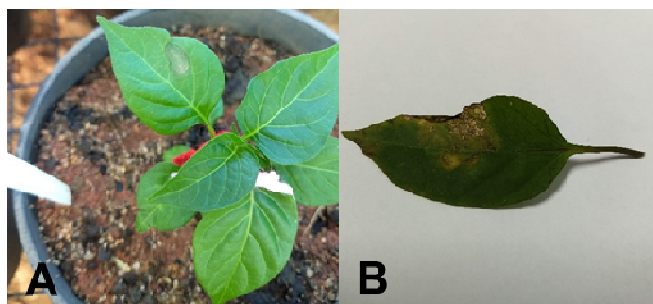


Figura 8– A: Reação de hipersensibilidade e B: Sintoma quantitativo de *X. euvesicatoria* em folhas de *Capsicum* spp.

Os genótipos que apresentaram resistência quando comparado ao controle (UENF1381) foram os 2, 3, 5, 25, 48, 56, 59, 62, 66, 68, 76, 80,81, 82, 85 e 89(Figura 9). Tais genótipos não apresentaram sintomas ou tiveram um maior período de incubação (Tabela 14).

Segundo Areas et al., (2018) cepas de *X. euvesicatoria* inoculadas em plantas de *Capsicum* possuem uma grande resistência aos princípios ativos utilizados nas lavouras, que são a base de cobre. O que dificulta muito o controle químico da doença. A utilização de mais princípios ativos em um agroquímico, é uma alternativa para o controle, no entanto, isto pode levar a novas resistências por parte do patógeno. Neste cenário, a resistência genética das plantas é a melhor alternativa para controle da doença.

A Mancha bacteriana causada por *X. euvesicatoria*, é uma doença comum nas plantas da família das pimentas, Solanaceae, estudos procuram meios para o seu controle, pois os químicos descritos para a família não são tão efetivos, devido à quebra de resistência por parte dos patógenos (Vancheva et al., 2018; Rodrigues et al., 2016; Anjos et al., 2014).

Silva et al., (2006) estudando *X. euvesicatoria* identificou cultivares de *Capsicum* com maiores e menores AACPD, calculados através dos dados de severidade da doença nas plantas, quando comparado ao controle utilizado. Tal resultado também foi observado em nosso estudo.

Avaliando o período de incubação para *X. euvesicatoria*, identificamos nove genótipos que se destacaram por não apresentarem sintomas, estes foram: 5, 48, 62, 68, 76, 80, 81, 82 e 89. Outros quatro genótipos tiveram um maior período de incubação que os demais estudados, estando próximos aos 10 dias de Período de Incubação (Tabela 14).

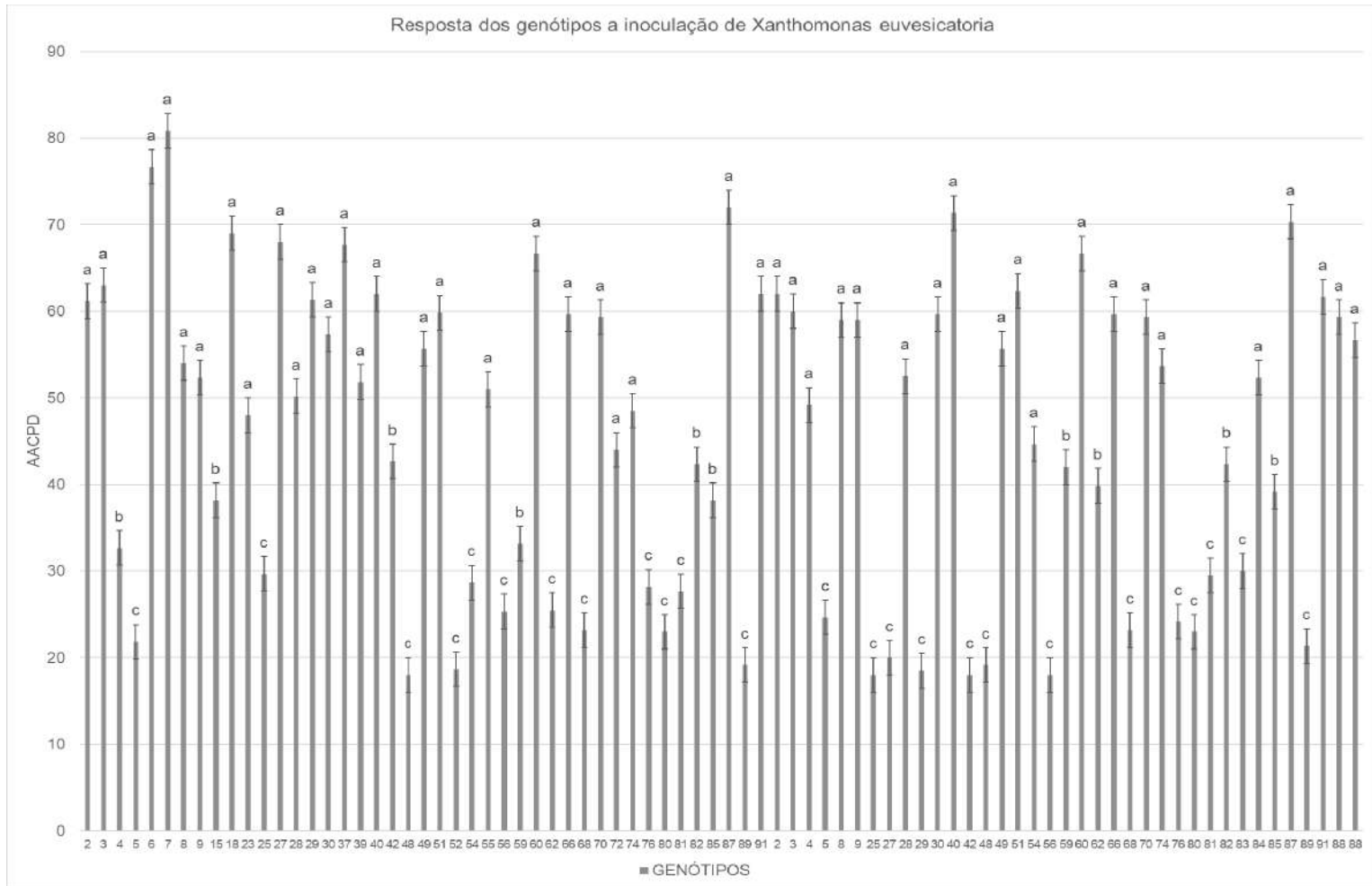


Figura 9 - Respostas dos acessos quando inoculado *Xanthomonas euvesicatoria* em folhas. Médias seguidas com a letra a se igualaram ao controle positivo (88, Ikeda), segundo o método estatístico de Scott-Knott.

Tabela 14– Período de incubação dos acessos ao patógeno (*X. euvesicatoria*) em dias

| Período de incubação de <i>Xanthomonas euvesicatoria</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Genótipos | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 15 | 18 | 19 | 23 | 25 | 27 | 28 | 29 | 30 | 37 | 39 | 40 | 42 | 48 | 49 |
| Período de incubação | 5 | 5 | 5 | s | - | - | 4 | 4 | - | - | - | - | 11 | 4 | 3 | 4 | 4 | - | - | 4 | 6 | s | 6 |
| Genótipos | 51 | 52 | 54 | 55 | 56 | 59 | 60 | 62 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 80 | 81 | 82 | 85 | 87 | 88 | 89 | 91 | - |
| Período de incubação | 6 | - | - | 6 | 9 | 10 | - | s | 6 | s | 6 | - | 6 | s | s | s | s | 9 | 4 | 3 | s | 6 | - |

Tabela dos genótipos e o tempo em dias para apresentarem sintomas e sinais das plantas inoculadas com *X. euvesicatoria*. Genótipos com s, significam que não apresentaram sintomas, e seguidos com (-) significa que não teve análise em ambas as épocas.

Os genótipos que tiveram maior AACPD (8, 9, 28, 30, 40,49, 51, 66, 70, 74, 87, 60 e 91) estes tiveram o período de incubação próximo dos cinco dias, ou seja, genótipos com menor tempo de incubação também apresentaram maior severidade da doença, de acordo com a AACPD (Tabela 14 e Figura 9). Segundo Ghini et al., (2011) quanto menor o tempo do período de incubação, maior poderá ser a severidade da epidemia na cultura.

A velocidade de infecção do patógeno está diretamente relacionado a severidade da doença. O período de incubação é o tempo entre a germinação e penetração do patógeno nos tecidos vegetais até o aparecimento dos primeiros sintomas (Alfonsi et al., 2019).

Alguns genótipos apresentaram reação de hipersensibilidade (Figura 10) (Tabela 15), está reação foi avaliada nas primeiras 48h após a inoculação.



