

IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À ANTRACNOSE
CAUSADA POR *Colletotrichum gloeosporioides* EM ACESSOS DE
Capsicum chinense L.

ANTONIO ANDRÉ DA SILVA ALENCAR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO - 2018

IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À ANTRACNOSE
CAUSADA POR *Colletotrichum gloeosporioides* EM ACESSOS DE
Capsicum chinense L.

ANTONIO ANDRÉ DA SILVA ALENCAR

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas”

Orientadora: Prof^a. Rosana Rodrigues

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO - 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCH / UENF

040/2018

A368 Alencar, Antonio André da Silva.

Identificação de fontes de resistência à antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides* em acessos de *Capsicum chinense* L. / Antonio André da Silva Alencar. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

84 f. : il.

Bibliografia: f. 53 – 72.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Orientadora: Rosana Rodrigues.

1. Pimenta. 2. Avaliação de Germoplasma. 3. Recursos Genéticos. 4. Melhoramento de Plantas. 5. Resistência Genética. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 635.643

IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À
ANTRACNOSE CAUSADA POR *Colletotrichum gloeosporioides* EM
ACESSOS DE *Capsicum chinense* L.

ANTONIO ANDRÉ DA SILVA ALENCAR

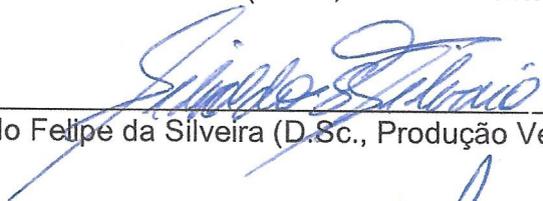
“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas”

Aprovada em 20 de Fevereiro de 2018.

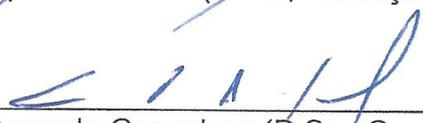
Comissão Examinadora:



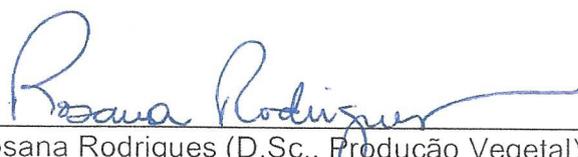
Prof^a. Telma Nair Santana Pereira (Ph.D., Melhoramento de Plantas) – UENF



Prof. Silvaldo Felipe da Silveira (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. Leandro Simões Azeredo Gonçalves (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) – UEL



Prof^a. Rosana Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientadora)

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, Antônio Gomes Alencar e Maria Zenaide da Silva Alencar e aos meus irmãos, Anderson e Artur. Com muito amor e carinho, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, por me permitir concluir esse trabalho, pela saúde e coragem, pelo socorro na hora da angústia e por sempre manter a minha fé viva;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela excelente formação;

Aos órgãos de fomento à pesquisa, FAPERJ e CNPq, e à CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

Aos meus pais, Antônio e Zenaide, por todo esforço feito para que eu chegasse aqui, pelo apoio, conforto, amor, carinho e incentivo;

Aos meus irmãos, Anderson e Artur, por sempre estarem presentes em minha vida;

À minha tia, Maria Helena (*In memoriam*) e aos meus avós paternos, José Avelino e Maria de Lourdes (*In memoriam*) por toda ajuda. O falecimento de vocês em meio a essa trajetória me fez ser mais forte para seguir e não desistir dos meus sonhos;

Aos que ajudaram na minha mudança para Campos: tio Jucier, tia “Lucinha” e Leilde. MUITO OBRIGADO!

À professora, Rosana Rodrigues, por todo acolhimento, paciência, orientação, convívio e compreensão;

À Dra. Cláudia Pombo, por nunca medir esforços em ajudar e contribuir no desenvolvimento de qualquer ideia e/ou trabalho;

Aos Drs. Pedro Diniz e Janeo Eustáquio, pela valiosa ajuda na conclusão desse trabalho;

À professora Telma Pereira e ao professor Silvaldo Felipe Silveira, por se disporem a ajudar e sugerir o melhor para esse trabalho;

Ao professor Leandro Gonçalves, pela disposição em participar da banca e contribuir com valiosas sugestões;

Aos professores Samy Pimenta e Cíntia Bento, pelos ensinamentos, ajuda e companhia enquanto estiveram conosco no laboratório 110;

À equipe dos resistentes: Maria, Ingrid, Paola, Jefferson, Gaspar, Lígia, Elisângela, Dra. Cláudia Lougon, Dra. Cláudia Roberta e Thâmara, por todos os momentos passados juntos e por toda a ajuda na instalação e condução dos experimentos;

A todos os professores do curso de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da UENF, por todo o esforço e preocupação com a formação dos novos melhoristas que daqui saem;

Aos companheiros de república: Yure, Leonardo e Derivaldo, por todos os momentos de descontração, companheirismo e lutas;

Ao secretário do programa José Daniel, por desempenhar com tanto amor e dedicação o seu trabalho, estando sempre disposto a ajudar todos os pós-graduandos;

E a todos que não foram citados acima, mas que de alguma forma fizeram parte dessa trajetória.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Centro de origem e dispersão geográfica	5
3.2 Aspectos botânicos e reprodutivos	6
3.3 Importância econômica, nutricional e medicinal	7
3.4 Principais doenças em <i>Capsicum</i> spp	10
3.5 Gênero <i>Colletotrichum</i> e sua associação com <i>Capsicum</i>	11
3.6 Resistência ao <i>Colletotrichum</i> em <i>Capsicum</i>	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 Descrição do germoplasma	16
4.2 Condições experimentais	20
4.3 Manutenção do isolado	21
4.4 Inoculação e avaliação da resistência	21
4.5 Padrão de resistência	23
4.6 Características avaliadas	24
4.7 Análise estatística dos dados	26

5. RESULTADOS.....	28
5.1 Análise de variância, contraste e agrupamento de médias	28
5.2 Incidência de doença	38
5.3 Correlação de Pearson	43
5.4 Análise de componentes principais - PCA	44
6. DISCUSSÃO	48
7. CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

RESUMO

ALENCAR, Antonio André da Silva; M.Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro de 2018; IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA À ANTRACNOSE CAUSADA POR *Colletotrichum gloeosporioides* EM ACESSOS DE *Capsicum chinense* L. Orientadora: Profa. Rosana Rodrigues; Conselheiros: Profa. Telma Nair Santana Pereira e Prof. Silvaldo Felipe da Silveira.

As pimentas do gênero *Capsicum* possuem grande importância socioeconômica e ampla utilização nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas. No entanto, a ocorrência de doenças tem sido um fator limitante à produção de frutos para atender a um mercado consumidor cada vez mais exigente. Uma das formas de contornar esse problema é o desenvolvimento de cultivares resistentes a doenças. Para esse fim, torna-se necessária a avaliação dos acessos disponíveis nos bancos e coleções de germoplasma, para identificar fontes de resistência que possam ser utilizadas em programas de melhoramento com essa finalidade. Este trabalho reporta a avaliação da reação à antracnose, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, em 55 acessos de *C. chinense* da coleção de germoplasma do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF. Todos os acessos foram avaliados em dois anos consecutivos (2016 e 2017) correspondendo a duas avaliações em épocas distintas. Para obtenção dos frutos, os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, em delineamento inteiramente ao acaso com cinco repetições. Os frutos foram desinfestados com álcool 70% por 1 min e solução de hipoclorito de sódio (0,2% de cloro ativo) por 5 min. A suspensão de

conídios foi preparada em água deionizada, esterilizada e ajustada a uma concentração de aproximadamente $1,0 \times 10^6$ conídios/mL. Sobre cada fruto foi depositado 10 μ L de suspensão de conídios. A avaliação foi feita a cada 24 horas após a inoculação. As lesões foram mensuradas a partir do terceiro dia após inoculação (DAI). As seguintes características foram avaliadas: período de incubação (PI); período latente (PL); velocidade de crescimento da lesão (VMC); diâmetro da lesão ao sétimo dia (DL7); percentual da lesão em relação à maior distância do fruto (PDL) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). A resistência de pimentas à antracnose, se expressa de forma diferente de acordo com o estágio de maturação dos frutos. Os frutos imaturos apresentaram um maior nível de resistência quando comparados com os frutos maduros, obtendo menores valores de AACPD, PI e PL. As variáveis AACPD, PI e PL são imprescindíveis na avaliação de genótipos de *Capsicum* quanto à resistência à antracnose. O acesso UENF 1715 se destacou para frutos imaturos, apresentando um bom nível de resistência, porém, apresentou suscetibilidade em frutos maduros. O acesso UENF 1381 continua sendo a melhor fonte de resistência à antracnose da coleção de *Capsicum* da UENF.

ABSTRACT

ALENCAR, Antonio André da Silva; M.Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February 2018; IDENTIFICATION OF ANTHRACNOSE (*Colletotrichum gloeosporioides*) RESISTANCE SOURCES IN *Capsicum chinense* L. ACCESSIONS. Advisor: Prof. Rosana Rodrigues; Counselor: Prof. Telma Nair Santana Pereira and Prof. Silvaldo Felipe da Silveira.

Capsicum peppers are of great socioeconomic importance and widely used in the food, pharmaceutical and cosmetic industries. However, the occurrence of diseases has been a limiting factor to the production of fruits to meet an increasingly demanding consumer market. One alternative to overcome this problem is the development of disease resistant cultivars. For the development of disease resistant cultivars, it is necessary to identify sources of resistance that can be used in breeding programs for this purpose, making it necessary to evaluate the available accesses in germplasm banks and collections. This work reports the evaluation of the reaction to anthracnose, caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, in 55 accessions of *Capsicum chinense* from the germplasm collection of the UENF *Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias*. All accessions were evaluated in two consecutive years (2016 and 2017) corresponding to two evaluations at different times. To obtain the fruits, the experiments were conducted in a greenhouse, in a completely randomized design with five replicates. The fruits were disinfested with 70% alcohol for 1 min and sodium hypochlorite solution (0.2% active chlorine) for 5 min. The conidial suspension was prepared in deionized water, sterilized and adjusted to a

concentration of approximately 1.0×10^6 conidia / mL 10 μ L of conidia suspension was deposited on each fruit. The evaluation was done every 24 hours after inoculation. The lesions were measured from the third day after inoculation (DAI). The following characteristics were evaluated: incubation period (IP); latent period (LP); velocity of lesion growth (VLG); diameter of the lesion on the seventh day (DL7); percentage of the lesion in relation to the greater distance of the fruit (PLD) and area under the disease progress curve (AUDPC). The fruit resistance to anthracnose was expressed differently according to the maturation stage of the fruits. The immature fruits presented a higher level of resistance when compared to the mature fruits, obtaining lower values of AACPD, PI and PL. The AACPD, PI and PL variables are essential in the evaluation of *Capsicum* plants for resistance to anthracnose. The accession UENF 1715 stood out for immature fruits, presenting a good level of resistance, however, showed susceptibility in mature fruits. Accession UENF 1381 remains the best source of anthracnose resistance in the UENF *Capsicum* collection.

1. INTRODUÇÃO

As plantas do gênero *Capsicum*, pertencente à família Solanaceae, estão entre as olerícolas mais populares e amplamente cultivadas em todo o mundo (Mahmoud e El-Eslamboly, 2015). O seu cultivo tem elevada importância socioeconômica devido aos seus múltiplos usos nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas, tornando-se fonte de renda relevante na agricultura familiar (Vilela, 2004).

O gênero *Capsicum* possui 38 espécies descritas (Barboza et al., 2011). Destas, cinco são consideradas domesticadas: *Capsicum annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* var. *pendulum* (Willd.) Eshbaugh, e *C. pubescens* R. & P. (Pickersgill, 1986; Bianchetti, 1996; Moscone et al., 2007).

O Brasil é um dos centros de diversidade do gênero, abrigando espécies domesticadas, semidomesticadas e silvestres (Barboza e Bianchetti, 2005). Dentre as espécies domesticadas, *C. chinense* é considerada a mais brasileira, pois a Bacia Amazônica é considerada o seu centro de domesticação (Pickersgill, 1971; Moses e Umaharam, 2012; Moses et al., 2014). Essa espécie apresenta uma ampla variabilidade dos frutos quanto ao tamanho, coloração, formato e níveis de pungência, sendo os tipos habanero, pimenta-de-cheiro, murupi, pimenta-de-bico (biquinho), pimenta-de-bode e cumari-do-Pará as mais utilizadas na culinária brasileira (Baba et al., 2016).

A ocorrência de doenças em pimenteiros, inclusive as da espécie *C. chinense*, causam perdas expressivas na sua produção. Dentre os patógenos

causadores de doenças nessas plantas, incluem-se espécies de *Colletotrichum*, responsáveis pela antracnose. Além de ser uma das doenças mais destrutivas em *Capsicum* spp., a antracnose é de grande relevância também em várias outras espécies de valor comercial, tais como abacate, banana, manga, goiaba, café, morango e tomate (Bailey e Jeger, 1992; Poonpolgul e Kumchai, 2007; Than et al., 2008).

As principais espécies de *Colletotrichum* spp. associadas à *Capsicum* são *C. acutatum*, *C. capsici* e *C. gloeosporioides* (Saxena et al., 2016; Diao et al., 2017; De Silva et al., 2017). As perdas na lavoura podem chegar a 100%, quando as condições são favoráveis ao desenvolvimento da doença e em alguns casos, a ocorrência de pequenas lesões em frutos reduz o valor de mercado do produto (Park et al., 2012).

Várias estratégias têm sido propostas para o controle da antracnose em *Capsicum*, tais como a utilização de sementes livres do patógeno, a rotação de culturas com espécies não hospedeiras, a eliminação de hospedeiros alternativos e de restos culturais, e a aplicação de fungicidas químicos e biológicos. Apesar do uso de cultivares resistentes ser considerado o método mais efetivo de controle, pois além de diminuir as perdas, há um menor gasto com o uso de químicos e mão-de-obra no controle da doença (Than et al., 2008; Park et al., 2012), ainda não existem cultivares resistentes à antracnose disponíveis, embora fontes de resistência a essa doença já tenham sido identificadas. Por exemplo, os acessos PBC932 (*C. chinense*) e PBC80 (*C. baccatum*) foram identificados em 1997 e em 1999 no *Asian Vegetable Research Development Center* (AVRDC) e são considerados como as principais fontes de resistência à antracnose, tornando-os conhecidos mundialmente por essa característica (Pakdeevaporn et al., 2005).

Genes de resistência à antracnose foram descritos por Pakdeevaporn et al. (2005) e Mahasuk et al. (2009a), a partir de cruzamentos interespecíficos entre o acesso PBC932 (*C. chinense*) com 'Bangchang' (*C. annuum*). Nesses trabalhos, os genes *co1*, *co2* e *co3* foram identificados conferindo resistência aos frutos verdes, frutos vermelhos e às plantas na fase de mudas, respectivamente, quando se utilizou o isolado de *C. capsici* '158ci'. Além disso, Mahasuk et al. (2009b) encontraram os genes *co4* e *co5* (conferindo resistência a frutos verdes e vermelhos, respectivamente), quando avaliaram progênies de *C. baccatum*,

oriundas do cruzamento entre PBC80 x PBC1422, utilizando isolados de *C. capsici* e *C. acutatum*.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro vem desenvolvendo atividades de conservação, avaliação e caracterização de germoplasmas de *Capsicum* spp. Sua coleção contempla cerca de 400 acessos deste gênero, incluindo as espécies *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens*, *C. baccatum* e *C. annuum*, oriundos de diversas regiões do Brasil, além de Peru, Argentina, México, Estados Unidos e Japão. O programa de melhoramento desta instituição vem desenvolvendo pesquisas em diferentes vertentes, tais quais: caracterização e avaliação de germoplasma (Sudré et al., 2005; Bento et al., 2007; Bianchi, 2017); identificação de fontes de resistência a doenças (Bento et al., 2009; Bento et al., 2017), incluindo a antracnose (Silva et al., 2014), além da proteção e registro de cultivares resistentes (Pimenta, 2015; Pimenta et al., 2016) e mapeamento genético (Moulin et al., 2015).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Identificar fontes de resistência à antracnose causada por *C. gloeosporioides* em acessos de *C. chinense* da coleção de germoplasma do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF.