Figura 10 -Reação de hipersensibilidade a *X. euvesicatoria* em folhas de *Capsicum* spp.

Tabela 15– Genótipos que apresentaram Reação de hipersensibilidade em ao menos uma repetição.

| Genótipos que apresentaram RH | época | 3 | 5 | 7 | 8 | 18 | 27 | 28 | 29 |
|-------------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 40 | 48 | 52 | 62 | 68 | 76 | 82 | 85 |
| | 2 | 5 | 27 | 28 | 40 | 42 | 68 | 85 | |

Identificação molecular do isolado de *Colletotrichum* spp.

Para a identificação molecular da espécie de *Colletotrichum* foram utilizadas sequências parciais dos genes ITS e gliceraldeído-3-fosfatodesidrogenase (GAPDH), os *primers* utilizados bem como referências de desenvolvimento estão apresentados na tabela 16.

Os resultados da identificação molecular obtidos com base nas sequências parciais dos genes permitiram a identificação do isolado de *Colletotrichum* spp. Esta identificação foi realizada utilizando a ferramenta *on line* BLASTn seguindo os parâmetros padrões. A busca realizada com a ferramenta online Q-bank fungi (Bonants et al. 2013) database utilizando a análise multigênica, permitiu a identificação com 100% de identidade com a

| GENE | Produto final | Nome do <i>Primer</i> | Sequência do <i>primer</i> | Referência |
|-------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------|
| GAPDH | Gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase | GD_F | GCCGTCAACGA CCCCTTCATTGA | Templeton et al. (1992) |
| | | GD_R | GGGTGGAGTCG TACTTGAGCATG T | |
| ITS | Espaçador | ITS_4 | CTTGGTCATTTA | White et al. (1990) |

espécie *Colletotrichum scovillei*.

transcrito interno

ITS_5

GAGGAAGTAA
CTCACTAAGCCA
TTCAATCGG

Tabela 16- Regiões gênicas utilizadas na análise multilocus dos isolados de *Colletotrichum* spp. com seus respectivos *primers*.

Resistência de acessos de *Capsicum* spp. após inoculação com *Colletotrichum scovillei*

A inoculação em frutos imaturos e maduros, foi eficiente em promover a expressão dos sintomas de antracnose nos acessos estudados.

Teste de agrupamento de média Scott-Knott

Para ambos experimentos, tanto fruto imaturo quanto fruto maduro, o agrupamento de média de Scott-Knott, classificou os genótipos em dois grupos, os que se igualaram ao controle positivo da doença (Ikeda, 88) e os que apresentaram resistência.

Resistência em Fruto imaturo

Os acessos que tiveram a mesma média de AACPD em ambos os experimentos são colocados como característica genética, destes acessos temos os que apresentaram igualdade ao controle positivo da doença: 72 e 91 (ambas *C. annum* var. *glabriusculum*), ou seja, eles se apresentaram suscetíveis à doença quando inoculado em fruto verde, pois tiveram suas médias equivalentes estatisticamente ao controle (Figura 11). Ambos genótipos já apresentavam sinais do fungo a partir do quinto dia de avaliação, após inoculação (Tabela 17).

Os genótipos que foram caracterizados como suscetível, tendo sua média de AACPD, segundo teste de Scott-Knott a 5% de significância, apresentaram as notas 7 e 9 em períodos mais curtos, próximo ao quinto dia de avaliação. Segundo a escala de Montri et al., (2009).

Tabela 17- Período de incubação e período latente dos 43 genótipos de Capsicum

| Genótipos | Período de incubação | | Período latente | | Genótipos | Período de incubação | | Período latente | |
|-----------|----------------------|-------|-----------------|-------|-----------|----------------------|-------|-----------------|-------|
| | maduro | verde | maduro | verde | | maduro | verde | maduro | verde |
| 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 51 | 5 | 4 | 6 | 5 |
| 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 52 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 54 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 56 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 6 | 4 | 4 | 6 | 6 | 59 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 7 | 3 | 3 | 5 | 6 | 60 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 8 | 3 | 3 | 5 | 6 | 62 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 15 | 5 | 5 | 6 | 6 | 68 | 4 | - | 6 | - |
| 18 | 4 | 4 | 5 | 5 | 70 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 23 | 5 | 5 | 6 | 6 | 72 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 25 | 5 | 5 | 6 | 6 | 74 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 27 | 4 | 4 | 5 | 5 | 76 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 28 | 5 | 5 | 6 | 6 | 80 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 29 | 5 | 5 | 6 | 6 | 81 | 4 | 4 | 6 | 6 |
| 30 | 4 | 4 | 6 | 5 | 82 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 37 | 4 | 4 | 5 | 5 | 85 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 39 | 5 | - | 6 | - | 87 | 5 | 5 | 7 | 6 |
| 40 | 4 | 4 | 5 | 5 | 88 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 42 | 5 | 5 | 5 | 5 | 89 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 48 | 4 | 4 | 5 | 5 | 91 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 49 | 5 | 5 | 6 | 6 | | | | | |

Tabela disposta dos números determinados para cada genótipo, seguida dos dias para apresentar os sintomas (período de incubação) e sinais (período latente), tanto para frutos imaturos quanto maduros. *genótipos seguidos pelo símbolo (-) não tiveram análise em ambas épocas de avaliação.

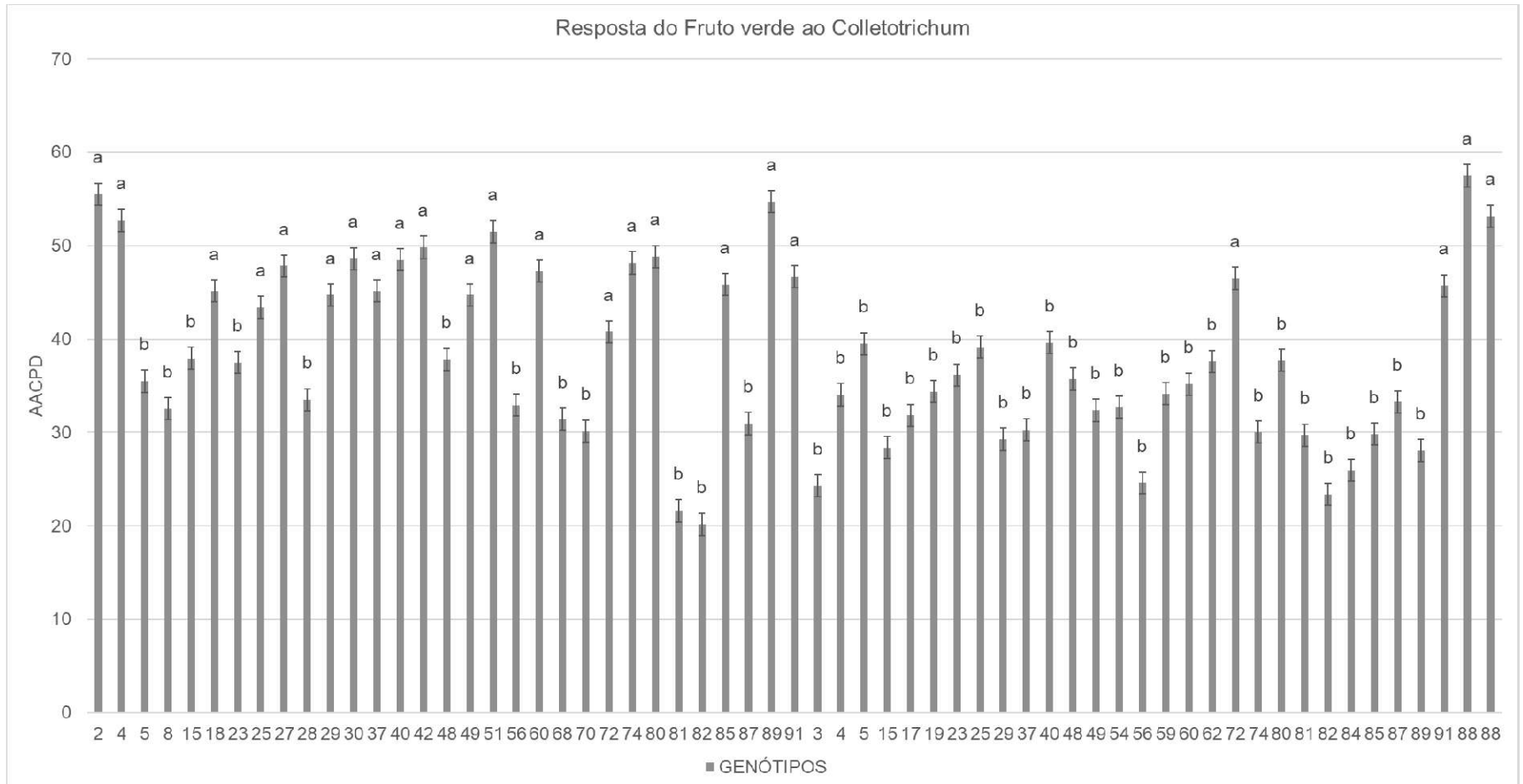


Figura 11- Respostas dos acessos quando inoculado *Colletotrichumscovillei* em frutos imaturos. Médias seguidas com a letra a se igualaram ao controle positivo (88, Ikeda) segundo o método estatístico de Scott-Knott.