2.2. Objetivos Específicos

2.2.1 Avaliar a resistência dos frutos nos estádios imaturo e maduro em 55 acessos de *C. chinense* da coleção de germoplasma de *Capsicum* da UENF;

2.2.2 Comparar a reação dos frutos nos estádios imaturo e maduro;

2.2.3 Identificar quais variáveis são necessárias para uma maior confiabilidade na avaliação e conclusão sobre a resistência;

2.2.4 Indicar germoplasma resistente à antracnose para uso em programas de melhoramento de pimentas visando ao desenvolvimento de cultivares resistentes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Centro de origem e dispersão geográfica

As pimentas e pimentões pertencem ao gênero *Capsicum*, com possível origem na Bolívia, tendo a espécie *Capsicum chacoense* como ancestral comum que, posteriormente, passou por um processo de dispersão e especiação para os Andes e terras baixas da Amazônia (McLeod et al., 1982; Moscone, et al., 2007). Em contrapartida, Kraft et al. (2014) sugerem que a origem da espécie *C. annuum* L., possivelmente se deu no México.

O gênero *Capsicum* tem como centros de diversidade as seguintes regiões: 1) Sul dos EUA e México até o Oeste da América do Sul; 2) do Nordeste do Brasil à costa venezuelana; 3) Costa Oeste brasileira e 4) Centro da Bolívia e Paraguai até Norte e o centro da Argentina. No Brasil está concentrado um grande número de espécies (13) por todas as regiões do país, incluindo espécies silvestres, semidomesticadas e domesticadas (Rêgo et al., 2012).

De acordo com evidências arqueológicas, análises genéticas e distribuições modernas de plantas, pesquisadores sugerem que *C. annuum* foi inicialmente domesticado no México ou no norte da América Central, *C. frutescens* no Caribe, *C. baccatum* na Bolívia, *C. chinense* na Amazônia e *C. pubescens* na região dos Andes do sul (Pickersgill, 1986; Esbaugh, 1993).

Em sua viagem à América por volta de 1493, Cristóvão Colombo foi considerado como o primeiro europeu a descobrir as pimentas, identificando nessas plantas uma fonte alternativa para a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), que

na época era um condimento de grande valor econômico na Europa (Basu e De, 2003). As pimentas foram introduzidas na Europa juntamente com a chegada dos navegadores portugueses e espanhóis nas Américas e, a partir daí, na África e na Ásia. Suas embarcações foram essenciais para a dispersão das pimentas doces e picantes pelo mundo. Por volta do século XVI, pimentas das espécies *C. frutescens* e *C. chinense* eram encontradas na Europa e na África. Já no século XVII estavam presentes em toda Oceania (Andrews, 1984).

3.2. Aspectos botânicos e reprodutivos

As pimentas pertencem à família Solanaceae e ao gênero *Capsicum*. O gênero *Capsicum* L. possui 38 espécies, sendo algumas com variedades botânicas. Destas, cinco são consideradas domesticadas: *Capsicum annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* var. *pendulum* (Willd.) Eshbaugh, e *C. pubescens* R. & P. (Pickersgill, 1986; Bianchetti, 1996; Moscone et al., 2007; Barboza et al., 2011). As plantas de pimenta são preferencialmente autógamas, diploides, com $2n=2x=24$ ou $2n=2x=26$ cromossomos para as espécies silvestres com origem no Brasil (Ribeiro et al., 2008).

As pimentas do gênero *Capsicum* são bastante diferentes da pimenta do reino (*Piper nigrum* L.), da pimenta rosa (*Schinus molle* L.) e da pimenta da Jamaica (*Pimenta officinalis* L.). Mesmo todas elas sendo chamadas de pimentas e utilizadas como condimento não existe parentesco entre essas espécies e cada qual apresenta propriedades químicas diferentes (Carvalho et al., 2006).

Quanto à altura e à forma de crescimento das plantas de *Capsicum*, há uma variação entre as diferentes espécies. O sistema radicular é pivotante, com um número de ramificações lateral elevado e profundidade que pode atingir até 120 cm. Em relação às folhas existe variabilidade quanto à coloração, formato, pilosidade e tamanho. O formato das folhas varia de ovalado e lanceolado a deltoide, com coloração verde, podendo apresentar-se, também, com folhas variegadas e violetas. Os ramos são dicotômicos, com uma ou várias flores por nó (Carvalho e Bianchetti, 2007a).

As flores são hermafroditas e as plantas são preferencialmente autógamas. Entretanto, os níveis de polinização cruzada variam entre e dentro das espécies (1 a 90%). Casali e Couto (1984) cogitaram a possibilidade de

colocá-las no grupo entre alógamas e autógamas, proposta também levantada por Rodrigues et al. (2016).

Possui frutos do tipo baga, com estrutura oca e forma similar a uma cápsula. A coloração dos frutos maduros varia entre branco, amarelo-leitoso, amarelo-forte, alaranjado, salmão, vermelho, roxo, marrom e preto. Existe variação no formato dentro e entre espécies, existindo frutos alongados, arredondados, triangulares ou cônicos, campanulados, quadrados ou retangulares (Carvalho e Bianchetti, 2007a). Suas sementes possuem cor de palha com margem ondulada e raramente suave, podendo apresentar sementes de coloração escura como a espécie *C. pubescens*. Em ambientes naturais têm ciclo de vida perene embora em muitas partes do mundo se comportem como anuais (Ribeiro et al., 2008), principalmente, quando cultivadas para fins comerciais. Esse fato está relacionado com o maior número de frutos no primeiro ano e o aumento da ocorrência de doenças com o passar do tempo.

A pungência, responsável por provocar a sensação de ardência, é outra característica marcante nas pimentas. Essa característica é atribuída a um gene dominante *C*, que confere a presença de alcaloides do grupo dos capsaicinoides, principalmente capsaicina e dihidrocapsaicina, que são encontrados na placenta e sua liberação ocorre quando há danos mecânicos no fruto. A dispersão das sementes é realizada pelos pássaros quando o cultivo é realizado em ambiente aberto, pois eles se alimentam dos frutos e promovem a disseminação por meio das fezes (Tewksbury e Nabhan, 2001). Em 2006, Wang e Bosland, publicaram uma lista de genes de *Capsicum* e o gene *pun-1*, que confere ausência de pungência, foi apresentado como sinonímia do gene *c* (Wang e Bosland, 2006).

3.3. Importância econômica, nutricional e medicinal

O agronegócio de pimentas vem crescendo ao longo dos anos e está entre os melhores exemplos de integração na cadeia produtiva de hortaliças. Além de ter seu consumo *in natura*, os frutos de pimenta podem ser processados e utilizados em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos (Pinto e Cruz, 2011).

Com o aumento da demanda pelo produto, há um forte impulso para se aumentar a área cultivada e o estabelecimento de novas agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas, tanto doces quanto picantes, um grande segmento de

hortaliças no país. Além do mercado interno, parte da produção brasileira de pimentas é exportada de diferentes formas, como páprica, pasta, desidratada e conservas ornamentais (Carvalho e Bianchetti, 2007b).

De acordo com o último levantamento da FAO, em 2016, foram produzidos mundialmente um total de aproximadamente 38,5 milhões de toneladas de pimentas e pimentão. A Ásia é a principal região produtora de pimentas, sendo representada especialmente pela China, com produção de aproximadamente 17,8 milhões de toneladas. O México é o segundo maior produtor mundial, com produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas, e em seguida a Turquia, com 2,5 milhões de toneladas (FAO, 2016).

No Brasil, apesar de sua importância, os dados estatísticos de produção e comercialização de pimenta hortícola são escassos e a pouca informação disponível não reflete a realidade econômica dessa hortaliça, visto que grande parte da produção é comercializada em mercados regionais e locais que não fazem parte das estatísticas (Domenico et al., 2010).

Ao analisar as séries históricas dos respectivos estados, Minas Gerais se destaca como o principal estado produtor de pimentas no Brasil, seguido por São Paulo, Goiás, Ceará e Rio Grande do Sul. Dados provindos da série histórica da Ceasa Minas, no ano de 2010, mostram que somente esse estado comercializou quase 620 toneladas de pimentas, gerando uma renda aproximada de R\$ 1.200.000,00. Outro fato importante é que 97,8% desse total comercializado são procedentes do estado e os outros 2,2% foram do estado de Goiás e São Paulo (Pinto e Cruz, 2011).

Já no ano de 2017, foram comercializadas 826 toneladas de pimenta na Ceasa Minas (2017), totalizando uma receita aproximada de R\$ 11.500.000,00. Percebe-se que houve um aumento de aproximadamente 33,23% na quantidade vendida e de 858,3% no valor arrecadado quando comparado ao ano 2010. Esses dados evidenciam que houve um aumento de consumo, e ao mesmo tempo, mostram que a pimenta é uma cultura bastante rentável e vem se tornando um mercado muito promissor.

O estado de São Paulo, segundo maior produtor de pimentas do país, tem a Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) como seu principal centro de vendas. Essa Companhia é a maior central de abastecimento de frutas e hortaliças da América Latina, que recebe produtos do

país inteiro. Na CEAGESP (2014), as pimentas foram vendidas e apresentadas em três denominações, que são elas: pimenta verde americana, pimenta verde e pimenta vermelha. Em 2014 foram comercializadas 699,4 t, 158,2 t, e 2.894,8 t de cada uma das três pimentas, respectivamente, totalizando 3.752,4 t de pimenta. Nesse ano estudado, foi somada uma renda aproximada de R\$ 15.500.000,00. No ano de 2015 até o mês de Julho, a CEAGESP tinha comercializado 2.063 t de pimenta, ou seja, 55% do total comercializado no ano anterior.

No estado do Espírito Santo, a Ceasa – ES é dividida em três unidades: unidade Grande Vitória, unidade Noroeste e a unidade Cachoeiro Itapemirim. Segundo dados da série histórica em relação ao ano de 2017, totalizando as três unidades, foram comercializadas 3,5 t de pimenta, todas provenientes do estado, gerando uma receita de R\$ 307.890,00 (CEASA - ES, 2017).

A Ceasa – RJ, no ano 2014, recebeu pimentas de todos os estados da região Sudeste e foram comercializadas 298,8 t aproximadamente. Dados de preço não constam na série histórica.

Vale ressaltar que a Ceagesp recebe produtos de todo o país, não podendo, assim, o estado de São Paulo ser considerado o maior produtor, mas o maior comercializador do fruto. Juntos, os estados MG, SP, ES e RJ comercializaram um total de 4.880,7 toneladas de frutos nos anos analisados.

As pimentas possuem compostos flavonoides e outros metabólitos secundários com propriedades antioxidantes, os quais são importantes para a saúde por auxiliarem na prevenção de doenças pela inativação de radicais livres, sendo também excelentes fonte de vitaminas C e E, carotenoides e xantofilas (Perucka e Materska, 2007; Lutz e Freitas, 2008; Wahyuni et al., 2011).

Várias descobertas vêm sendo realizadas sobre a aplicação da capsaicina no combate ao câncer. Pesquisas evidenciam que a capsaicina possui uma série de mecanismos anticancerígenos, tais quais a alteração da expressão de vários genes envolvidos na sobrevivência das células cancerosas, angiogênese (formação de novos vasos sanguíneos), metástase (desenvolvimento do câncer em outras partes de onde ele se desenvolveu inicialmente), aumento da parada do ciclo celular e apoptose (morte celular programada) (Johnson, 2007; Hanahan e Weinberg, 2011; Bley et al., 2012; Clark et al., 2016).

Dentre os compostos presentes nas plantas de *Capsicum*, estão os flavonoides. Esses são compostos polifenólicos bioativos utilizados para promover a saúde cardiovascular e reduzir inflamações (Georgiev et al., 2014). No grupo dos flavonoides, pode-se destacar a apigenina como um dos principais componentes das pimentas com aplicação na área da saúde. Já se sabe que o seu uso aumenta a produção e formação de neurônios em células tronco (Paulsen et al., 2011) e também é considerada como um modulador de estrogênio (Long et al., 2011), fundamental para a formação e manutenção do sistema nervoso humano, podendo atrasar o aparecimento ou melhorar a gravidade das doenças psiquiátricas e neurodegenerativas. Souza et al. (2015) concluíram que devido à função pró-estrogênica da apigenina, esse flavonoide é um forte candidato para substituir o estrogênio em estratégias de diferenciação neuronal, atuando diretamente contra doenças do sistema nervoso.

3.4. Principais doenças em *Capsicum* spp.

Mesmo com o avanço da tecnologia, com plantios em casas de vegetação e uso de práticas que contribuem para manter a sanidade dos frutos, os problemas fitossanitários ainda representam um grande entrave à produtividade e um risco potencial de perdas para o produtor de pimentas. As doenças podem surgir em cultivo protegido e principalmente em ambiente aberto, sendo de maior ocorrência no gênero *Capsicum*: o mosaico amarelo do pimentão (vírus); a mancha bacteriana e o talo-oco ou podridão-mole (bactérias); a mancha-de-cercospora e a antracnose (fungos) (Azevedo et al., 2006; Carvalho e Bianchetti, 2007c; Kaur et al., 2014; Saxena et al., 2014). Também tem sido relatado infecção por nematoides (Thiyagarajan e Kuppusamy, 2014).

A doença em estudo nesse trabalho é a antracnose. Esta doença causa expressivas perdas em plantas do gênero *Capsicum*, podendo ser constatada antes e após a colheita dos frutos, em períodos chuvosos e em regiões de clima quente e úmido (Pereira et al., 2011; Park et al., 2012). A doença é caracterizada por causar lesões deprimidas circulares, com anéis concêntricos e presença de acérvulo úmido que produzem massa de cor rosa ou laranja de conídios em mucilagem, sintoma típico observado nas lesões em frutos (Than et al., 2008).

Diferentes estratégias de manejo vêm sendo realizadas para o controle da antracnose em *Capsicum* spp., como a aplicação de práticas culturais, controle

biológico, controle químico e utilização de genótipos resistentes (Saxena et al., 2016). O desenvolvimento de cultivares resistentes pode ser considerada como a estratégia mais econômica e ambientalmente amigável, pois há uma redução considerável das perdas causadas pela doença e minimização dos custos com produtos químicos. Porém, o uso de uma combinação das diferentes estratégias ainda tem sido recomendado para o manejo da doença (Agrios, 2005), já que não existem cultivares de pimentas resistentes à antracnose no mundo.

3.5. Gênero *Colletotrichum* e sua associação com *Capsicum*

O gênero *Colletotrichum* que causa antracnose em pimentas e pimentão pertence ao Reino Fungi; Filo Ascomycota, Classe Sordariomycetes; Ordem Hypocreomycetidae; e família Glomerellaceae (Gophy, 2018). Tem como espécies representativas *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc; *C. capsici* (Syd.) Butler and Bisby; *C. acutatum* (Simmonds); *C. dematium* e *C. coccodes* (Wallr.) S. Hughes (Pakdeevaporn et al., 2005; Than et al., 2008).

Outras espécies de *Colletotrichum* foram relatadas causando antracnose em *Capsicum*, como: *C. boninense* no Brasil (Tozze e Massola, 2009); *C. brisbanense* na Austrália (Damm et al., 2009); *C. kartsii*, *C. novae-zelandiae* e *C. nigrum* na Nova Zelândia (Damm et al., 2012; Liu et al., 2013).

Os fungos do gênero *Colletotrichum* são economicamente importantes, pois causam doenças em uma gama de hospedeiros, como espécies frutíferas, hortaliças, plantas ornamentais e importantes culturas que constituem a base alimentar mundial. As espécies deste gênero são relatadas como causadoras da antracnose em mais de 121 gêneros vegetais de 45 famílias de plantas diferentes (Farr et al., 2016).

A espécie *C. gloeosporioides* apresenta aproximadamente 470 espécies hospedeiras, sendo considerada uma das principais agentes causadoras de doença pré ou pós-colheita em frutos de diversas culturas de importância agrícola, tais como abacate, banana, manga, café, morango, tomate e pimenta (Phoulivong et al., 2010).

Conídios de *C. gloeosporioides* são epidemiologicamente importantes, pois são dispersos facilmente no campo, por respingos de água da chuva ou de irrigação. Sua germinação e infecção ocorrem a temperaturas moderadas entre 25 e 30 °C. A germinação de conídios é altamente variável e pode ocorrer entre 3

e 48 h após a inoculação (Lopez, 2001). Os sintomas da doença podem ocorrer tanto durante o desenvolvimento da cultura no campo ou após a colheita. Porém, em pimentas, apenas os frutos apresentam lesões.

O *Colletotrichum* usa diferentes estratégias para colonizar as plantas hospedeiras, a depender do estágio de desenvolvimento dos frutos. Geralmente, em condições de campo, o fungo inicia sua colonização de forma biotrófica e quiescente sob a forma de estruturas (apressórios) em tecidos dos frutos imaturos, porém, não há a expressão de sintomas da antracnose. Com o amadurecimento dos frutos, o fungo passa para a fase necrotrófica, tornando os sintomas visíveis (Gan et al., 2012; O'Connell et al., 2012; Prusky et al., 2013; Sahitya et al., 2014).

O uso de sementes limpas é muito importante no controle deste patógeno, pois é ela a principal fonte de introdução da doença na plantação (Kurozawa e Pavan, 1997). Além disso, esse fungo é um saprófita facultativo, ou seja, vive a maioria do tempo parasitando os tecidos vivos da planta como também pode sobreviver sobre restos de culturas (Nesher et al., 2011).

3.6. Resistência a *Colletotrichum* em *Capsicum*

Ao longo do tempo, os melhoristas vêm buscando o desenvolvimento de novas cultivares resistentes à antracnose no gênero *Capsicum*. As principais fontes de resistência à antracnose têm sido identificadas em *C. chinense* e *C. baccatum* (Pakdeevaporn et al., 2005); e os pesquisadores têm utilizado essas fontes para estudos de herança (Pakdeevaporn et al., 2005; Kim et al., 2008; Mahasuk et al., 2009). Segundo diversos trabalhos, os padrões da herança da resistência têm variado de acordo com a espécie e isolado de *Colletotrichum*, da fonte de resistência, método de inoculação e o estágio de desenvolvimento do fruto (Taylor et al., 2007; Mongkolporn e Taylor, 2011)

Alguns estudos relacionados à herança da resistência têm sido desenvolvidos. Park et al. (1990a) chegaram à conclusão que a resistência a *C. gloeosporioides* é herdada como parcialmente dominante ou sobredominante em plantas F₁. Em outro estudo semelhante, Park et al. (1990b) concluíram que a herança da resistência em pimentão a *C. dematium* foi parcialmente dominante. Qing et al. (2002) concluíram que apenas um gene dominante é responsável pela resistência de pimentão à *C. capsici*, em avaliação realizada em frutos aos quatro

dias após inoculação. Voorrips et al. (2004) identificaram três QTLs responsáveis por conferir resistência ao *C. gloeosporioides* numa população interespecífica de *C. annuum* Jatilaba x *C. chinense* PRI95030.

Por outro lado, alguns estudos revelaram herança recessiva da resistência à antracnose. Por exemplo, Cheema et al. (1984) constataram que a resistência à *C. capsici* foi de herança recessiva com efeitos epistáticos. Noutro estudo, a resistência à antracnose foi de herança poligênica (Voorrips et al., 2004). Estes autores identificaram esse tipo de herança usando análise de QTL (*Quantitative Trait Loci*) em uma população interespecífica derivada de um cruzamento entre *C. annuum* e *C. chinense*.

O acesso de *C. chinense* chamado PBC932 é conhecido mundialmente por ser resistente à antracnose, assim como os acessos de *C. baccatum* PBC80 e PBC81. Utilizando PBC932 foram identificados os genes *co1* por Pakdeevaporn et al. (2005) e os genes *co2* e *co3* com o trabalho de Mahasuk et al. (2009). Esses genes são recessivos e conferem a resistência a *C. capsici*.

Hedge e Anahosur (2001) realizaram uma análise bioquímica da resistência à podridão em frutos causada por *C. capsici*. Os autores verificaram que os frutos resistentes continham grande quantidade de capsacinoídeos e ácido ascórbico, e baixas quantidades de açúcares quando comparadas com as testemunhas suscetíveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Jeyalakshmi (1999) e Pereira (2005).

Um estudo molecular de expressão de genes, revelou que um gene chamado *pepper esterase* (PepEST) foi altamente expresso em frutos maduros de pimentão com coloração vermelha, impedindo a formação dos apressórios do fungo e, assim, induzindo a resistência à antracnose nesses frutos. O acúmulo do PepEST foi localizado na epiderme e nas camadas de células corticais dos frutos maduros infectados, mas raramente foi observado em células epidérmicas de frutos imaturos infectados (Ko et al., 2005).

Kim et al. (2001) realizaram um estudo com a proteína PepEST em fungos da espécie *C. gloeosporioides* em associação com frutos imaturos de *C. annuum*. Esses autores concluíram que a PepEST não tem atividade fungicida, porém inibe significativamente a formação de apressórios nos fungos.

Ko et al. (2016) desenvolveram transgênicos que superexpressam a proteína PepEST. Com isso, os autores observaram que essas plantas

potencializaram suas defesas e apresentaram resistência contra os fungos *C. gloeosporioides*, *C. acutatum* e *C. coccodes*, comprovando que a presença da PepEST age na ativação de vias de sinalização da defesa, como a produção de peróxido de hidrogênio e expressão de proteínas ligadas a patogênese (PR's) no local da infecção.

No estudo realizado por Seo et al. (2017), foi feita a análise de fungos *C. gloeosporioides* após o contato com a proteína PepEST. A proteína foi localizada nas superfícies dos conídios e nos tubos germinativos do fungo, incluindo o composto DTD (1,2-ditiano-4,5diol). Testes confirmaram que o composto (DTD) apresentou efeitos protetores contra o *C. gloeosporioides* e o *C. coccodes*. Além disso, se mostrou eficaz na prevenção de outras doenças nas culturas do arroz, tomate e trigo, sugerindo ser uma estratégia alternativa para controlar fitopatógenos agronomicamente importantes.

O capsidiol foi identificado por Egea et al. (1996), atuando contra o fungo *Phytophthora capsici*. Essa fitoalexina foi localizada na área da necrose em cultivares de *C. annuum* L. Porém, por meio de cromatografia gasosa, os autores observaram que essa fitoalexina só foi capaz de inibir o crescimento e desenvolvimento do fungo quando apresentaram quantidades superiores a 1.204 µg/ml¹.

Os capsaicinoides responsáveis por causar ardência nas pimentas, também possuem atividades antimicrobianas. Veloso et al. (2014) comprovaram em seu estudo, a atuação antimicrobiana da capsaicina contra cinco espécies de fungos e nove isolados de duas espécies de oomicetos. Outros testes mostraram a capsaicina como indutora da atividade da enzima quitinase e expressão de diferentes genes relacionados à defesa da planta.

Silva et al. (2014), avaliando acessos da coleção de germoplasma de *Capsicum* spp. da UENF, identificaram os acessos UENF 1718 e UENF 1797 com potencial para serem usados em programas de melhoramento que visem o desenvolvimento de cultivares resistentes à antracnose. Ambos são pertencentes à espécie *C. baccatum* var. *pendulum*. De acordo com Park et al. (2009), essa espécie possui elevados níveis de resistência à antracnose quando comparadas com outras espécies do gênero *Capsicum*, tornando-se uma importante fonte de recursos genéticos para essa característica.

Outro trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da UENF, visando resistência a doenças, foi desenvolvido por Bento et al. (2017). Nesse estudo, foram avaliados 54 genótipos pertencentes às espécies *C. annuum* var. *annuum*, *C. annuum* var. *glabriusculum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, e *C. baccatum* var. *pendulum*. Os autores identificaram o acesso UENF 1381 como altamente resistente à antracnose no estágio imaturo e moderadamente resistente no estágio maduro, juntamente com outros 15 acessos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição do germoplasma

Foram avaliados 55 acessos de *C. chinense* (Tabela 1) do banco de germoplasma de *Capsicum* L. da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Os acessos foram caracterizados por Bianchi (2017), conforme os descritores morfoagronômicos específicos para *Capsicum*, que estão disponíveis em *Bioversity International* (IPGRI, 1995).

Tabela 1. Identificação dos acessos, locais de coletas, pungência, coloração do fruto no estágio imaturo e maduro e forma do fruto de *C. chinense* do banco de germoplasma de *Capsicum* L. da UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

Acessos	Procedência	Pungência	Cor do Fruto Imaturo	Cor do Fruto Maduro	Forma do Fruto
UENF 1381	PESAGRO/Itaguaí	Presente	Verde	Vermelho	Alongado
UENF 1707	São Luiz, MA	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Arredondado
UENF 1708	São Luiz, MA	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 1715	Peru	Presente	Verde	Amarelo-Laranja Pálido	Alongado
UENF 1720	Ilhéus, BA	Presente	Verde	Vermelho	Triangular
UENF 1721	Ilhéus, BA	Presente	Verde	Vermelho	Alongado
UENF 1722	Ilhéus, BA	Presente	Verde	Vermelho	Acampanulado
UENF 1726	Ilhéus, BA	Ausente	Verde	Vermelho	Alongado
UENF 1730	Peru	Ausente	Verde	Marrom	Alongado
UENF 1736	São Domingos, ES	Ausente	Verde	Vermelho	Acampanulado
UENF 1753	Ilhéus, BA	Ausente	Verde	Vermelho	Acampanulado
UENF 1762	Belém, PA	Ausente	Verde	Vermelho Escuro	Acampanulado
UENF 1764	Belém, PA	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Alongado
UENF 1765	Belém, PA	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Acampanulado
UENF 1768	Belém, PA	Ausente	Verde	Vermelho	Triangular
UENF 1770	Belém, PA	Presente	Verde	Vermelho	Acampanulado
UENF 1788	São Luiz, MA	Presente	Verde	Vermelho	Acampanulado
UENF 1791	São Luiz, MA	Presente	Verde	Laranja	Acampanulado
UENF 2036	Campos, RJ	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2044	Campos, RJ	Presente	Roxo	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2051	Campos, RJ	Presente	Verde	Amarelo-Laranja Pálido	Acampanulado

Tabela 1. Cont.

Acessos	Procedência	Pungência	Cor do Fruto Imaturo	Cor do Fruto Maduro	Forma do Fruto
UENF 2066	Parque Novo Mundo	Presente	Verde	Laranja Pálido	Acampanulado
UENF 2073	Rio das Ostras, RJ	Presente	Verde	Amarelo-Laranja Pálido	Acampanulado
UENF 2074	Rio das Ostras, RJ	Ausente	Verde	Laranja Pálido	Triangular
UENF 2075	Rio das Ostras, RJ	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Arredondado
UENF 2078	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2079	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Alongado
UENF 2082	Cáceres, MT	Presente	Verde	Amarelo-Laranja	Arredondado
UENF 2083	Cáceres, MT	Presente	Verde	Laranja Pálido	Alongado
UENF 2085	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Alongado
UENF 2087	Cáceres, MT	Presente	Verde	Laranja	Arredondado
UENF 2091	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho	Arredondado
UENF 2093	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Alongado
UENF 2097	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2100	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Alongado
UENF 2101	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho	Triangular
UENF 2106	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2107	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho	Acampanulado
UENF 2110	Cáceres, MT	Ausente	Verde	Vermelho Escuro	Acampanulado
UENF 2111	Cáceres, MT	Presente	Verde	Amarelo-Laranja	Triangular
UENF 2112	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Claro	Triangular
UENF 2113	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Arredondado
UENF 2115	Cáceres, MT	Ausente	Verde	Laranja	Triangular

Tabela 1. Cont.

Acessos	Procedência	Pungência	Cor do Fruto Imaturo	Cor do Fruto Maduro	Forma do Fruto
UENF 2116	Cáceres, MT	Ausente	Verde	Laranja Pálido	Triangular
UENF 2118	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2123	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Claro	Alongado
UENF 2129	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Acampanulado
UENF 2130	Cáceres, MT	Presente	Verde	Laranja Pálido	Triangular
UENF 2131	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Acampanulado
UENF 2133	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2134	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2135	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2137	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho	Arredondado
UENF 2140	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2153	Cáceres, MT	Ausente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular
UENF 2154	Cáceres, MT	Presente	Verde	Vermelho Escuro	Triangular

4.2. Condições experimentais

Todos os acessos foram avaliados em dois anos consecutivos (2016 e 2017), correspondendo a duas avaliações em épocas distintas, que foram: Maio a Agosto de 2016, e Setembro a Novembro de 2017. As sementes para composição do experimento foram todas provenientes da coleção de germoplasma de *Capsicum* L. da UENF.

Para a composição do segundo experimento, foram utilizadas sementes de polinização aberta do experimento anterior. Inicialmente, foram realizadas várias tentativas de autofecundação das flores. No entanto, devido à alta temperatura, a ocorrência de aborto prevaleceu. Porém, as sementes utilizadas foram produzidas em casa de vegetação e, portanto, a porcentagem de ocorrência de fecundação cruzada deve ser considerada baixa, sendo que não foi constatada segregação dentro dos acessos.

Para obtenção dos frutos, os acessos foram semeados em bandejas de poliestireno de 128 células, contendo substrato comercial Vivatto®. Foram semeadas duas sementes por célula de cada acesso, com posterior desbaste. Após o primeiro par de folhas definitivas, as mudas foram transferidas para vasos com capacidade para cinco litros, constituído de uma mistura de terra, areia e esterco, na proporção de 1:1:1.

A produção e colheita dos frutos foram realizadas em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP), da UENF, em Campos dos Goytacazes, RJ. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso (DIC), composto por cinco repetições e disposto em fileiras duplas (Figura 1). Todos os tratamentos culturais utilizados seguiram o recomendado por Filgueira (2012), com algumas adaptações para cultivo protegido. O manejo nutricional foi realizado de acordo com a análise de solo e necessidade da cultura, sendo feita a aplicação de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), em intervalos de 15 dias, após um mês do transplante. A concentração dos nutrientes utilizados na solução completa em mg/L foi de: N= 224,0; P= 31,0; K= 234,0; Ca= 160,0; Mg= 48,6; S= 80,0; Cl= 1,77; Mn= 0,55; Zn= 0,13; Cu= 0,03; Mo= 0,06; B= 0,27; e Fe-EDTA= 2,23.



Figura 1. Experimento conduzido em casa de vegetação na UAP/UENF. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

Todos os frutos foram destacados e levados ao laboratório, onde foi feito todo o procedimento de desinfestação, inoculação e avaliação.

4.3. Manutenção do isolado

O isolado de *C. gloeosporioides* 8.1 foi obtido a partir de pimentão com sintomas de antracnose coletado em Campos dos Goytacazes, RJ. Após a conclusão do experimento para verificação da patogenicidade via Postulado de Koch, o isolado foi enviado à micoteca URM (*University Recife Micology*) da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, onde foi confirmada a espécie. O isolado está sendo mantido utilizando-se o método Castellani, que consiste no armazenamento do fungo em discos de colônias puras em BDA, colocadas em um pequeno frasco, contendo água destilada esterilizada, sendo, posteriormente, selado e armazenado à temperatura de 5 °C e também em temperatura ambiente, com o objetivo de manter a viabilidade, capacidade de esporulação e patogenicidade (Aparecido et al., 2007).

4.4. Inoculação e avaliação da resistência

Para o preparo da suspensão de conídios, os isolados foram crescidos em meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar) (Figura 2A) e incubados em BOD à temperatura de 28 °C, sob fotoperíodo de 12 h, durante sete dias. A suspensão de conídios foi preparada em água deionizada e esterilizada, ajustada à

concentração de aproximadamente $1,0 \times 10^6$ conídios.mL⁻¹, com auxílio de uma câmara de Neubauer e microscópio de luz (Silva et al., 2014).