Figura 12 - A – Fruto da cultivar Ikeda (*Capsicum annuum*) inoculado com o *C. scovillei*.

Alguns genótipos não apresentaram sintomas até o quarto dia de avaliação, caracterizando uma maior resistência ao contato com o fungo, estes são os genótipos *C. baccatum*: 5, *C. annuum* var *glabriusculum*: 15, 23, 60, *C. praeterissum*: 56, 72, *C. annuum*: 82, 85 e 87 (Figura 12, 13 e 14). Porém ao final de 11 dias de avaliação todos apresentavam sinais do patógeno. O genótipo 48 e 81, apresentaram média de AACPD menor que o controle positivo, porém com 4 dias de inoculação estes já começaram a apresentar pequenos sintomas da doença.



Figura 13- A e B - Frutos de *Capsicum* spp. inoculados com *Colletotrichum scovillei*.

Bento et al. (2017) em experimento com o mesmo genótipo (UENF 1381) observaram determinada resistência ao fungo, quando inoculado em fruto imaturo, caracterizando-o como parcialmente resistente.

Resistência em Fruto maduro

Semelhante ao estudo com fruto imaturo, alguns acessos apresentaram médias iguais em ambos os experimentos, diferindo ou igualando ao controle. Os genótipos que apresentaram menor AACPD quando comparado ao controle foram: *C. chinense*: 25, *C. annuum*: 29, 49, 82 e 87, *C. praeterissum*: 56, *C. frutescens*: 80 (Figura 15 e 16). Semelhante ao observado para frutos verdes, tais genótipos não apresentaram sintomas até o quarto dia de avaliação, iniciando ao quinto dia, com pequenas lesões, nota 3, segundo a escala de avaliação para descrição dos sintomas de antracnose em folhas e frutos de *Capsicum* spp. (Mahasuk et al., 2009).



Figura 14 - Frutos de *Capsicum* spp. inoculados com *Colletotrichumscovillei*

Os genótipos que apresentaram igualdade ao controle positivo, sendo caracterizados como muito suscetíveis foram: *C. annuum*: 27, 30, 37, 48, 62, 68, 70, *C. baccatum*: 28, *C. chinense*: 42, *C. praeterissum*: 56, *C. annuum* var. *glabriusculum*: 91 (Figura 15).

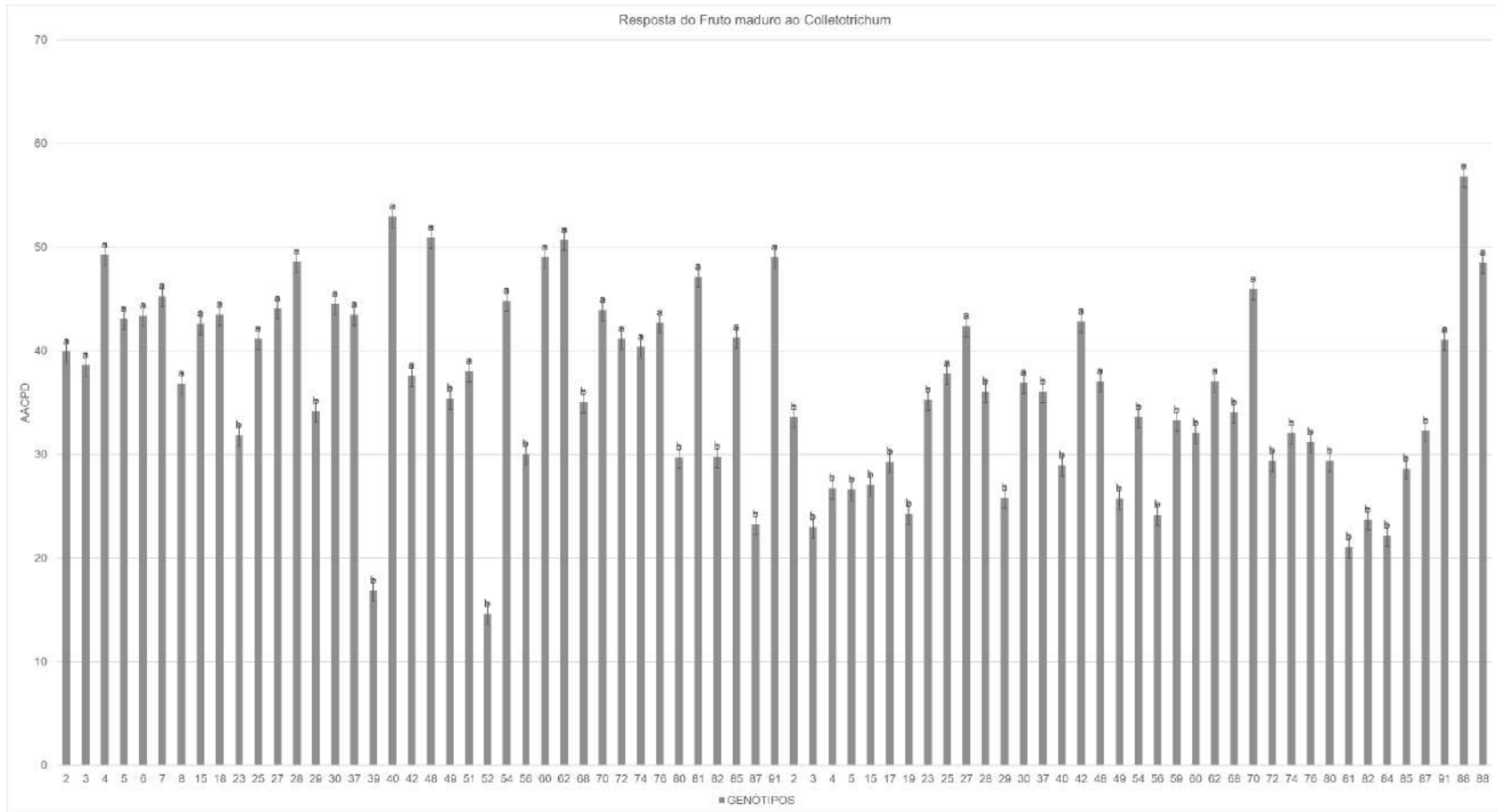


Figura 15 - Respostas dos acessos quando inoculado *Colletotrichum scovillei* em frutos maduros. Médias seguidas com a letra a se igualaram ao controle positivo (88, Ikeda), de acordo com o teste de Scott-Knott.

O período de incubação é o período entre a inoculação do patógeno no hospedeiro e o aparecimento dos sintomas da doença (Vanderplank, 1963; Rاپilly, 1991; Bergamin Filho & Amorim, 2002) (Tabela 18). No caso dos genótipos que apresentaram curva menor ao controle, temos que o aparecimento de sintomas foi posterior ao quinto dia de avaliação, enquanto no controle foi observado no terceiro para o quarto dia, apresentando uma curva com acentuação maior, onde no 5 dia já foi observado sinais da doença.

O controle associado a essa cultura é comumente a utilização de fungicidas, possuindo cerca de 42 produtos registrados para a cultura do pimentão junto ao sistema Agrofit (Agrofit, 2021). Cada produto têm um período para sua ação e um período de carência, neste período fica proibido até a entrada no plantio (Bula Aderis, 2020).

Com essas limitações, um maior período latente auxilia na melhor tomada de decisão para mitigação da doença, possibilitando a introdução do controle, antes de apresentar grandes danos. Mendes, (2009) identificou uma redução no período latente em suas plantas de estudo, identificando isso por um hospedeiro mais suscetível, patógeno mais agressivo ou ambiente muito favorável. Quando observamos maiores períodos de incubação e latente, podemos caracterizar que o hospedeiro é mais resistente, o patógeno menos agressivo, ou ambiente menos suscetível, para experimentos com mesmo patógenos e ambiente semelhante, ocorre uma maior associação para o hospedeiro resistente (Amorim, 1995).

Resistência de acessos de *Capsicum* spp. após inoculação com *Peper Yellow Mosaic Virus*

Teste de agrupamento de média de Scott-Knott

Segundo o teste de Scott-Knott a 5% de significância, foram observadas quatro grupos de média de AACPD, sendo um grupo aos que se igualaram ao controle positivo da doença (88, Ikeda), e os demais seguidos de acordo com a classificação de nível de resistência.

Os controles, inoculados apenas com carborundum e tampão foram avaliados juntamente com as demais plantas, mas não apresentaram nenhum tipo de sintoma que possa inibir os resultados de sintomas do vírus.

Dos genótipos avaliados, foram observados alguns genótipos com maior resistência que o controle Ikeda, tal variedade é usado como controle positivo, pois apresenta suscetibilidade a uma grande gama de patógenos.

Os genótipos que apresentaram alguma redução na AACPD em ambas as épocas, foram: 2, 6, 8, 25, 42, 28, 15, 72, 29, 30, 27, 37, 48, 51, 52, 54, 55, 62, 66, 68, 74, 76, 82, 87 e 56, totalizando 25 genótipos que estatisticamente apresentaram menor AACPD que o controle (Figura 17). Na Tabela 18 também é possível observar o período de incubação destes genótipos.

Para os acessos 5, 39, 40, 89, 80 e 91. Foram observados uma igualdade ao controle positivo, ou seja, apresentaram suscetibilidade ao patógeno inoculado (Figura 16 e 17).

Na década de 60 o vírus causador do mosaico já era considerado uma das principais doenças que afetavam as plantas de pimentão, sendo considerado o vírus mais destrutivo. Atualmente, no sistema do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (AGROFIT), ainda não é apresentado produto químico para o controle deste vírus no gênero *Capsicum* (Agrofit, 2021). Devido está ausência de produtos para controle do vírus, a resistência genética é a melhor alternativa.

O maior limitante para a resistência genética é a grande capacidade de quebra de resistência por parte do vírus, por isso há uma importância dos estudos com bancos ativo de germoplasmas, para identificação e introdução de fontes de resistência existentes em acessos dos mesmos. Outros pesquisadores estudando BAGs identificaram fontes de resistência em plantas do gênero, sendo *C. chinense* e *C. baccatum* (Braga; Pavan, 2021; Bento et al., 2009).

Contudo a utilização de fontes de resistência é difícil, por apresentar herança poligênica. Uma alternativa para acelerar a introdução de genes de resistência é a técnica de duplo haploide, que tem auxiliado no

desenvolvimento de linhas homogêneas utilizada na produção de híbridos (Braga; Pavan, 2021).



Figura 16 - Plantas de *Capsicum* spp. com sintomas de Peper yellow mosaic virus. Seta indicando sintomas de deformação foliar (bolhas), tal sintoma é característico da doença.

Tabela 18 – Período de incubação dos acessos ao patógeno Peper yellow mosaic vírus, em dias

| Período incubação | | | | | |
|-------------------|--------|----------|--------|----------|--------|
| Genótipo | PePYMV | Genótipo | PePYMV | Genótipo | PePYMV |
| 2 | s | 29 | 3 | 62 | 3 |
| 3 | 3 | 30 | s | 66 | s |
| 4 | - | 37 | 6 | 68 | s |
| 5 | 3 | 39 | 3 | 70 | 3 |
| 6 | s | 40 | 3 | 72 | s |
| 7 | 3 | 42 | 5 | 74 | 5 |
| 8 | s | 48 | 6 | 76 | 3 |
| 9 | 6 | 49 | 3 | 80 | 5 |
| 15 | 3 | 51 | 10 | 81 | s |
| 18 | 3 | 52 | 4 | 82 | s |
| 19 | 3 | 54 | s | 85 | 6 |
| 23 | 5 | 55 | 8 | 87 | 5 |
| 25 | 3 | 56 | s | 88 | 3 |
| 27 | 11 | 59 | 3 | 89 | 6 |
| 28 | s | 60 | 11 | 91 | 3 |

Tabela dos genótipos e o tempo em dias para apresentarem sintomas e sinais das plantas inoculadas com Peper yellow mosaic virus. Genótipos com s, significam que não apresentaram sintomas, e seguidos com (-) significa que não teve análise em ambas as épocas.

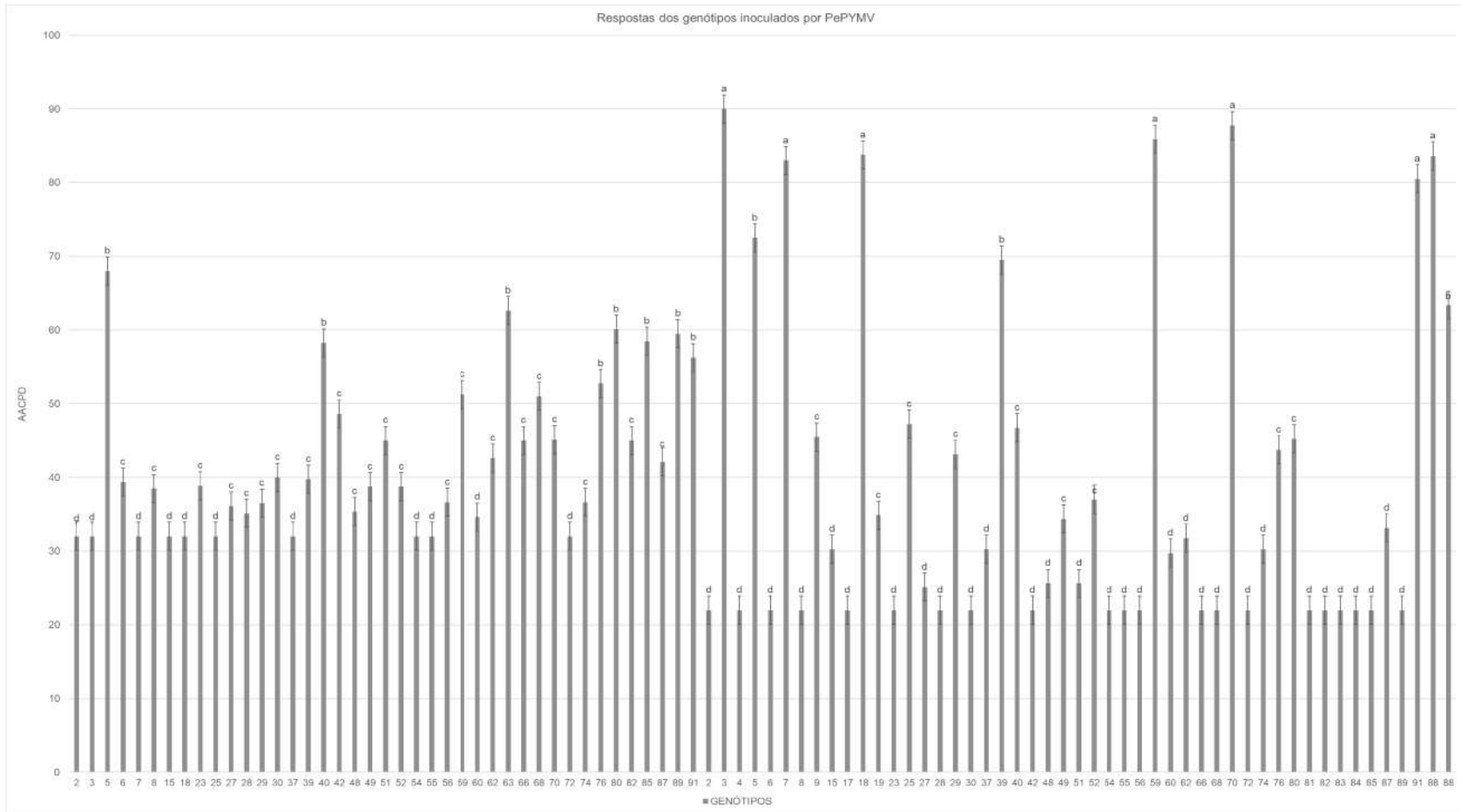


Figura 17 - Respostas dos acessos quando inoculado Peper yellow mosaic virus em folhas. Médias seguidas com a letra a ou b se igualaram ao controle positivo (88, Ikeda), segundo o método estatístico de Scott-Knott.

Resistência múltipla

Para a resistência múltipla aos três patógenos estudados, os acessos 56 (*C. praeterissum*), 82 (*C. annuum*) e 25 (*C. chinense*) mostraram uma resistência superior ao controle para todos os patógenos estudados, com exceção do acesso 25 que não apresentou resistência ao *Colletotrichum scovillei* em fruto verde.

Avaliando simultaneamente os experimentos de resistência a *X. euvesicatoria* e Peper Yellow Mosaic Virus, foram observados seis genótipos com resistência superior ao controle positivo, sendo um representante da espécie *C. chinense* (2) e cinco *C. annuum* (48, 62, 66, 68 e 76).