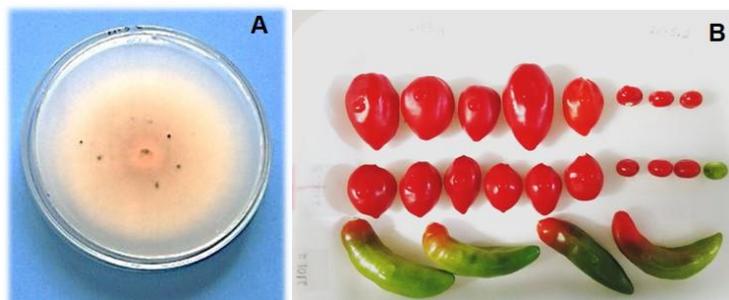


Figura 2. (A) Colônia de *C. gloeosporioides* (isolado 8.1) crescido em meio BDA, após incubação em BOD, à temperatura de 28 °C sob fotoperíodo de 12 h, durante sete dias. **(B)** Frutos de *Capsicum chinense* sobre bandeja de isopor após desinfestação, prontos para serem inoculados. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

Os frutos foram colhidos em casa de vegetação e levados para o laboratório, onde foram retirados os pedicelos e realizada a desinfestação com álcool 70% por 1 min e solução de hipoclorito de sódio (0,2% de cloro ativo) por 5 min. Em seguida, foram triplamente lavados com água deionizada estéril, secos em papel toalha e colocados em bandejas de isopor previamente desinfestadas (Figura 2B). Foram avaliados 15 frutos por acesso, sendo três frutos por repetição, em ambas as épocas de avaliação. Para todos os acessos foi utilizado o controle negativo, ou seja, foi inoculado um fruto de cada repetição apenas com água deionizada e esterilizada na quantidade de 10 µL.

Em cada fruto foi realizado um ferimento central com profundidade de 1 mm, aproximadamente, com auxílio de agulha entomológica. Foram depositados 10 µL da suspensão de conídios. Após a inoculação, os frutos foram devidamente identificados e colocados em câmara úmida, à temperatura ambiente em condições de laboratório (± 28 °C).

A avaliação foi realizada a cada 24 horas após a inoculação, durante 11 dias consecutivos, verificando-se o período de incubação e o período latente. As lesões foram mensuradas a partir do terceiro dia após a inoculação (DAI), com auxílio de paquímetro digital (Figura 3A).

A incidência de doença em cada tratamento foi determinada aos sete dias após a inoculação. Os escores de resistência foram estabelecidos, variando de 1 a 5, sendo: 1 – Altamente resistente; 2 – Resistente; 3 – Moderado; 4 – Suscetível; 5 – Altamente suscetível. Os critérios considerados se basearam na incidência estimada, conforme Syukur et al. (2013), aplicando modificações no método proposto por Yoon (2003). A incidência de doença (ID) foi calculada da seguinte maneira: calculou-se a proporção de frutos doentes em cada tratamento, em relação ao total de frutos inoculados por tratamento. Os frutos que tiveram lesões maiores que 4 mm no sétimo DAI, foram considerados doentes (Tabela 2).

Tabela 2. Escore, incidência da doença e nível de resistência com base nos sintomas.

Escore	Incidência da doença (%)	Nível de resistência
1	$0 \leq x \leq 10$	Altamente Resistente
2	$10,1 \leq x \leq 20$	Resistente
3	$20,1 \leq x \leq 40$	Moderado
4	$40,1 \leq x \leq 70$	Suscetível
5	> 70	Altamente Suscetível

Fonte: Syukur et al. (2013)

4.5. Padrão de resistência

O acesso UENF 1381, uma pimenta da espécie *C. annuum* var. *annuum*, foi utilizado como padrão de resistência à antracnose, por ter sido descrito por Bento et al. (2017) como altamente resistente no estágio imaturo e, moderadamente, resistente no estágio maduro, correspondendo à uma avaliação de sete dias.

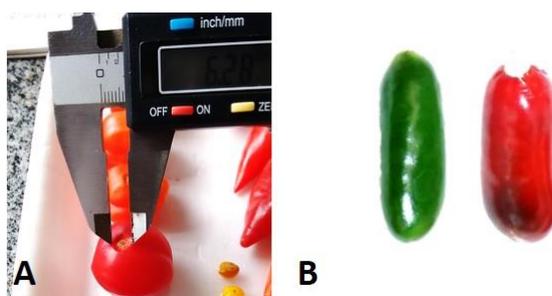


Figura 3 – (A) Mensuração das lesões provocadas por *Colletotrichum gloeosporioides* em *Capsicum*, utilizando paquímetro digital. (B) Frutos do acesso resistente UENF 1381 nos estádios imaturo e maduro. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

4.6. Características avaliadas

- a) **Período de Incubação (PI) (dias):** correspondeu ao período em dias entre a inoculação do patógeno até o aparecimento dos primeiros sintomas da doença no fruto. O PI foi considerado quando os frutos apresentaram necrose e lesão com aproximadamente 1 mm de diâmetro. A avaliação foi realizada nos três frutos de cada repetição, totalizando 15 frutos por tratamento. Após a avaliação foi calculada a média para cada repetição de cada acesso;
- b) **Período Latente (PL) (dias):** correspondeu ao período em dias entre a inoculação do patógeno até a esporulação do fungo sobre o fruto, em forma de mucilagem, quando estas se tornaram perceptíveis a olho nu. O período latente foi avaliado para os três frutos de cada repetição. Após avaliação, foi calculada a média para cada repetição de cada acesso;

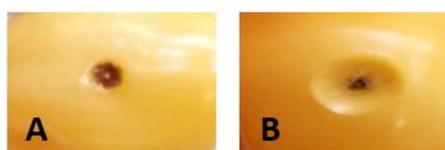


Figura 4: (A) – Frutos de *C. chinense* com sintomas iniciais de antracnose, caracterizando o período de incubação (PI). (B) – Frutos com início de esporulação do *C. gloeosporioides*, caracterizando o período latente (PL). UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

c) Velocidade Média de Crescimento da Lesão (VMC) (mm/dia): a avaliação foi realizada pela medição, a cada 24 horas, do diâmetro das lesões a partir do terceiro dia após inoculação, mensurado na maior distância do fruto (ora no comprimento, ora na largura), durante o período de avaliação. Para isso, foi utilizada a seguinte fórmula proposta por Lilly e Barnett (1951), com adaptação de Pereira et al. (2006):

$$VMC = \frac{Ct_2 - Ct_1}{T} \quad (1)$$

Sendo:

VMC = velocidade média de crescimento;

Ct₁ = crescimento no primeiro intervalo de tempo;

Ct₂ = crescimento no segundo intervalo de tempo;

T = intervalo de tempo considerado.

Para a obtenção dos valores de Ct₁, Ct₂ e T foi adotado o seguinte procedimento: os valores de Ct₁ corresponderam ao diâmetro da lesão (DL), no terceiro dia após inoculação (DAI). Para se chegar aos valores de T, foram identificados os DAI em que o primeiro fruto de cada tratamento foi eliminado. Para o estágio imaturo, utilizou-se T = seis dias. Para o estágio maduro nos dois ambientes, utilizou-se T = sete dias. Conseqüentemente, os valores de Ct₂ foram correspondentes ao DL no intervalo em dias, ou seja, no estágio maduro diâmetro da lesão no sétimo DAI, e no estágio imaturo, diâmetro da lesão no sexto DAI.

d) Diâmetro da Lesão ao Sétimo Dia (DL7) (mm): diâmetro médio em milímetros (mm) das lesões nos frutos de cada acesso ao sétimo dia após inoculação;

e) Percentual da lesão em relação à maior distância do fruto (PDL) (%): foi calculado o percentual do diâmetro da lesão (mm) em relação à

maior distância do fruto (mm), ora no comprimento, ora na largura. Para isso foi utilizada a seguinte fórmula:

$$PDL = (DL \times 100) / MDF \quad (2)$$

Sendo:

DL = diâmetro da lesão no fruto;

MDF = maior distância do fruto.

Essa fórmula foi aplicada para cada fruto e, logo em seguida, foi obtida a média por repetição de cada tratamento.

- f) **Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença com Base no Diâmetro das Lesões (AACPD1):** foi calculada a AACPD com base nas mensurações consecutivas do diâmetro da lesão em cada fruto, de cada repetição e cada tratamento.

A AACPD foi calculada de acordo com a seguinte expressão, conforme Campbell e Madden (1990).

$$AACPD = \sum_1^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i) \quad (3)$$

Sendo:

n = número de observações;

y_i = severidade da doença na “i”-ésima observação;

t_i = tempo em dias na “i”-ésima observação.

4.7. Análise estatística dos dados

Após confirmados os pressupostos para realização da ANOVA, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + m_j + g_k + am_{ij} + ga_{ki} + gm_{kj} + amg_{ijk} + e_{(ijk)r}$$

Sendo: Y_{ijk_r} = valor observado da r-ésima repetição da i-ésima época, no j-ésimo estágio de maturação do k-ésimo tratamento; μ : média geral; a_i : efeito da época de avaliação i; m_j : efeito do estágio de maturação dos frutos j; g_k : efeito do genótipo k; ga_{ki} , gm_{kj} , am_{ij} e agm_{ijk} : interações duplas e tripla dos efeitos; $e_{(ijk)}$: erro aleatório associado a Y_{ijk_r} .

Verificada a diferença significativa entre os acessos ao nível de 5% para cada variável analisada pelo teste F, foi realizado um agrupamento de médias pelo critério de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de significância.

Foram aplicados contrastes ortogonais baseados no teste F, para verificar as diferenças entre cada tratamento e o padrão de resistência (UENF 1381). Para isso, o grau de liberdade de genótipos foi decomposto. Desta forma, cada contraste gera uma hipótese a ser testada e está associado a uma soma de quadrados com 1 grau de liberdade.

Todas as variáveis foram utilizadas conjuntamente em uma técnica multivariada de análise de componentes principais (PCA). As análises foram realizadas com o auxílio do programa R (www.r-project.org).

5. RESULTADOS

5.1. Análise de variância, contraste e agrupamento de médias

Na análise de variância (Tabela 3), a fonte de variação genótipo foi significativa para todas as variáveis analisadas, denotando a variabilidade existente entre os acessos do banco de germoplasma.

Quanto às interações época x estágio e época x genótipo, ambas apresentaram ausência de significância para todas as características, o que implica dizer que a época de avaliação não exerceu efeito importante sobre o estágio de maturação dos frutos e os genótipos avaliados em relação à reação à antracnose.

A significância na interação estágio x genótipo mostra que o estágio de maturação apresentou influência na expressão da resistência, ou seja, os resultados diferiram entre os frutos imaturos e maduros.

Em relação ao contraste entre o padrão de resistência e os acessos, todas as variáveis foram significativas, mostrando que nenhum genótipo teve um nível de resistência próximo ao acesso UENF 1381. Devido à significância da interação estágio x genótipo, o grau de liberdade da interação foi decomposto para comprovar se a resistência do acesso UENF 1381 diferia quanto ao estágio de maturação. Contrariando o primeiro contraste, não houve significância nas variáveis, mostrando que nenhum genótipo teve reação semelhante ao acesso UENF 1381, independente do estágio de maturação dos frutos.

Tabela 3. Resumo da ANOVA com os quadrados médios de contrastes, médias, coeficientes de variação experimental e resíduo de seis características avaliadas em frutos de 55 acessos de *C. chinense*, incluindo o padrão de resistência do banco de germoplasma da UENF. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

FV	GL	QM ^{1/}					
		AACPD	PI	PL	VMC	DL7	PDL
Época	1	2444,4 ^{ns}	0,43 ^{ns}	20,90 ^{**}	0,17 ^{ns}	5,16 ^{ns}	999,6 ^{ns}
Estádio	1	519,3 ^{ns}	7,56 ^{ns}	79,82 ^{**}	0,90 ^{ns}	173,99 ^{**}	81,40 ^{ns}
Genótipo	55	8161,6 ^{**}	20,01 ^{**}	17,51 ^{**}	2,59 ^{**}	171,22 ^{**}	5349,70 ^{**}
1381 x chinense	1	102028,0 ^{**}	214,62 ^{**}	191,99 ^{**}	26,81 ^{**}	1984,49 ^{**}	59935,0 ^{**}
Genótipo	54	6423,0 ^{**}	16,41 ^{**}	14,28 ^{**}	2,14 ^{**}	137,65 ^{**}	4339,0 ^{**}
Época x Estádio	1	244,60 ^{ns}	0,29 ^{ns}	9,47 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,80 ^{ns}	128,40 ^{ns}
Época x Gen	55	889,70 ^{ns}	2,54 ^{ns}	2,71 ^{ns}	0,27 ^{ns}	18,01 ^{ns}	245,90 ^{ns}
Estádio x Gen	55	2328,40 ^{**}	6,78 ^{**}	3,91 ^{**}	0,70 ^{**}	54,80 ^{**}	577,70 ^{**}
1381 x chinense	1	184,0 ^{ns}	4,46 ^{ns}	7,75 ^{ns}	0,04 ^{ns}	12,70 ^{ns}	9,0 ^{ns}
Genótipo	54	2368,0 ^{**}	6,83 ^{**}	3,84 [*]	0,71 ^{**}	55,58 ^{**}	588,0 ^{**}
Ép x Est x Gen	55	853,0 ^{ns}	4,05 ^{ns}	2,59 ^{ns}	0,31 ^{ns}	21,73 ^{ns}	230,10 ^{ns}
Resíduo	896	895,0	4,12	2,52	0,32	20,89	303,70
Média		81,91	4,80	7,88	1,38	11,51	59,95
CV (%)		36,52	42,24	20,14	40,60	39,70	29,07

^{1/}AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença; PI = período de incubação; PL = período latente; VMC = velocidade média de crescimento da lesão; DL7 = diâmetro da lesão no sétimo dia após inoculação; PDL = percentual da lesão em relação à maior distância do fruto; ns = não significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; ** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, foi observada a formação de quatro grupos para as variáveis PI, PL e PDL e três grupos para as variáveis AACPD, VMC e DL7 em frutos imaturos. Para frutos maduros, a variável PDL formou quatro grupos, AACPD, PL e VMC formaram três grupos e as variáveis PI e DL7 formaram dois grupos.

Para a variável AACPD (figura 5), os frutos no estádio imaturo apresentaram médias mais baixas quando comparados ao estádio maduro. O acesso 2101 apresentou a maior suscetibilidade em frutos imaturos. Em contrapartida, o acesso UENF 1715 apresentou a menor média. Observando o acesso UENF 1381, percebe-se que os seus valores estão muito inferiores dentre os demais, confirmando os resultados obtidos por Bento et al. (2017).

O cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) tem como um dos objetivos no melhoramento, a avaliação da resistência de genótipos

aos patógenos causadores de doenças. Portanto, deseja-se que os genótipos registrem os menores valores para essa variável, pois sugere que a severidade da doença foi menor.

O PI corresponde ao tempo entre a inoculação do patógeno sobre o hospedeiro até o aparecimento dos sintomas da doença (Amorim e Bergamin Filho, 2006). Ao contrário da AACPD, nessa variável desejam-se genótipos com maiores valores.

Para o período de incubação (PI) (figura 6), 56% dos acessos mostraram valores mais elevados no estágio imaturo, mostrando maior resistência nesse estágio de maturação. O acesso UENF 1715 apresentou o maior valor de PI (~9 DAI), superando o padrão de resistência. Em contraste, o menor valor de PI (2 DAI) também foi observado em frutos imaturos, com o acesso UENF 2051, o que pode ser uma característica intrínseca a esse acesso.

Quanto ao período latente (PL), Amorim et al. (2011) descrevem-no como o intervalo entre a inoculação do patógeno sobre o hospedeiro até a sua esporulação. Quanto mais longo o período latente, possivelmente será maior a resistência da planta à colonização. PL é uma variável importante para confirmar o grau de resistência ou suscetibilidade de um hospedeiro.

Para a variável PL (figura 7), 71% dos acessos apresentaram maiores médias em frutos maduros. Porém, o maior valor foi observado para o acesso UENF 1715, no estágio imaturo, com exceção do acesso UENF 1381. Percebe-se que a reação difere entre os estádios de maturação dos frutos, levantando a hipótese de que algum(ns) fator(es) ligados à maturação atuam na resistência.

Para a variável VMC (velocidade média de crescimento das lesões), também são preferíveis os genótipos que apresentam os menores valores, em ambos os estádios de maturação. Logicamente, quanto menor a velocidade, mais lento será o desenvolvimento da doença e a esporulação do patógeno.

Quanto à variável VMC (figura 8), 51% dos acessos obtiveram maiores médias em frutos maduros. O acesso UENF 1715 apresentou a menor média no estágio imaturo e os acessos UENF 1762 e UENF 2134 para frutos maduros. Os acessos UENF 2036 e UENF 2101 apresentaram as maiores médias para frutos imaturos e maduros, respectivamente, sendo os mais suscetíveis.

Nota-se na variável DL7 (figura 9), que metade dos acessos tiveram maior suscetibilidade em frutos imaturos, assim como em frutos maduros, destacando o

acesso UENF 1715 que apresentou a menor média em frutos imaturos e o acesso UENF 1764 com menor média em frutos maduros. Frutos com menor diâmetro de lesão no sétimo dia após inoculação, sugerem que a severidade da doença e/ou a velocidade de crescimento da lesão foi menos intensa e, conseqüentemente, o fruto apresentou algum nível de resistência.

A variável que mediu a porcentagem da área doente no fruto (PDL) (figura 10) mostra que, novamente, metade dos acessos tiveram reações idênticas nos dois estádios de maturação.

Observando os resultados, percebe-se que a reação à antracnose tem variação nos diferentes estádios de maturação dos frutos, fato esse que pode ser observado nas variáveis PI e PL, onde o PI apresentou maiores médias no estágio imaturo, enquanto que o PL foi maior em frutos maduros. Dentre os acessos avaliados, o UENF 1715 destacou-se apenas no estágio imaturo, apresentando altos valores de PI e PL e baixa velocidade de crescimento da lesão (VMC). Contudo, seus resultados não superaram o padrão de resistência (UENF 1381). Portanto, a melhor fonte de resistência à antracnose da coleção de germoplasma da UENF até o presente momento continua sendo o acesso UENF 1381.

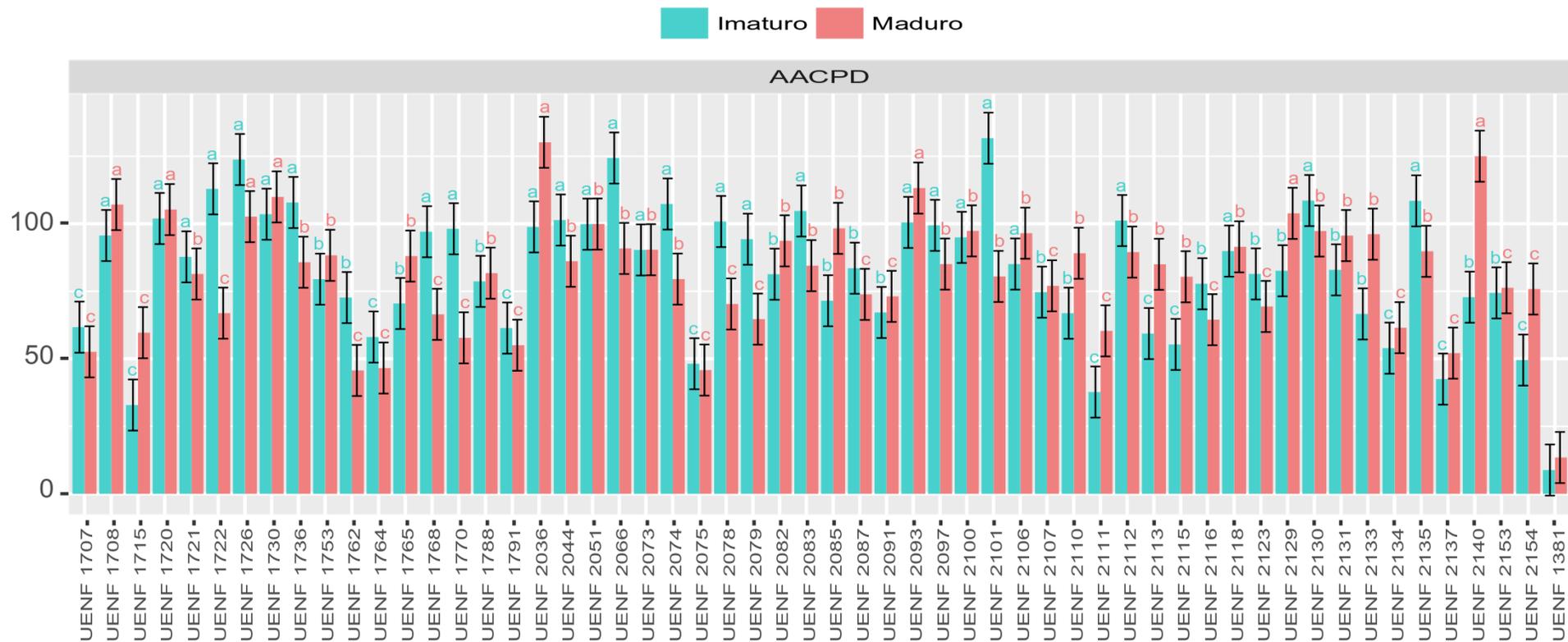


Figura 5. Médias da variável Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) quanto à reação ao *Colletotrichum gloeosporioides*, avaliadas em frutos imaturos e maduros, em 55 acessos de *C. chinense* do banco de germoplasma da UENF, seguidas pelo agrupamento entre médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

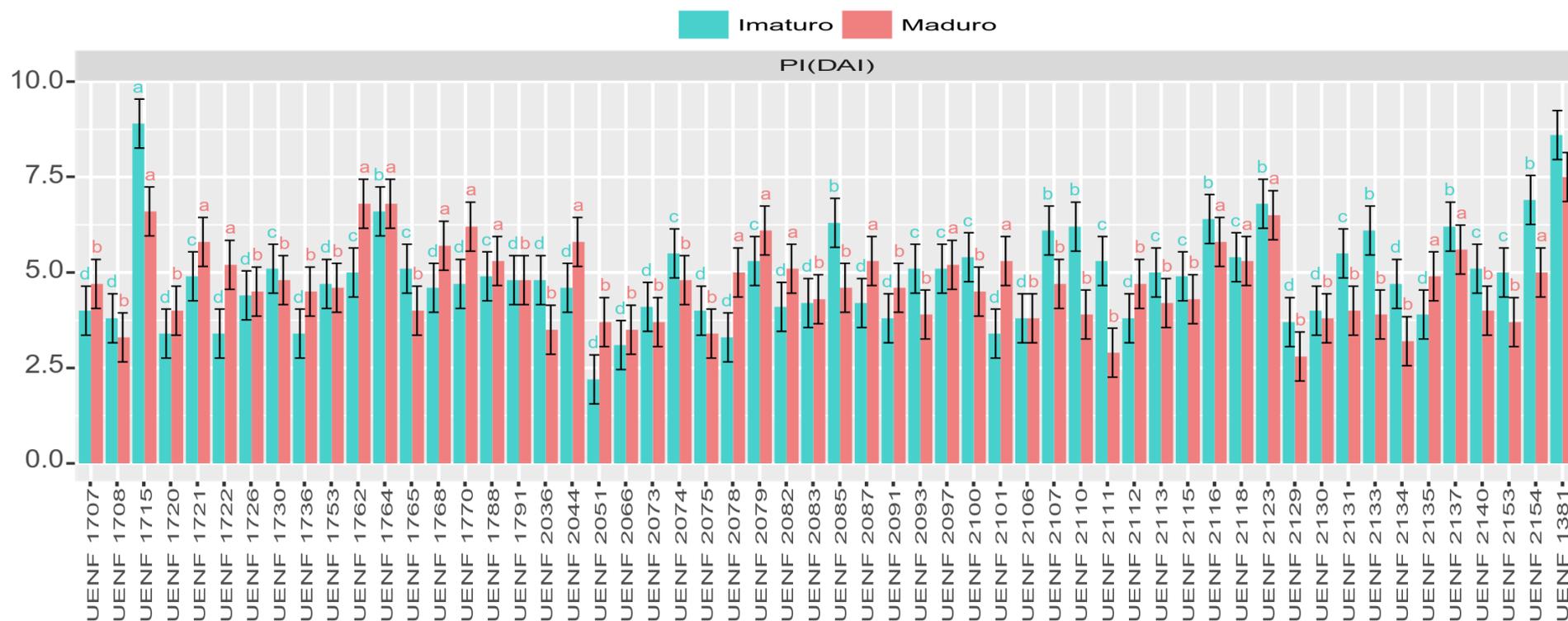


Figura 6. Médias da variável período de incubação (PI) quanto à reação ao *Colletotrichum gloeosporioides*, avaliadas em frutos imaturos e maduros, em 55 acessos de *C. chinense* do banco de germoplasma da UENF, seguidas pelo agrupamento entre médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

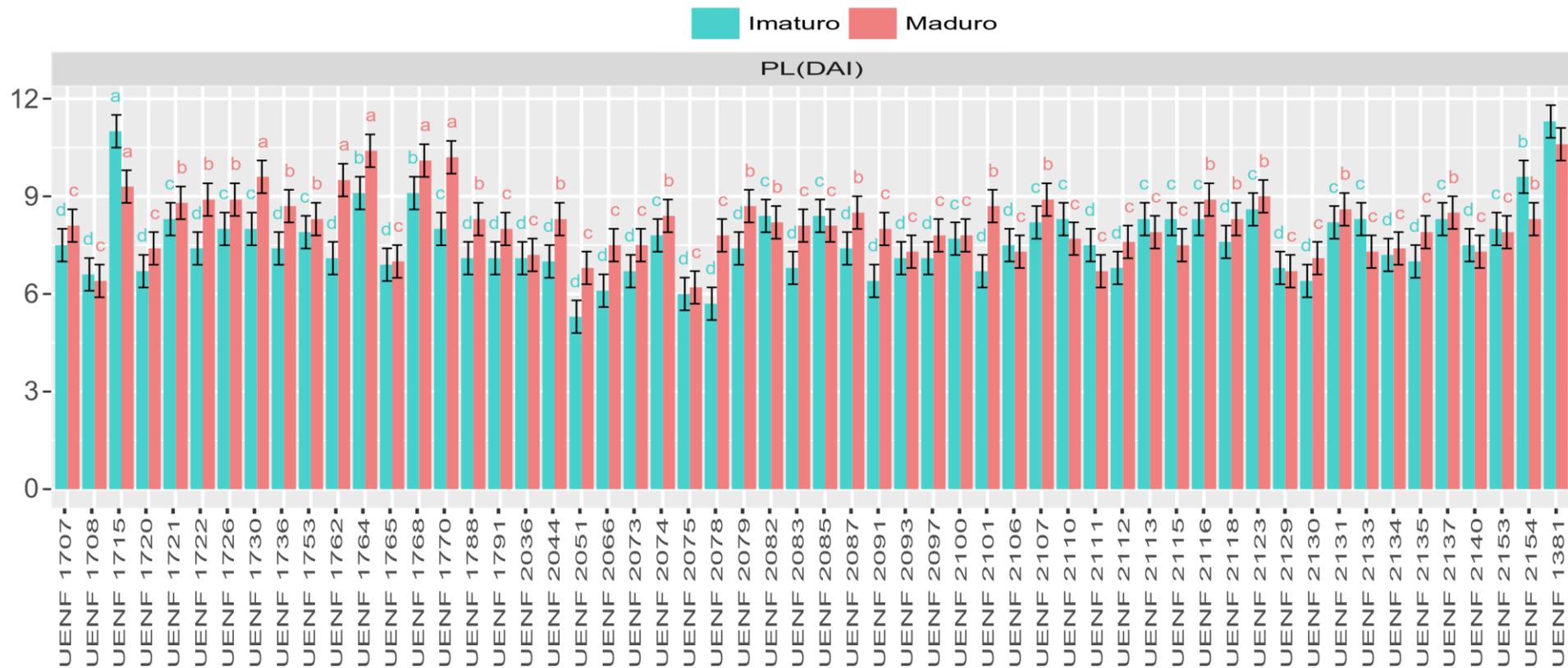


Figura 7. Médias da variável período latente (PL) quanto à reação ao *Colletotrichum gloeosporioides*, avaliadas em frutos imaturos e maduros, em 55 acessos de *C. chinense* do banco de germoplasma da UENF, seguidas pelo agrupamento entre médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

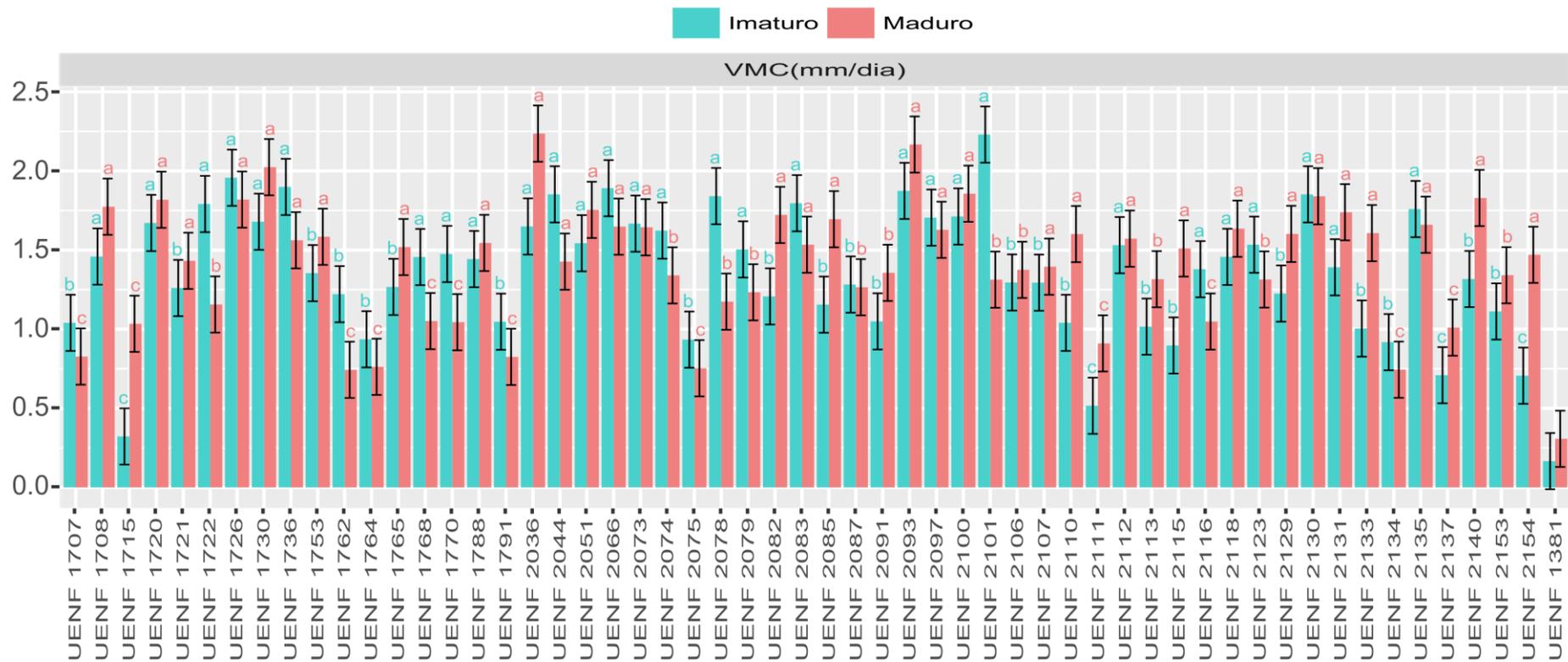


Figura 8. Médias da variável velocidade média de crescimento da lesão (VMC) quanto à reação ao *Colletotrichum gloeosporioides*, avaliadas em frutos imaturos e maduros, em 55 acessos de *C. chinense* do banco de germoplasma da UENF, seguidas pelo agrupamento entre médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