Para a avaliação *Colletotrichum scovillei* e PepYMV, foi observado resistência de três genótipos, sendo dois *C. annuum* (87 e 29), onde a resistência ao fungo só foi demonstrada para frutos maduros, e o outro genótipo 15 da espécie *C. annuum* var. *glabriusculum* apresentou resistência para frutos verdes.

Após análise dos resultados da inoculação de *C. scovillei* e *X. euvesicatoria* foram identificados três genótipos que apresentaram resistência para ambos patógenos, sendo estes *C. annuum* (85), *C. baccatum* (5) e *C. frutescens* (80).

O estudo de diversas espécies do gênero é interessante, pois genótipos da mesma espécie apresentam níveis de resistência diferentes. Neitzeke et al., (2016) observaram segregação dentro de populações de *Capsicum* spp., chegando a apresentar até coloração e formato de frutos diferentes entre acessos.

A observação de genes de resistência é mais comum em *C. baccatum*, porém as principais cultivares comerciais para uso, principalmente na ornamentação, é a de *C. annuum* (Stummel & Bosland, 2007). Tal característica é um gargalo para os programas de melhoramento, pois o cruzamento é mais difícil por se tratarem de “pools gênicos” diferentes. Desta forma a identificação de genótipos resistentes a um ou mais patógenos da mesma espécie que as cultivares comerciais para ornamentação, auxilia na criação de novos híbridos que apresentem características ornamentais e resistência (Neitzeke, 2016).

CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos, foram identificados dois genótipos do BAG da UFES que foram resistentes a todas as doenças testadas, em todas as variáveis, que foram o 56 e 82, o genótipo 25 também apresentou certa resistência as doenças, porém para antracnose em fruto imaturo, este se apresentou suscetível. Foram encontrados diversos genótipos com resistência para uma única doença específica e genótipos que apresentaram uma resistência dupla, seja para o vírus x bactéria, vírus x fungo ou fungo x bactéria. Em todos os cenários tivemos ao menos um genótipo resistente.

REFERÊNCIAS

- ADASKAVEG, J. E. et al. Copper tolerance and zinc sensitivity of Mexican strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causal agent of bacterial spot of pepper. *Plant disease*, v. 69, n. 11, p. 993-996, 1985.
- AGUIAR LA, KIMURA O, CASTILHO AM, CASTILHO KSC, RIBEIRO RLD, AKIBA F AND CARMO MGF. 2000. Resistência ao cobre em isolados nacionais de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* de pimentão e tomateiro. *Agronomia* 34: 78-82.
- AGROFIT. 2021. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Available at: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
Accessed 15 Setembro 2021.
http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- Alfonsi, Waldenilza Monteiro Vital et al. Período de incubação da ferrugem do cafeeiro* * Parte do projeto de doutorado junto à Faculdade de Engenharia Agrícola-Unicamp . *Summa Phytopathologica* [online]. 2019, v. 45, n. 2. ISSN 1980-5454. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/187216>.
- AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: Bergamin Filho, A., Kimati, H., Amorim, L. (Eds.) *Manual de fitopatologia*, 3ed. São Paulo. Agronômica Ceres. 1995. pp.647-671.
- Anjos, Thaíssa Vitorino dos et al. Fontes de silício no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. *Summa Phytopathologica* [online]. 2014, v. 40, n. 4
- AREAS, Maysa S.; GONÇALVES, Ricardo M.; SOMAN, José M.; SOUZA FILHO, Ronaldo C.; GIORIA, Ricardo; SILVA JUNIOR, Tadeu A.F. da; MARINGONI, Antonio C. Resistance of *Xanthomonas euvesicatoria* strains from Brazilian pepper to copper and zinc sulfates. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 90, n. 21, p. 2375-2380, ago. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720160413>.

- AREAS MS, GONÇALVES RM, SOMAN JM, SILVA JC, SOUZA-FILHO RC, SILVA JUNIOR TAF, GIORIA R AND MARINGONI AC. 2015. Prevalence of *Xanthomonas euvesicatoria* on pepper in Brazil. *J Phytopathol* 163: 1050-1054.
- AZEVEDO, Caroline Pedroso de. Epidemiologia e controle da antracnose em *Capsicum* spp. e identificação de *Colletotrichum* spp. associados às solanáceas cultivadas. 2006.
- Bento, C.S.; Rodrigues, R.; Zerbini Júnior, F.M.; Sudré, C.P. Sources of resistance against the *Pepper yellow mosaic virus* in chili pepper. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.27, n.2, p.196-201, 2009.
- BENTO, C.S.; SOUZA, A.G. de; SUDRÉ, C.P; PIMENTA, S.; RODRIGUES, R.. Multiple genetic resistances in *Capsicum* spp. *Genetics and Molecular Research*. v.16, 2017.
- BERGAMIN FILHO, ARMANDO; AMORIM, LILIAN. Doenças com período de incubação variável em função da fenologia do hospedeiro. 2002.
- BONANTS, P.; EDEMA, M.; ROBERT, V. A. R. G. Q-bank, a database with information for identification of plant quarantine plant pest and diseases. *EPPO Bulletin*, v. 43, n. 2, p. 211-215, 2013.
- Braga, R.; Pavan, M.A. Resistência de pimentão ao PepYMV e PepYMV-Lins e obtenção de híbridos resistentes. *Summa Phytopathologica*, v.47, n.1, p.21-26, 2021.
- BULA_ADERIS_RECLASSIFICAÇÃO_20.04.2020_V.02
- Damm U, Cannon PF, Woudenberg JH, Crous PW. The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Stud Mycol*. 2012 Sep 15;73(1):37-113. doi: 10.3114/sim0010. Epub 2012 Aug 22. PMID: 23136458; PMCID: PMC3458416.
- FALEIRO, FÁBIO G. et al. Resistência de cultivares de feijoeiro-comum à ferrugem e à mancha-angular em condições de casa de vegetação. *Fitopatologia Brasileira*, v. 26, p. 86-89, 2001.

- FILGUEIRA, FAR. 2012. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª edição. Viçosa: UFV. 418p.
- Ghini, R.; Hamada, E.; Pedro Junior, M.J.; Gonçalves, R.R.V. Incubation period of *Hemileia vastatrix* in coffee plants in Brazil simulated under climate change. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.37, n.2, p.85-93, abr./jun. 2011.
- GOMES, E. C.; SERRA, IMRS. Eficiência de produtos naturais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta na pós colheita. *Summa Phytopathol.*, Botucatu, v. 39, n. 4, p. 290-292, Dec. 2013.
- JOHNNY, Lucy; YUSUF, Umi Kalsom; NULIT, R. Antifungal activity of selected plant leaves crude extracts against a pepper anthracnose fungus, *Colletotrichum capsici* (Sydow) butler and bisby (Ascomycota: Phyllachorales). *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 20, p. 4157-4165, 2011.
- JONES JB, JONES JP, STALL RE, ZITTER TA, eds. *Compendium of Tomato Diseases*. Saint Paul, MN, USA: APS Press; 1991.
- Kim, S., Park, M., Yeom, S.-I., Kim, Y. M., Lee, J. M., Lee, H.-A., Seo, E., Choi, J., Cheong, K., Kim, K.-T., Yung, K., Lee, G.-W., Oh, S.-K., Bae, C., Kim, S.-B., Lee, H.-Y., Kim, S.-Y., Kim, M.-S., Kang, B.-C., Jo, Y. D., Yang, H.-B., Jeong, H.-J., Kang, W.-H., Kwon, J.-K., Shin, C., Lim, J. Y., Park, J. H., Huh, J. H., Kim, J.-S., Kim, B.-D., Cohen, O., Paran, I., Suh, M. C., Lee, S. B., Kim, Y.-K., Shin, Y., Noh, S.-J., Park, J., Seo, Y. S., Kwon, S.-Y., Kim, H. A., Park, J. M., Kim, H.-J., Choi, S.-B., Bosland, P. W., Reeves, G., Jo, S.-H., Lee, B.-W., Cho, H.-T., Choi, H.-S., Lee, M.-S., Yu, Y., Choi, Y. D., Park, B.-S., van Deynze, A., Ashrafi, H., Hill, T., Kim, W. T., Pai, H.-S., Ahn, H. K., Yeam, I., Giovannoni, J. J., Rose, J. K. C., Sørensen, I., Lee, S.-J., Kim, R. W., Choi, I.-Y., Choi, B.-S., Lim, J.-S., Lee, Y.-H., and Choi, D. (2014). Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. *Nature Genetics*, 46, 270-278. <https://doi.org/10.1038/ng.2877>