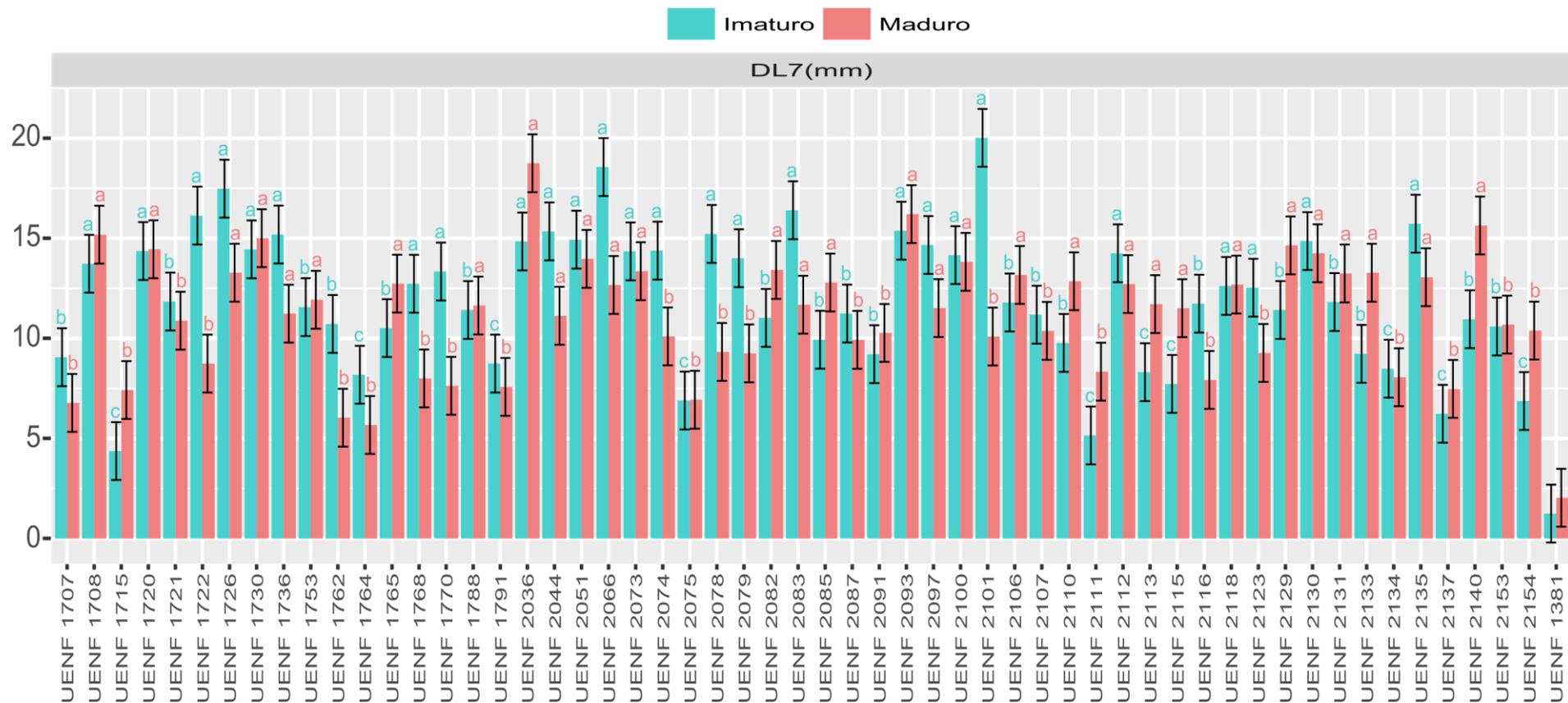


Figura 9. Médias da variável diâmetro da lesão ao sétimo dia após inoculação (DL7) quanto à reação ao *Colletotrichum gloeosporioides*, avaliadas em frutos imaturos e maduros, em 55 acessos de *C. chinense* do banco de germoplasma da UENF, seguidas pelo agrupamento entre médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

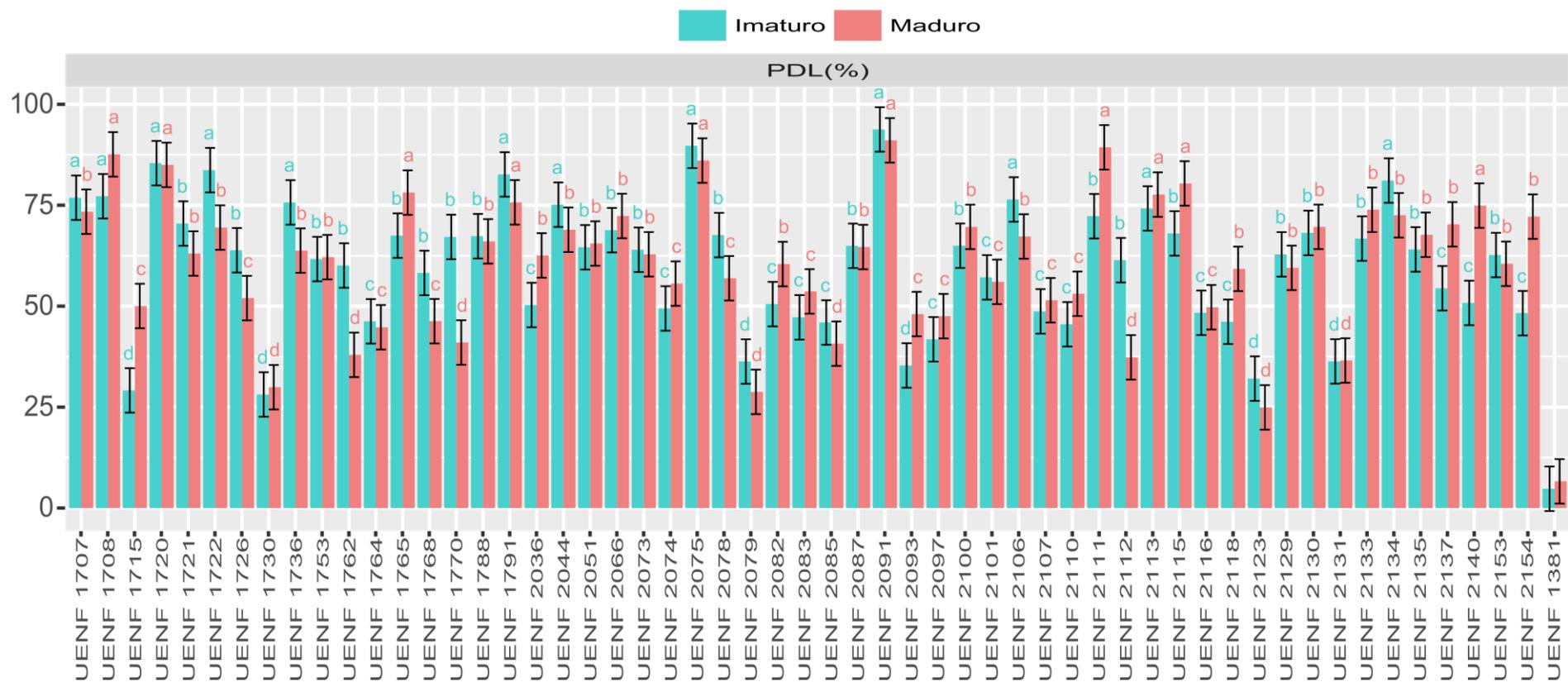


Figura 10. Médias da variável percentual da lesão em relação à área do fruto (PDL) quanto à reação ao *Colletotrichum gloeosporioides*, avaliadas em frutos imaturos e maduros, em 55 acessos de *C. chinense* do banco de germoplasma da UENF, seguidas pelo agrupamento entre médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

5.2. Incidência de doença

O acesso UENF 1715 foi classificado como resistente moderado para o estágio imaturo, apresentando 26,9% de incidência da doença em seus frutos inoculados (Tabelas 4 e 5). Porém, foi classificado como suscetível em frutos maduros (Figura 11). Apenas o padrão de resistência foi classificado como resistente no estágio imaturo.

Nenhum acesso foi classificado nas classes AR e R no estágio maduro. Na classe M (resistência moderada), apenas o acesso UENF 1381 foi alocado nessa classe. Os acessos UENF 1764, UENF 2116 e UENF 2123, apresentaram reações semelhantes, sendo classificados como suscetíveis em ambos os estágios de maturação.

Os acessos UENF 2082, UENF 2085, UENF 2110, UENF 2111, UENF 2113 e UENF 2137 foram classificados como suscetíveis para frutos imaturos e altamente suscetíveis quando em frutos maduros. Também tiveram casos em que os acessos (UENF 1762, UENF 1768, UENF 1770, UENF 2079 e UENF 2101) foram suscetíveis para frutos maduros e altamente suscetíveis para frutos imaturos. No total, 40 acessos foram altamente suscetíveis e três acessos foram suscetíveis em frutos imaturos e maduros. Treze acessos apresentaram reações diferentes entre frutos imaturos e maduros, sendo classificados em diferentes níveis de resistência na escala de incidência.

Observando os resultados de todas as variáveis, o acesso UENF 1715 apresentou bom desempenho perante o conjunto de acessos avaliados, com valores altos de PI e PL (8,9 e 11,00 DAI, respectivamente). Apesar disso, o padrão de resistência não foi superado, continuando como a melhor fonte de resistência à antracnose da coleção de *Capsicum* spp., da UENF.

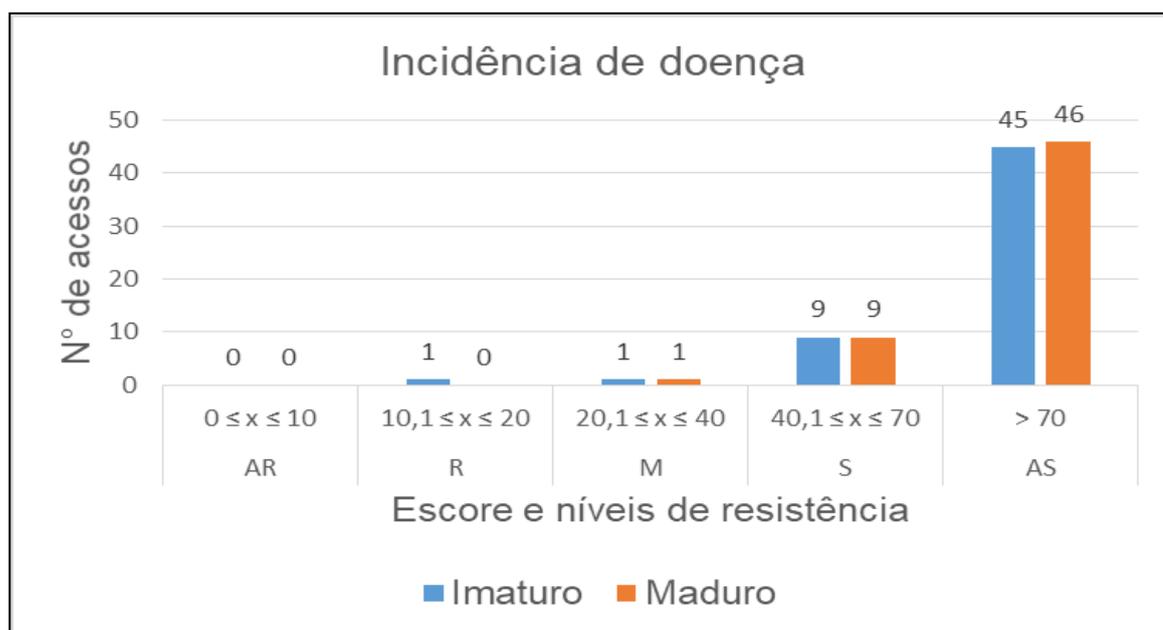


Figura 11. Número de acessos por escore e níveis de resistência, de acordo com o cálculo de incidência da doença para frutos imaturos e maduros. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

Tabela 4. Percentual de incidência de antracnose em frutos imaturos de 55 acessos de *Capsicum chinense*. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

Acessos	Incidência da doença (%)		
	Imaturo	Imaturo	
UENF 1707	80,0	UENF 2085	56,5
UENF 1708	86,5	UENF 2087	86,7
UENF 1715	26,9	UENF 2091	93,0
UENF 1720	89,9	UENF 2093	79,9
UENF 1721	86,7	UENF 2097	83,4
UENF 1722	96,5	UENF 2100	76,7
UENF 1726	86,7	UENF 2101	96,5
UENF 1730	83,4	UENF 2106	96,5
UENF 1736	96,5	UENF 2107	73,4
UENF 1753	79,9	UENF 2110	66,5
UENF 1762	80,0	UENF 2111	66,7
UENF 1764	63,4	UENF 2112	93,0
UENF 1765	80,0	UENF 2113	66,7
UENF 1768	83,4	UENF 2115	86,5
UENF 1770	79,9	UENF 2116	66,7
UENF 1788	76,7	UENF 2118	73,0
UENF 1791	83,4	UENF 2123	66,7
UENF 2036	86,7	UENF 2129	80,0
UENF 2044	89,9	UENF 2130	100,0
UENF 2051	100,0	UENF 2131	76,7
UENF 2066	93,0	UENF 2133	76,5
UENF 2073	93,0	UENF 2134	96,5

Tabela 4 – Cont.

Acessos	Incidência da doença (%)		
	Imaturo	Acessos	Imaturo
UENF 2074	73,4	UENF 2135	100,0
UENF 2075	100,0	UENF 2137	69,9
UENF 2078	100,0	UENF 2140	80,0
UENF 2079	73,4	UENF 2153	79,9
UENF 2082	66,7	UENF 2154	83,0
UENF 2083	83,0	UENF 1381	13,0

Tabela 5. Percentual de incidência de antracnose em frutos maduros de 55 acessos de *Capsicum chinense*. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

Acessos	Incidência da doença (%)		
	Maduro	Acessos	Maduro
UENF 1707	76,7	UENF 2085	86,5
UENF 1708	93,4	UENF 2087	76,5
UENF 1715	70,0	UENF 2091	89,9
UENF 1720	93,4	UENF 2093	93,4
UENF 1721	73,4	UENF 2097	86,7
UENF 1722	73,0	UENF 2100	96,5
UENF 1726	83,4	UENF 2101	66,5
UENF 1730	86,5	UENF 2106	93,4
UENF 1736	89,9	UENF 2107	79,9
UENF 1753	86,5	UENF 2110	96,5
UENF 1762	50,0	UENF 2111	93,0
UENF 1764	49,9	UENF 2112	83,4
UENF 1765	96,5	UENF 2113	76,7
UENF 1768	63,4	UENF 2115	96,5
UENF 1770	66,5	UENF 2116	63,0
UENF 1788	80,0	UENF 2118	83,4
UENF 1791	83,0	UENF 2123	69,9
UENF 2036	96,5	UENF 2129	100,0
UENF 2044	83,4	UENF 2130	100,0
UENF 2051	100,0	UENF 2131	96,5
UENF 2066	100,0	UENF 2133	93,4
UENF 2073	86,5	UENF 2134	76,7
UENF 2074	79,9	UENF 2135	83,4
UENF 2075	100,0	UENF 2137	76,5
UENF 2078	79,9	UENF 2140	100,0
UENF 2079	66,5	UENF 2153	93,4
UENF 2082	83,0	UENF 2154	93,4
UENF 2083	76,5	UENF 1381	26,7

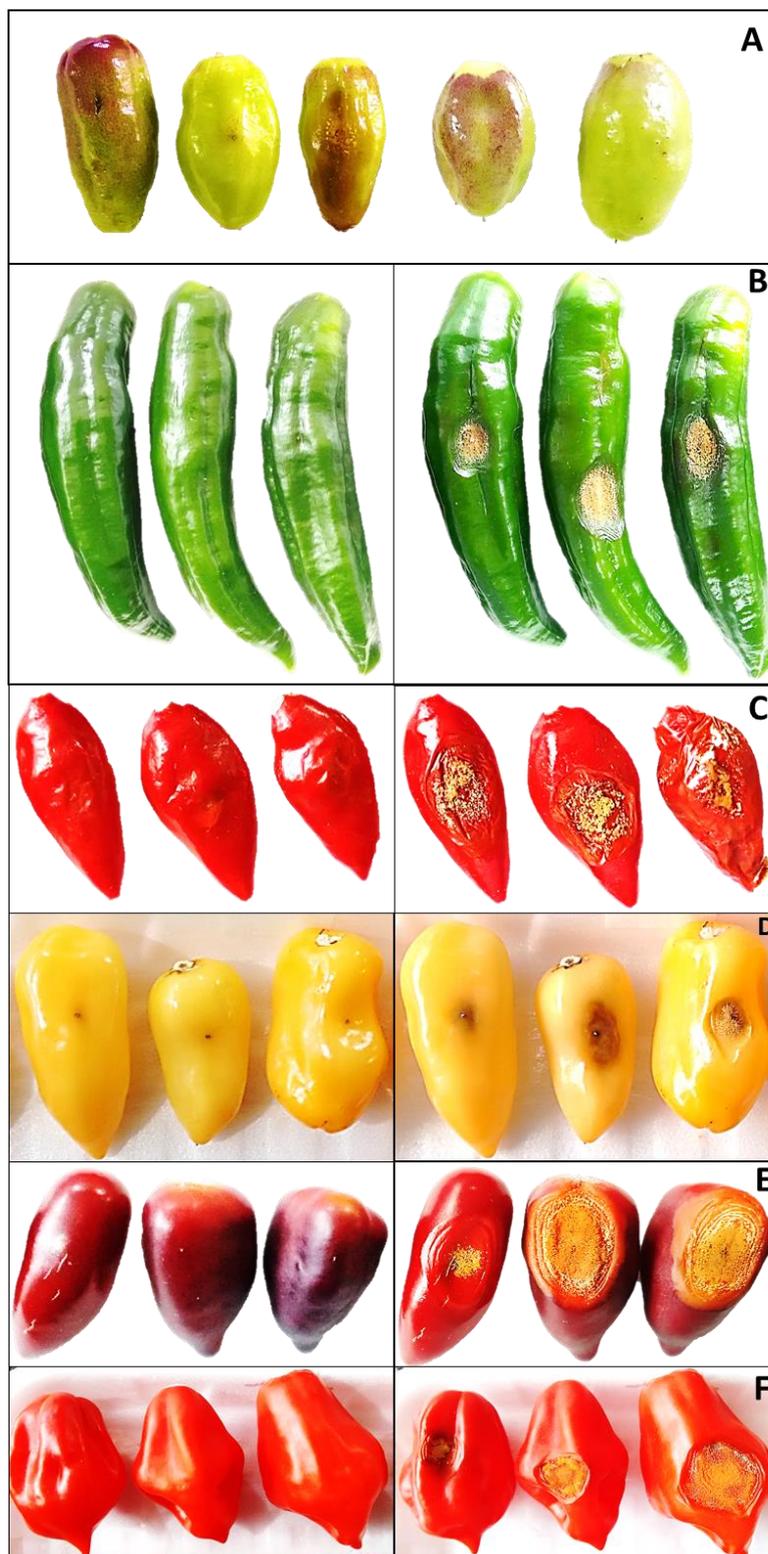


Figura 12. Frutos dos acessos inoculados com o *Coletotrichum gloeosporioides* aos três Dias Após a Inoculação (DAI) (esquerda) e aos sete DAI (direita). **A** – UENF 1715; **B** – UENF 1730; **C** – UENF 2134; **D** – UENF 2115; **E** – UENF 2044; **F** – UENF 2135. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

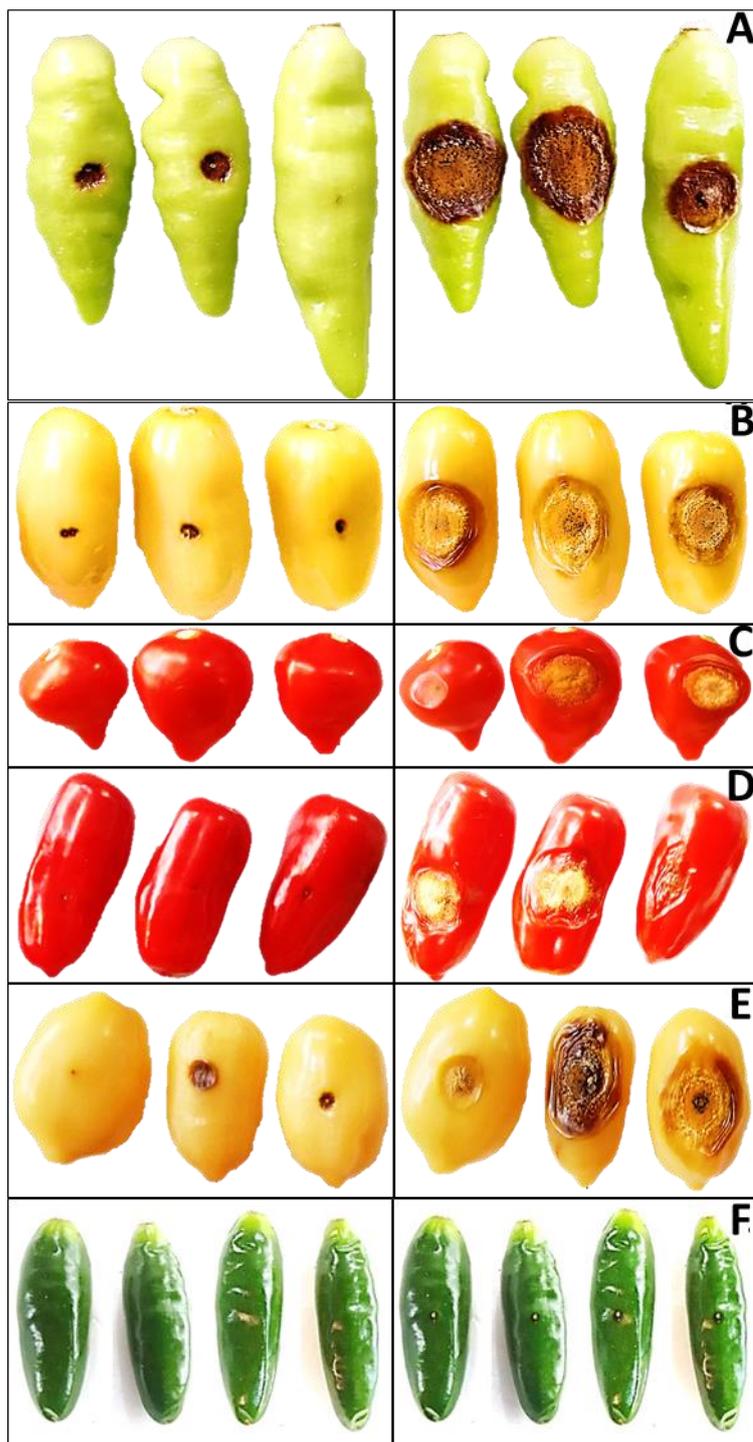


Figura 13. Frutos dos acessos inoculados com o *C. gloeosporioides* aos três dias após a inoculação – DAI (esquerda) e aos sete DAI (direita). **A** – UENF 2079; **B** – UENF 2116; **C** – UENF 2154; **D** – UENF 1788; **E** – UENF 2074; **F** – UENF 1381 (padrão de resistência). UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

5.3. Correlação de Pearson

Por meio da correlação de Pearson, verificou-se a correlação entre as variáveis nos diferentes estádios de maturação. Os resultados variaram de -0,68 a 0,99 (Tabela 6).

Foi observada uma correlação moderada para AACPD (0,56), mostrando que existe relação entre os estádios de maturação para essa variável. Silva et al. (2014), avaliando a reação de acessos de *Capsicum* spp. ao *C. gloeosporioides*, encontraram correlação de 0,52 para AACPD entre frutos imaturos e maduros.

Contudo, as variáveis PI e PL apresentaram correlações negativas com AACPD e todas as outras variáveis. Em contrapartida, as variáveis VMC e DL7 apresentaram os maiores valores de correlação com AACPD (0,98 e 0,99 respectivamente).

Houve alta correlação entre PI e PL (0,85 e 0,86). A variável PI nos frutos imaturos apresentou correlação negativa com VMC e DL7 no estágio maduro (-0,48 e -0,63 respectivamente), assim, como ocorreu, também, para a variável PL nos frutos imaturos, obtendo valores negativos com VMC e DL7 em frutos maduros, de -0,41 e -0,57, respectivamente.

Observando a tabela 10, nota-se que a correlação entre a mesma variável em ambos os estádios de maturação apresenta valores moderados e positivos (0,5 a 0,64), com exceção da característica PDL, com valor de 0,81, porém, todas altamente significativas.

Tabela 6. Correlação de Pearson entre seis componentes de resistência, avaliados em frutos imaturos e maduros de 55 acessos de *C. chinense* da coleção de germoplasma da UENF. UENF, Campos dos Goytacazes, 2018.

M \ I	AACPD	PI	PL	VMC	DL7	PDL
AACPD	0,56**	-0,65**	-0,56**	0,97**	0,99**	0,16 ^{ns}
PI	-0,59**	0,5**	0,85**	-0,62**	-0,64**	-0,68**
PL	-0,50**	0,86**	0,64**	-0,6**	-0,59**	-0,60**
VMC	0,95**	-0,48**	-0,41**	0,58**	0,98**	0,15 ^{ns}
DL7	0,98**	-0,63**	-0,57**	0,96**	0,52**	0,14 ^{ns}
PDL	0,22 ^{ns}	-0,61**	-0,68**	0,13 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,81**

M = frutos maduros; I = frutos imaturos; AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença; PI = período de incubação; PL = período latente; VMC = velocidade média de crescimento; DL7 = diâmetro da lesão no sétimo dia após inoculação; PDL = percentual da lesão em relação à maior distância do fruto; ** e * = significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade.

5.4. Análise de componentes principais - PCA

Os dados da avaliação de reação dos acessos à antracnose foram tratados por uma análise de componentes principais (figuras 14 e 15). A primeira (PC1) e segunda (PC2) componentes principais feitas para frutos imaturos (figura 8), explicam 92,85% da variação total. Cada variável formou um vetor, que está representado por setas na cor vermelha. O padrão de resistência (UENF 1381) foi representado com a cor azul.

A análise de PCA está dividida em quatro quadrantes. Observando o quadrante localizado no canto superior esquerdo, há a presença dos vetores PI e PL, mostrando que essas duas variáveis foram as que melhor separaram os acessos presentes nesse quadrante, onde foram agrupados o padrão de resistência (UENF 1381) e mais 11 acessos: UENF 1715, UENF 1764, UENF 2082, UENF 2085, UENF 2107, UENF 2110, UENF 2116, UENF 2123, UENF 2131, UENF 2140 e UENF 2154.

Nota-se, que o acesso UENF 1715 foi o acesso que ficou mais próximo do padrão de resistência. Comparando as médias de PI e PL dos dois acessos, não há diferença, pois os dois obtiveram valores de 9,0 e 11,0 DAI, respectivamente. No entanto, as diferenças foram maiores para outras variáveis, como a AACPD, sendo que o padrão obteve resultados inferiores. Portanto, os acessos desse grupo, apresentaram os maiores valores de PI e PL, com variação de 5,1 (UENF 2140) a 9,0 DAI (UENF 1381) e de 7,5 (UENF 2140) a 11,0 DAI (UENF 1381), respectivamente, com valores baixos e intermediários de AACPD, VMC, DL7 e PDL, ou seja, são os acessos que apresentaram um nível de resistência maior que os demais.

No quadrante onde se encontram os vetores AACPD, VMC e DL7, foram agrupados 17 acessos. Ao contrário do grupo anterior, os acessos desse agrupamento foram suscetíveis, apresentando altos valores de AACPD (89,90 – UENF 2118, a 124,35 – UENF 2066), VMC variando de 1,46 mm/dia (UENF 2118) a 2,23 mm/dia (UENF 2101) e DL7 entre 12,62 mm e 20,02 mm. Esses altos valores fizeram com que houvesse a distinção desse grupo e os demais acessos avaliados.

Para o vetor PDL, foram agrupados 12 acessos. Essa variável que mostra o percentual do diâmetro da lesão em relação à maior distância do fruto, teve

variação de 61,39% (UENF 2112) a 85,41% (UENF 1720), ou seja, os frutos desses acessos apresentaram lesões em mais de 50% da área inoculada.

O último grupo foi formado por 15 acessos. Nesse agrupamento, ficaram todos os acessos com valores intermediários para todas as variáveis. Houve variação de 37,69 a 87,75 para AACPD, 3,8 DAI a 6,2 DAI para PI, 6,0 DAI a 8,3 DAI para PL, 0,71 mm/dia a 1,35 mm/dia para VMC, 5,15 mm a 11,84 mm para DL7 e por fim, 54,43% a 93,79% para PDL.

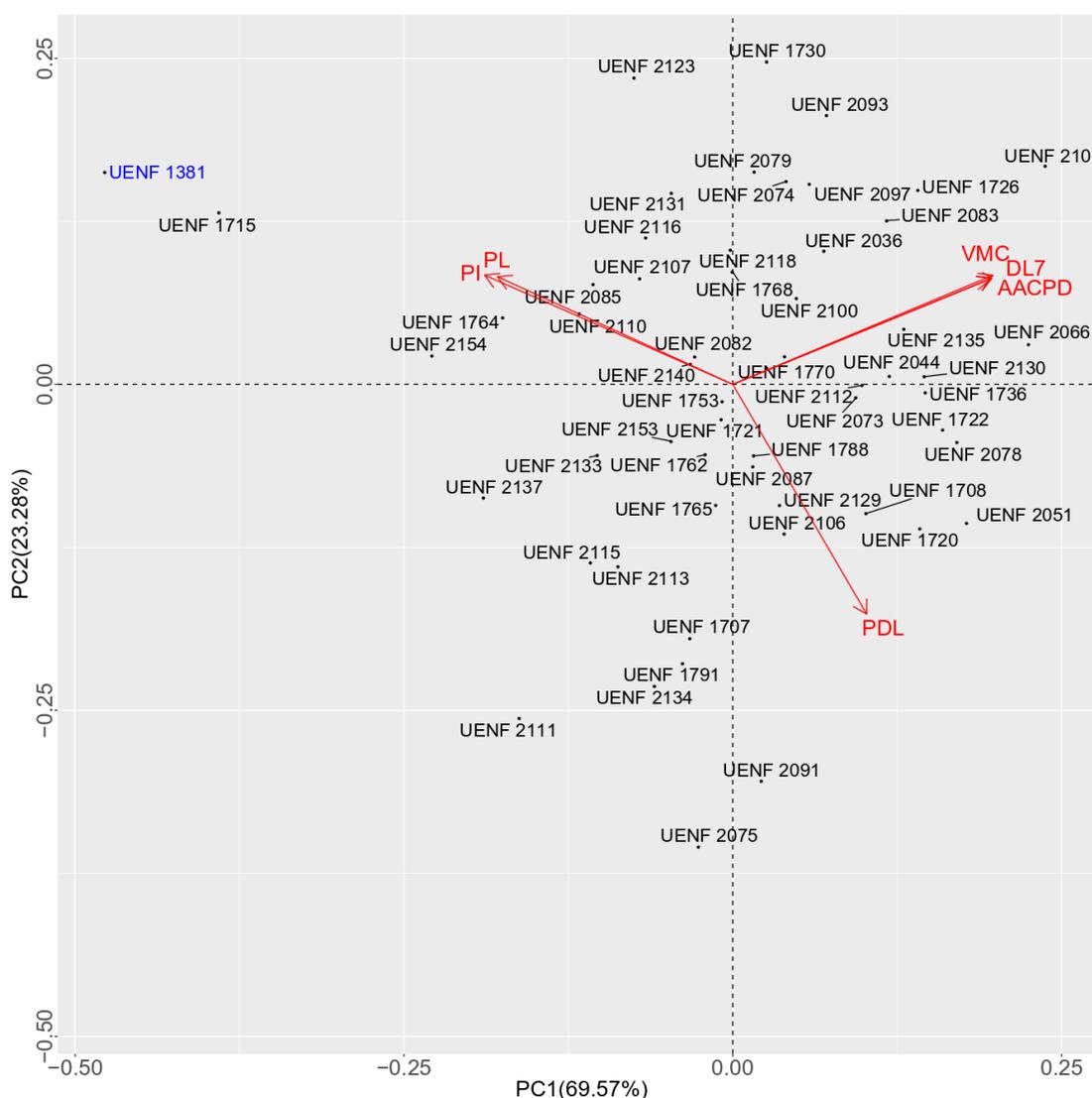


Figura 14. Análise de componentes principais (PCA) em frutos imaturos, realizada a partir da matriz de correlações entre as variáveis: AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença; PI = período de incubação; PL = período latente; VMC = velocidade média de crescimento da lesão; DL7 = diâmetro da lesão ao sétimo dia após inoculação; PDL = percentual do diâmetro da lesão em relação a maior distância do fruto.