- MACIEL-ZAMBOLIM, Eunize et al . Surto epidemiológico do vírus do mosaicoamarelo do pimentão em tomateiro na região serrana do Espírito Santo. *Fitopatol. bras.*, Brasília , v. 29, n. 3, p. 325-327, June 2004 .
- MAHASUK, P.; TAYLOR, P. W. J.; MONGKOLPORN, O. Identification of two new genes conferring resistance to *Colletotrichum acutatum* in *Capsicumbaccatum*. *Phytopathology*, v. 99, n. 9, p. 1100-1104, 2009.
- MENDES, Lívia. Impacto do aumento da concentração de CO2 atmosférico sobre o período latente e o controle biológico da ferrugem do cafeeiro. 2009.
- MONTRI, P.; TAYLOR, P. W. J.; MONGKOLPORN, O. Pathotypes of *Colletotrichum capsici*, the causal agent of chili anthracnose, in Thailand. *Plant Disease*, v. 93, n. 1, p. 17-20, 2009.
- MOURA, Monika Fecury et al. Comparative analysis of coding region for the coat protein of PepYMV and PVY isolates collected in sweetpepper. *Summa Phytopathologica*, v. 38, n. 1, p. 93-96, 2012.
- NASCIMENTO, Naysa Flávia F do et al . Evaluation of production and quality traits in interspecific hybrids of ornamental pepper. *Hortic. Bras.*, Vitória da Conquista , v. 37, n. 3, p. 315-323, July 2019 .
- Neitzke, Raquel S et al. Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. *Horticultura Brasileira* [online]. 2016, v. 34, n. 1
- PIMENTA S, RODRIGUES R, SUDRÉ CP, MORAES JG, et al. (2016). Protegendo cultivares de hortaliças no Brasil: um caso de pimenta estudo de pesquisa. *Hortic. Bras* . 34: 161-167.
- QUEZADO-DUVAL, Alice Maria; CAMARGO, Luis Eduardo A.. Raças de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomate para processamento industrial no Brasil. **Horticultura Brasileira**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 80-86, mar. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362004000100016>.
- RAPILLY, Frantz. L'épidémiologie en pathologie végétale. Mycoses aériennes. Éditions Quae, 1991.

- Riva-Souza EM, Rodrigues R, Sudré CP, Pereira MG, et al. (2007). Obtenção de pimenta F 2: 3 linhas com resistência às bactérias local usando o método delinhagem. *Hortic. Bras.* 25: 567-571.
- Riva-Souza, E. M.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Gonzaga, M. P.; Bento, C. S.; Matta, F. P. Genetic parameters and selection for resistance to bacterial spot in recombinant F6 lines of *Capsicum annuum*. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.9, n.2, p.108-115, 2009.
- Rodrigues, Vinícius William Borges, Bueno, Thays Vieira e Tebaldi, Nilvanira Donizete Biofertilizantes no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. *Summa Phytopathologica* [online]. 2016, v. 42, n. 1 ISSN 1678-2690. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160413>.
- Silva, Débora AG da et al. Efeito de produtos químicos e biológicos sobre a mancha bacteriana, flora microbiana no filoplano e produtividade de pimentão. *Horticultura Brasileira* [online]. 2006, v. 24, n. ISSN 1806-9991. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000200002>.
- STUMMEL, J. R.; BOSLAND, P. Ornamental Pepper *Capsicum annuum*. *Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges and Opportunities for the 21st Century* (Anderson NO, ed.). 2007.
- TRUTA, Adriana AC et al. Identidade e propriedades de isolados de potyvírus provenientes de *Capsicum* spp. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, p. 160-168, 2004.
- VANCHEVA, Taca; STOYANOVA, Mariya; TASHEVA-TERZIEVA, Elena; BOGATZEVSKA, Nevena; MONCHEVA, Penka. Molecular methods for diversity assessment among xanthomonads of Bulgarian and Macedonian pepper. *Brazilian Journal Of Microbiology*, [S.L.], v. 49, p. 246-259, nov. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2017.08.011>.
- VAN DER PLANK, J. E. *Plant diseases*. Elsevier Science, 1963.
- VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. das C. O.; PARENTE, G. B. Controle das principais doenças do pimentão cultivado nas regiões serranas do

Estado do Ceará. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007, 4 p.
(Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 132).

WIESNER-HANKS, T.; NELSON, R. Multiple Disease Resistance in
Plants. *Annu. Rev. Phytopathol.* v.54, p.229–252, 2016.

CONCLUSÃO

Os experimentos tiveram bons resultados, chegando à conclusão que no Banco de germoplasma da UFES, temos genótipos com potencial para ornamentação, seja esta em vaso ou para jardins externos, como os genótipos 23 e 52, respectivamente. E também genótipos que apresentaram resistência às doenças estudadas. O genótipo 56, caracterizado como potencial para comercio de ornamentação em vasos, foi um dos genótipos que mais se destacou para a resistência às doenças, sendo resistente as três doenças estudadas. E o genótipo 82, foi caracterizado para ornamentação de jardins externos, este também apresentou resistência para todas as doenças.

Avaliando os resultados, temos genótipos parcialmente resistente às doenças com potenciais para ornamentação, sendo alternativas para implantação no cultivo de plantas ornamentais da região.

Genótipos com características de interesse, que não apresentaram resistência avárias doenças, como os genótipos 15, 23 e 91. Podem ser utilizados como genitores contrastantes em programas de melhoramento de pimentas ornamentais.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, René; RAFAEL-RUTTE, Robert; MARTINEZ-SANTOS, Henry y APAZA-APAZA, Silverio. Agente causal de la antracnosis en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en el norte de Perú: Sintomatología, aislamiento e identificación, patogenicidad y control. *Scientia Agropecuaria* [online]. 2021, vol.12, n.1, pp.7-14. ISSN 2077-9917. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.001>
- Albrecht, E., Zhang, D., Saftner, R. A. and Stommel, J. R. (2012). Genetic diversity and population structure of *Capsicumbaccatum* genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59, 517-538. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9700-y>
- ANDRIOLI, Joel; SCARIOT, Fernando Joel; DELAMARE, Ana Paula Longaray; ECHEVERRIGARAY, Sergio. Morphological characterization and molecular identification of *Colletotrichum* species associated to sweet persimmon anthracnose in Southern Brazil. *Ciência Rural*, [S.L.], v. 51, n. 9, p. 1-10, 2021.
- Araújo, Lourismar M et al. Biochemical descriptors: importance of the genetic divergence study in peppers. *Horticultura Brasileira* [online]. 2019, v. 37, n. 2
- AREAS, Maysa S.; GONÇALVES, Ricardo M.; SOMAN, José M.; SOUZA FILHO, Ronaldo C.; GIORIA, Ricardo; SILVA JUNIOR, Tadeu A.F. da; MARINGONI, Antonio C. Resistance of *Xanthomonas euvesicatoria* strains from Brazilian pepper to copper and zinc sulfates. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 90, n. 21, p. 2375-2380, ago. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720160413>.
- BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S. ; UENO, B. . O agronegócio da pimenta no Rio Grande do sul. In: 51 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2011, Viçosa. *Horticultura Brasileira* (Impresso). Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2011. v. 29. p. S6033-S6041

- Barbosa, Reinaldo I, Mourão Júnior, Moisés and Luz, Francisco Joaci de
FMorphometric patterns and preferential uses of *Capsicum* peppers in the
State of Roraima, Brazilian Amazonia. Horticultura Brasileira [online].
2010, v. 28, n. 4
- BARBOZA, Gloria E.; GARCÍA, Carolina Carrizo; GONZÁLEZ, Segundo Leiva;
SCALDAFERRO, Marisel; REYES, Ximena. Four new species of
Capsicum (Solanaceae) from the tropical Andes and an update on the
phylogeny of the genus. Plos One, [S.L.], v. 14, n. 1, 16 jan. 2019. Public
Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0209792>.
- BARBOZA, Gloria E.; GARCÍA, Carolina Carrizo; SCALDAFERRO, Marisel;
BOHS, Lynn. An amazing new *Capsicum* (Solanaceae) species from the
Andean-Amazonian Piedmont. Phytokeys, [S.L.], v. 167, p. 13-29, 20 nov.
2020. Pensoft Publishers. <http://dx.doi.org/10.3897/phytokeys.167.57751>.
- Braga, R.; Pavan, M.A. Resistência de pimentão ao PepYMV e PepYMV-Lins e
obtenção de híbridos resistentes. Summa Phytopathologica, v.47, n.1,
p.21-26, 2021.
- CAMARA SJ. 2020. Extrato de pimenta caiena de engenharia como biostain
alternativa em microscopia. International Journal of Scientific &
Technology Research 9: 3210-3212.
- Carrizo García, C et al., Phylogenetic relationships, diversification and
expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). Ann. Bot. 118, 35–51
(2016).
- CARVALHO, M. G. ; SANTOS C.A.P ; REGO, E. R. ; NASCIMENTO, A. M. M. ;
PESSOA, A. M. S. . ANÁLISE SENSORIAL E ACEITAÇÃO COMERCIAL
DE GELEIA DE PIMENTA COM MARACUJÁ. REVISTA EDUCAÇÃO
AGRICOLA SUPERIOR, v. 27, p. 1, 2014.
- Carvalho, S. I. C.; Bianchetti, L.B. Sistema de produção de pimentas
(*Capsicum*spp.): Botânica, Embrapa Hortaliças, Sistemas de produção, 2
ISSN 1678-880x Versão Eletrônica Novembro/2007.
- CARVALHO, Sabrina Isabel Costa et al. Pimentas do gênero *Capsicum* no
Brasil. Embrapa Hortaliças-Documents (INFOTECA-E), 2006.

- COSTA, GÉRSO DO NASCIMENTO et al. SELECTION OF PEPPER ACCESSIONS WITH ORNAMENTAL POTENTIAL1 1 Extracted from the master dissertation of the first author. . Revista Caatinga [online]. 2019, v. 32, n. 2
- COSTA, L. V.; BENTES, J. L.; LOPES, M. T.; ALVES, S. R., JÚNIOR, V.; JANUÁRIO, M. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas. Horticultura Brasileira, v. 33, p. 290-298, 2015
- CRISPIM, J. G. ; REGO, E. R. ; RÊGO, M. M. ; Nascimento, N F F ; BARROSO, P. A. . Stigma receptivity and anther dehiscence in ornamental pepper. HORTICULTURA BRASILEIRA , v. 35, p. 609-612, 2017.
- CONSTANTINO, Leonel Vinicius; FUKUJI, Anderson Yusei Suzuki; ZEFFA, Douglas Mariani; BABA, Viviane Yumi; CORTE, Ligia Erpen-Dalla; GIACOMIN, Renata Mussoi; RESENDE, Juliano Tadeu Vilela; GONÇALVES, Leandro Simões Azeredo. Genetic variability in peppers accessions based on morphological, biochemical and molecular traits. Bragantia, [S.L.], v. 79, n. 4, p. 558-571, dez. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.20190525>.
- DOMENICO, C.I. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.). IAC-Instituto Agrônômico Pós-Graduação. Campinas, SP, 2011.
- FORTUNATO, F. L. G. ; Rêgo, E.R. ; CARVALHO, M. G. ; SANTOS, C. A. P. ; RÊGO, M. M. . Genetic diversity in ornamental pepper plants. COMUNICATA SCIENTIAE , v. 10, p. 364-375, 2019.
- Hamed, M., Kalita, D., Bartolo, ME, & Jayanty, SS (2019). Capsaicinoides, polifenóis e atividades antioxidantes de *Capsicum annuum* : estudo comparativo do efeito do estágio de maturação e métodos de cocção. Antioxidants , 8 (9), 364. <http://dx.doi.org/10.3390/antiox8090364> PMID: 31480665.
- GARRUTI, Deborah dos Santos et al. Compostos voláteis que contribuem para o odor de uma nova cultivar de pimenta tabasco brasileira analisados por

HS-SPME-GC-MS e HS-SPME-GC-O / FID. Ciência e tecnologia de alimentos [online]. 2021, v. 41, n. 3

- Kim, S., Park, M., Yeom, S.-I., Kim, Y. M., Lee, J. M., Lee, H.-A., Seo, E., Choi, J., Cheong, K., Kim, K.-T., Yung, K., Lee, G.-W., Oh, S.-K., Bae, C., Kim, S.-B., Lee, H.-Y., Kim, S.-Y., Kim, M.-S., Kang, B.-C., Jo, Y. D., Yang, H.-B., Jeong, H.-J., Kang, W.-H., Kwon, J.-K., Shin, C., Lim, J. Y., Park, J. H., Huh, J. H., Kim, J.-S., Kim, B.-D., Cohen, O., Paran, I., Suh, M. C., Lee, S. B., Kim, Y.-K., Shin, Y., Noh, S.-J., Park, J., Seo, Y. S., Kwon, S.-Y., Kim, H. A., Park, J. M., Kim, H.-J., Choi, S.-B., Bosland, P. W., Reeves, G., Jo, S.-H., Lee, B.-W., Cho, H.-T., Choi, H.-S., Lee, M.-S., Yu, Y., Choi, Y. D., Park, B.-S., van Deynze, A., Ashrafi, H., Hill, T., Kim, W. T., Pai, H.-S., Ahn, H. K., Yeam, I., Giovannoni, J. J., Rose, J. K. C., Sørensen, I., Lee, S.-J., Kim, R. W., Choi, I.-Y., Choi, B.-S., Lim, J.-S., Lee, Y.-H., and Choi, D. (2014). Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. *Nature Genetics*, 46, 270-278. <https://doi.org/10.1038/ng.2877>
- LEITE, P.S.S.; RODRIGUES, R. ; SILVA, R.N.O. ; PIMENTA, S. ; MEDEIROS, A.M. ; BENTO, C.S. ; GONÇALVES, L.S.A. . Molecular and agronomic analysis of intraspecific variability in *Capsicumbaccatum* var. pendulum accessions. *Genetics and Molecular Research*, v. 15, p. 1-16, 2016.
- LIMA, Nadielan da Silva; SILVA, Ênio Farias de França e; MENEZES, Dimas; CAMARA, Terezinha Rangel; WILLADINO, Lilia Gomes. FRUIT YIELD AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF SWEET PEPPER GROWN UNDER SALT STRESS IN HYDROPONIC SYSTEM. *Revista Caatinga*, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 297-305, jun. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n205rc>
- LOPEZ, Ana Maria Queijeiro; LUCAS, John Alexander. Cytological aspects of compatible and incompatible interactions between cashew (*Anacardium occidentale* L.) seedlings and isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) complex. *Revista Brasileira de Fruticultura*, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 1-18, fev. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452021701>.

- MELO, LF; GOMES, RLF; SILVA, VB; MONTEIRO, ER; LOPES, ACA; PERON, AP. 2014. Potencial ornamental de acessos de pimenta. *Ciência Rural* 44: 2010-2015
- Nagai, H .; Costa, AS Quatro novas variedades de pimenta resistentes ao vírus Y no Brasil. In: Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum*, n.1, 1972, Torino. Procedimentos. Turin: Eucarpia, 1972, p.283-287.
- NANNETTI, A. N. . Trabalhador no Cultivo de Plantas Industriais/ Café- Preparo Pós Colheita. 2001. (Curso de curta duração ministrado/Extensão)
- NASCIMENTO, Naysa Flávia F do et al . Evaluation of production and quality traits in interspecific hybrids of ornamental pepper. *Hortic. Bras.*, Vitoria da Conquista , v. 37, n. 3, p. 315-323, July 2019 .
- Neitzke, Raquel S et al. Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. *Horticultura Brasileira* [online]. 2016, v. 34, n. 1
- NIETO-ANGEL, Daniel et al. PRIMER REPORTE DE *Colletotrichum coccodes* EN FRUTOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) EN MÉXICO. *Rev. fitotec. mex*, Chapingo , v. 42, n. 3, p. 195-200, sept. 2019.
- PESSOA, Angela Maria dos s; RÊGO, Elizanilda R do; RÊGO, Mailson M do. Additive and non-additive genetic effects for fruit traits of ornamental pepper. *Horticultura Brasileira*, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 39-45, mar. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210106>.
- PESSOA, ANGELA MARIA DOS SANTOS ; Rêgo, Elizanilda Ramalho do ; SILVA, ANA PAULA GOMES DA ; MESQUITA, JÚLIO CARLOS POLIMENI DE ; SILVA, ANDERSON RODRIGO DA ; RÊGO, Mailson Monteiro Do . Genetic diversity in F3 population of ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.). *REVISTA CERES* , v. 66, p. 442-450, 2019a.
- PESSOA, ANGELA M.S. ; RÊGO, ELIZANILDA R. DO ; SANTOS, CRISTINE A.P. DOS ; CARVALHO, MICHELLE G. DE ; MESQUITA, JÚLIO C.P. DE ; RÊGO, MAILSON M. DO . Potential of pepper plant accessions for ornamental purposes using diallel analysis. *ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ONLINE)* , v. 91, p. 1-16, 2019b.

- PESSOA, A. M. S. ; REGO, E. R. ; CARVALHO, M. G. ; SANTOS, C. A. P. ; REGO, M. M. . Genetic diversity among accessions of *Capsicum annuum* L. through morphoagronomic characters. GENETICS AND MOLECULAR RESEARCH , v. 17, p. 1-15, 2018.
- Rêgo, E.R.; RÊGO, M. M. . Ornamental pepper. In: Johan Van Huylenbroeck. (Org.). Handbook of Plant Breeding: Ornamental Crops. Capítulo 22: Ornamental pepper. 1ed.New York: Springer International Publishing, 2018, v. 11, p. 1-944.
- RÊGO, ER; RÊGO, MM. 2016. Genética e melhoramento da pimenta *Capsicum* spp. In: RÊGO, ER; RÊGO, MM; FINGER, FL (eds). Produção e criação de malagueta (*Capsicum* spp.). Springer International Publishing, Cham. p.1-129.
- Rêgo, E. R. ; Rêgo, M. M. ; FINGER, F. L. . Methodological Basis and Advances for Ornamental Pepper Breeding Program in Brazil. Acta Horticulturae , v. 1087, p. 309-314, 2015.
- Ribeiro, Wellington S et al. 1-MCP efficiency in quality of ornamental peppers. Horticultura Brasileira [online]. 2018, v. 36, n. 4
- Ribeiro, Cláudia S da C et al. BRS Tui: a new Biquinho-type pepper cultivar released by Embrapa. Horticultura Brasileira [online]. 2018, v. 36, n. 4 [Accessed 18 August 2021] , pp. 526-528.
- Riva-Souza, E. M.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Gonzaga, M. P.; Bento, C. S.; Matta, F. P. Genetic parameters and selection for resistance to bacterial spot in recombinant F6 lines of *Capsicum annuum*. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.9, n.2, p.108-115, 2009.
- SANTOS, Laryssa Andrade da Luz; PINHEIRO, Luciano Ricardo Braga; ROCHA, Leandro de Souza; BRAGANÇA, Carlos Augusto Dórea; SILVA, Harllen Sandro Alves. Biocontrole da antracnose em frutos de mamoeiro por bactérias epifíticas formadoras de biofilme. **Summa Phytopathologica**, [S.L.], v. 47, n. 1, p. 45-53, mar. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/216998>.

- SILVA, CQ; JASMIM, JM; SANTOS, JO; BENTO, CS; SUDRÉ, CP; RODRIGUES, R. 2015. Phenotyping and selecting parents for ornamental purposes in pepper accessions. *Horticultura Brasileira* 33: 066-073.
- SILVA, CAMILA Q ; RODRIGUES, ROSANA ; BENTO, CÍNTIA S ; PIMENTA, SAMY . Heterosis and combining ability for ornamental chili pepper. *Horticultura Brasileira* , v. 35, p. 349-357, 2017.
- SOUZA, Leonor Cristina Silva; HANADA, Rogerio Eiji; ASSIS, Luiz Alberto Guimarães; CAMELO-GARCÍA, Viviana M.; REZENDE, Jorge Alberto Marques; YUKI, Valdir A.; KITAJIMA, Elliot W.. Occurrence of *Pepper yellow mosaic virus* and cucumber mosaic virus on *Capsicum chinense* in the state of Amazonas, Brazil. **Acta Amazonica**, [S.L.], v. 50, n. 1, p. 5-7, mar. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201903510>.
- VANCHEVA, Taca; STOYANOVA, Mariya; TASHEVA-TERZIEVA, Elena; BOGATZEVSKA, Nevena; MONCHEVA, Penka. Molecular methods for diversity assessment among xanthomonads of Bulgarian and Macedonian pepper. *Brazilian Journal Of Microbiology*, [S.L.], v. 49, p. 246-259, nov. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2017.08.011>.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Quantificação dos DNAs dos genótipos extraídos..... | 27 |
| Figura 2 - Preparo da reação de PCR | 28 |
| Figura 3 - Tempo decorrido em dias para as avaliações: A - Germinação; B - Floração; C – Frutificação..... | 33 |
| Figura 4 – A - Altura média das plantas de cada genótipo, as médias que seguem da letra d, se igualaram ao controle (87); B - Diâmetro médio das plantas de cada genótipo, as médias que seguem da letra d, se igualaram ao controle (87). | 35 |
| Figura 5 - A - média do comprimento dos frutos de cada genótipo, médias seguidas da letra i, se igualaram ao controle (87). B - Média do diâmetro dos frutos de cada genótipo, médias seguidas da letra i, se igualaram ao controle (87)..... | 37 |
| Figura 6 - Gel de agarose 1,5% dos genótipos de Capsicum após PCR com marcador pun1 | 48 |
| Figura 7 - A – Placa com crescimento de fungo do gênero Colletotrichum. B – esporos de Colletotrichum para obtenção de cultura monospórica. | 63 |
| Figura 8 – A: Reação de hipersensibilidade e B: Sintoma quantitativo de X. euvesicatoria em folhas de Capsicum spp..... | 68 |
| Figura 9 - Respostas dos acessos quando inoculado Xanthomonas euvesicatoria em folhas. Médias seguidas com a letra a se igualaram ao controle positivo (88, Ikeda), segundo o método estatístico de Scott-Knott. | 70 |
| Figura 10 - Reação de hipersensibilidade a X. euvesicatoria em folhas de Capsicum spp. | 72 |
| Figura 11 - Respostas dos acessos quando inoculado Colletotrichum scovillei em frutos imaturos. Médias seguidas com a letra a se igualaram ao controle positivo (88, Ikeda) segundo o método estatístico de Scott-Knott. | 77 |
| Figura 12 - A – Fruto da cultivar Ikeda (Capsicum annum) inoculado com o C. scovillei..... | 78 |
| Figura 13- A e B - Frutos de Capsicum spp. inoculados com Colletotrichum scovillei. | 78 |
| Figura 14 - Frutos de Capsicum spp. inoculados com Colletotrichum scovillei..... | 79 |
| Figura 15 - Respostas dos acessos quando inoculado Colletotrichum scovillei em frutos maduros. Médias seguidas com a letra a se igualaram ao controle positivo (88, Ikeda), de acordo com o teste de Scott-Knott. | 80 |
| Figura 16 - Plantas de Capsicum spp. com sintomas de Peper yellow mosaic virus. Seta indicando sintomas de deformação foliar (bolhas), tal sintoma é característico da doença..... | 83 |
| Figura 17 - Respostas dos acessos quando inoculado Peper yellow mosaic virus em folhas. Médias seguidas com a letra a ou b se igualaram ao controle positivo (88, Ikeda), segundo o método estatístico de Scott-Knott. | 84 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Forma de avaliação das características qualitativas de <i>Capsicum</i> spp. segundo descritor IPGRI (1995) | 26 |
| Tabela 2 - Sequências dos primers descritos por Wyatt et al., 2012..... | 29 |
| Tabela 3 – Identificação dos genótipos de <i>Capsicum</i> spp. quanto à espécie botânica | 30 |
| Tabela 4 - Agrupamento de médias dos 43 genótipos avaliados para as características dias para germinação, dias para floração, dias para frutificação, altura e diâmetro de planta e comprimento e diâmetro de fruto..... | 30 |
| Tabela 5 – Avaliação do Hábito de crescimento segundo IPGRI (1995) dos genótipos de <i>Capsicum</i> | 39 |
| Tabela 6 – Método de avaliação do Formato da folha dos genótipos de <i>Capsicum</i> segundo IPGRI (1995)..... | 40 |
| Tabela 7 – Métodos de avaliação da Coloração das folhas dos genótipos de <i>Capsicum</i> segundo IPGRI (1995)..... | 41 |
| Tabela 8 - Métodos de avaliação da Coloração da corola dos genótipos de <i>Capsicum</i> segundo IPGRI (1995)..... | 42 |
| Tabela 9 - Métodos de avaliação da Cor da mancha da corola dos genótipos de <i>Capsicum</i> segundo IPGRI (1995)..... | 43 |
| Tabela 10 - Métodos de avaliação da Formato do fruto dos genótipos de <i>Capsicum</i> segundo IPGRI (1995)..... | 45 |
| Tabela 11 - Métodos de avaliação da Cor do fruto no estágio maduro dos genótipos de <i>Capsicum</i> segundo IPGRI (1995)..... | 46 |
| Tabela 12 - Resultado da polimerização dos genótipos submetidos a presença do conjunto de genes <i>pun1</i> | 48 |
| Tabela 13 - Escala de avaliação para descrição dos sintomas de antracnose em | 64 |
| Tabela 14 – Período de incubação dos acessos ao patógeno (<i>X. euvesicatoria</i>) em dias | 71 |
| Tabela 15 – Genótipos que apresentaram Reação de hipersensibilidade em ao menos uma repetição. | 72 |
| Tabela 16 - Regiões gênicas utilizadas na análise multilocus dos isolados de <i>Colltotrichum</i> spp. com seus respectivos primers..... | 74 |
| Tabela 17 - Período de incubação e período latente dos 43 genótipos de <i>Capsicum</i> .. | 75 |
| Tabela 18 – Período de incubação dos acessos ao patógeno Peper yellow mosaic vírus, em dias..... | 83 |