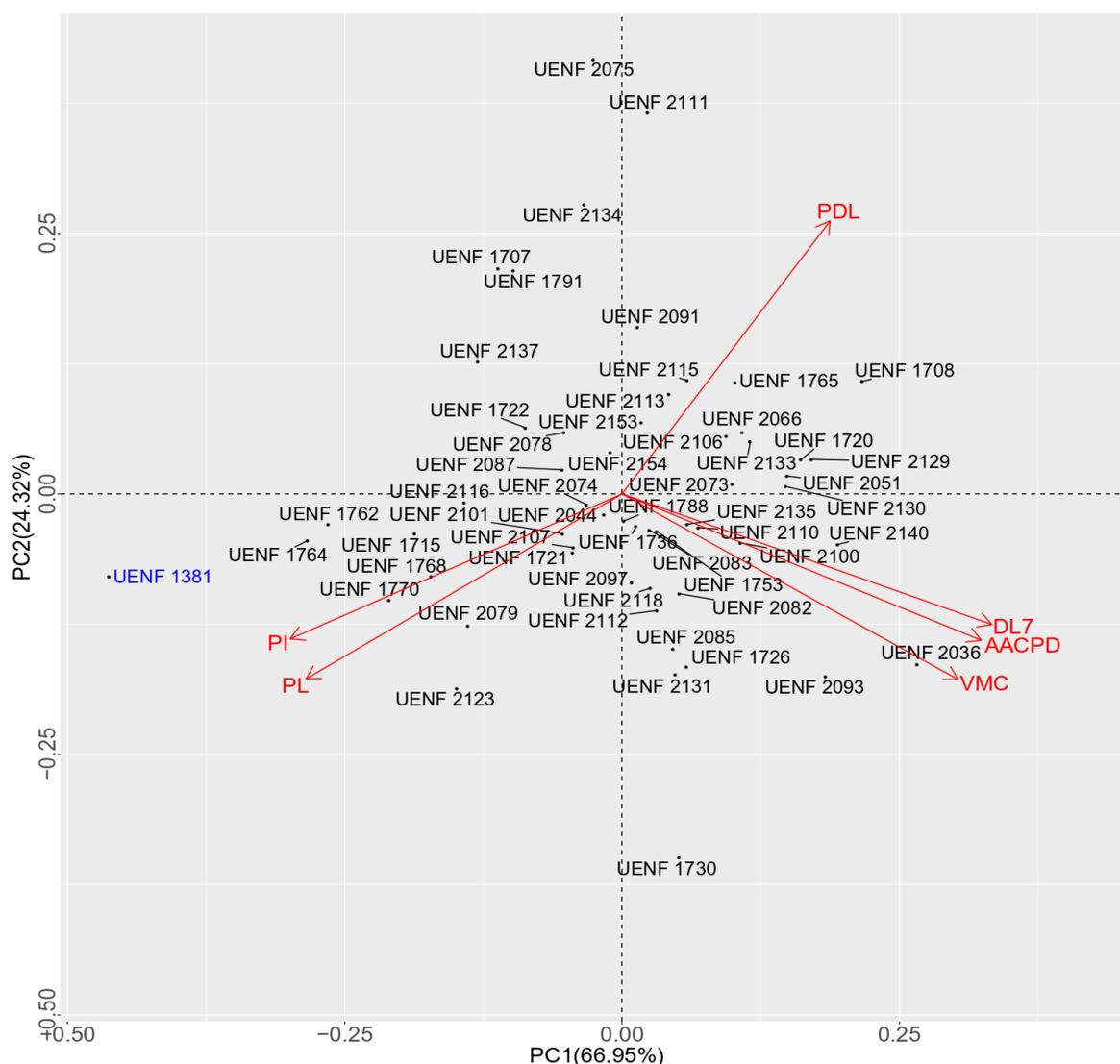


Figura 15. Análise de componentes principais (PCA) em frutos maduros, realizada a partir da matriz de correlações entre as variáveis: AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença; PI = período de incubação; PL = período latente; VMC = velocidade média de crescimento da lesão; DL7 = diâmetro da lesão ao sétimo dia após inoculação; PDL = percentual do diâmetro da lesão em relação à maior distância do fruto.

A análise de PCA para os frutos no estágio maduro, com os vetores: AACPD, PI, PL, VMC, DL7 e PDL, mostrou que a soma dos dois componentes principais (PC1 + PC2), explicam 91,27% da variação total (Figura 15).

Percebe-se novamente que o acesso UENF 1381 (padrão de resistência), ficou afastado dos demais, sendo representado pelos vetores PI e PL. Como podemos ver, o acesso UENF 1715, que ficou próximo ao padrão no estágio imaturo, apresentou reação de suscetibilidade nos frutos maduros, porém, ficou agrupado no mesmo quadrante juntamente com o UENF 1381.

Catorze acessos formaram o grupo dos vetores PI e PL, incluindo o padrão de resistência. Os acessos que ficam próximos no plano, indicam que tiveram reação semelhante e apresentaram médias semelhantes. Nesse caso, o acesso UENF 1764 ficou mais próximo ao padrão de resistência. Como exemplo, temos os acessos UENF 1721 e o UENF 2107, que apresentaram PL de 8,8 DAI e 8,9 DAI respectivamente. O acesso UENF 1764 obteve PL de 10,4 DAI e o UENF 1381 de 11,0 DAI. No geral, a variação de PI foi de 4,7 DAI a 9,0 DAI e o PL de 8,4 DAI a 11,0 DAI.

O grupo composto pelos vetores AACPD, VMC e DL7, foi composto por 18 acessos. Assim como na análise para frutos imaturos, nesse grupo estão os acessos suscetíveis, que apresentaram altos valores de AACPD, com variação de 81,73 a 130,17, valores de VMC entre 1,53 mm/dia a 2,24 mm/dia e DL7 com variação de 11,24 mm a 18,75 mm.

O grupo formado pelo vetor PDL, foi composto por 15 acessos. Todos os acessos presentes nesse agrupamento, apresentaram percentual de lesão superior a 50% da maior distância do fruto. A variação foi de 59,50% a 91,06%.

O último grupo foi formado por acessos que obtiveram valores moderados para todas as variáveis. Estão nesse grupo, os acessos: UENF 1707, UENF 1722, UENF 1791, UENF 2075, UENF 2078, UENF 2087, UENF 2134 e UENF 2154, totalizando nove acessos.

6. DISCUSSÃO

A espécie avaliada nesse trabalho, *C. chinense*, é conhecida por conter genes que conferem resistência à antracnose, porém, Park et al. (2009) sugerem que a espécie *C. baccatum* possui maiores níveis de resistência quando comparadas com outras espécies do gênero. No entanto, quando se deseja transferir essa resistência para *C. annuum* (espécie representada principalmente pelo pimentão), poucas são as chances de se obter sucesso, pois *C. baccatum* é considerada uma espécie de um *pool* gênico diferente. Portanto, de acordo com Mahasuk et al. (2009), acessos de *C. chinense* são mais utilizados em programas de melhoramento que visem o desenvolvimento de plantas de *C. annuum* resistentes à antracnose, por ser mais fácil a realização de cruzamentos viáveis entre essas duas espécies.

O controle genético da resistência é diferente em ambos os estádios de maturação. Nesse estudo, os frutos imaturos apresentaram um maior nível de resistência quando comparados aos frutos maduros. Pode-se tomar como exemplo o acesso UENF 1715, que apresentou uma resistência moderada em frutos imaturos, porém, suscetibilidade nos frutos maduros.

Pakdeevaporn et al. (2005) e Mahasuk et al. (2009a e 2009b), realizaram um estudo que comprova a atuação de diferentes genes controlando a resistência à antracnose em frutos imaturos e maduros. Mongkolporn et al. (2011) observaram reações diferenciais influenciadas pelo estágio de maturação dos frutos de *Capsicum* spp. inoculados com diferentes espécies de *Colletotrichum*.

Silva et al. (2014) avaliando acessos de *Capsicum* spp. em interação com o *C. gloeosporioides*, observaram que 10 acessos não apresentaram sintomas em frutos imaturos, enquanto que, apenas seis não apresentaram sintomas em frutos maduros. Em contraposição, Kanchana-Udomkan et al. (2004) verificaram que frutos imaturos de *C. chinense* foram mais suscetíveis à antracnose causada por *C. gloeosporioides* quando comparados aos frutos maduros.

Sun et al. (2015) identificaram a presença de QTL's responsáveis por conferir resistência à antracnose em ambos os estádios de maturação dos frutos, sendo um de efeito maior no cromossomo 5. Contudo, QTL's menores foram identificados apenas em frutos imaturos, sugerindo maior resistência nesse estágio do que quando em frutos maduros.

Outro ponto de grande relevância na resistência à doenças em plantas, principalmente *Capsicum*, é a presença dos compostos fenólicos. Mikulic-petkovsek et al. (2013) e Castro-Concha et al. (2014) identificaram em seus estudos, maiores concentrações de compostos fenólicos em frutos imaturos, ou seja, maior auxílio na defesa ou resistência ao ataque de fungos nesse estágio de maturação.

Silva et al. (2018) realizaram um estudo utilizando cromatografia à gás acoplada à espectrometria de massas, a fim de se determinar compostos orgânicos presentes em frutos imaturos do acesso UENF 1715. Neste trabalho, foram detectados o n-hexacosano, n-heptacosano e lupeol. O lupeol tem propriedade anti-inflamatória (Bhandari et al., 2014), atividade contra o *Trypanosoma brucei* (Hoet et al., 2007) e *Plasmodium falciparum* (Prado-Prado et al., 2010).

Os capsaicinoides, responsáveis por provocar a sensação de ardência nas pimentas, apresentam atividade antimicrobiana (Tewksbury et al., 2008; Veloso et al., 2014). Os acessos UENF 1715 e o UENF 1381 (padrão de resistência), são pungentes, sugerindo que suas resistências podem ser influenciadas também pela presença de capsaicina.

O etileno, além de ser o hormônio que atua no amadurecimento dos frutos, também é um sinalizador para os fungos fitopatogênicos, incluindo o *C. gloeosporioides*, fazendo com que haja o início da formação de hifas e se dê início ao processo de colonização do fruto só quando este amadurece (Kolattukudy et al., 1995; Alkan et al., 2015). Essa informação sugere uma

hipótese para explicar a resistência moderada do acesso UENF 1715 no estágio imaturo. O mesmo ocorre com o padrão de resistência, pois, foi resistente em fruto imaturo e moderadamente resistente em fruto maduro.

Os maiores valores de AACPD e conseqüentemente, os menores valores de PI e PL, foram observados nos frutos maduros, corroborando os resultados obtidos por Bosland e Votava (2012). O nível de resistência está diretamente ligado aos períodos de incubação e latência do patógeno, sendo que, quanto maior a resistência, maiores serão os valores desses períodos. Portanto, baixos níveis de resistência facilitam a penetração do patógeno na epiderme do fruto (Edirisinghe et al., 2014). Quanto mais longo o período de incubação, mais tempo se leva ao aparecimento dos sintomas, e economicamente falando, tem-se um maior tempo do fruto no campo e uma maior vida útil pós-colheita.

Os valores de velocidade média de crescimento (VMC) foram menores em frutos imaturos. Acessos que apresentam resistência ao crescimento e desenvolvimento do patógeno, conseqüentemente, irão retardar o estabelecimento do patógeno sobre os frutos. Vários mecanismos de defesa contra patógenos podem ser ativados nas plantas, incluindo a presença ou produção de compostos e metabólitos que inibam a colonização do fungo (Weber et al., 2015; Abhayashree et al., 2016).

A incidência de doença é um estimador bastante utilizado para diferenciar genótipos de acordo com suas reações à antracnose (Yoon, 2003; Kim et al., 2008; Syukur et al., 2013; Sun et al., 2015). Verificou-se nesse trabalho, um número equiparado entre os acessos, ou seja, a quantidade de genótipos suscetíveis foi praticamente a mesma em ambos os estádios, não ocorrendo a ausência total ou incidência nula da doença.

Observou-se nos resultados que alguns acessos apresentaram suscetibilidade em frutos maduros e alta suscetibilidade em frutos imaturos. Existe uma proteína chamada *pepper esterase* (PepEST) que foi encontrada em frutos maduros de pimentão. Essa proteína vem sendo estudada e os resultados mostram sua ação efetiva contra fungos fitopatogênicos, pois impede a formação e desenvolvimento de hifas nas camadas de células dos frutos (Kim et al., 2001; Ko et al., 2005; Ko et al., 2016; Seo et al., 2017). Com isso, surge mais uma hipótese para se entender os mecanismos de defesa e a interação entre *Capsicum* e o *Colletotrichum*.

A estimativa da correlação nos mostra a relação linear entre duas características. Observou-se nesse estudo, correlação forte e positiva entre as variáveis AACPD, VMC e DL7, nos diferentes estádios de maturação, como também houve a presença de correlação forte no sentido negativo entre as variáveis PI e PL com a AACPD entre frutos imaturos e maduros. Silva et al. (2014), encontraram correlação positiva entre AACPD de frutos imaturos e frutos maduros, sugerindo que, mesmo com genes diferentes controlando a resistência nos dois estádios de maturação, o fruto com resistência quando verde, possivelmente terá algum nível de resistência em frutos maduros.

Características que são correlacionadas positivamente permitem a possibilidade de se excluir uma ou outra da avaliação, a fim de se economizar tempo nas avaliações e interpretação dos resultados. Por exemplo, se a AACPD tem correlação alta e positiva com DL7, pode-se abrir mão de analisar a variável de menor importância, sem prejuízo para a interpretação da reação de resistência.

Os resultados apresentados nesse estudo evidenciam a importância de se avaliar germoplasma de *Capsicum* em diferentes estádios de maturação dos frutos, tendo em vista que, o controle genético difere em ambos os estádios, podendo haver discrepância na reação à antracnose em frutos imaturos e maduros.

A avaliação do banco de germoplasma de *Capsicum chinense* da UENF quanto a reação à antracnose, completa uma etapa importante para o conhecimento das potencialidades dos acessos conservados para o programa de melhoramento de *Capsicum* da instituição. Os resultados aqui descritos deverão compor os dados sobre os acessos disponibilizados no Portal Alelo®, que é uma plataforma eletrônica de serviços e gestão de dados e informações de pesquisa com Recursos Genéticos da Embrapa, da qual a UENF é signatária.

7. CONCLUSÕES

- Todos os acessos apresentaram sintomas da antracnose. A maioria dos acessos apresentaram suscetibilidade tanto em frutos imaturos, quanto em frutos maduros;
- Os frutos no estágio imaturo se mostraram mais resistentes que os frutos quando maduros, apresentando menores médias de AACPD, PI e PL;
- Dentre as variáveis utilizadas, a AACPD, PI e PL são indispensáveis na avaliação de genótipos quanto à resistência à antracnose, pois foram eficientes na discriminação dos acessos;
- O acesso UENF 1715 apresentou bons níveis de resistência no estágio imaturo, porém, foi suscetível quando maduro, e além do mais, não superou o padrão de resistência em ambos os estádios de maturação. Portanto, o acesso UENF 1381 continua sendo a melhor fonte de resistência à antracnose da coleção de *Capsicum* da UENF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abhayashree, M. S., Murali, M., Amruthesh, K. N. (2016) Abiotic elicitors mediated resistance and enhanced defense related enzymes in *Capsicum annuum* L. against anthracnose disease. *Scientia Horticulturae*, v. 204, p. 172–178.
- Almeida, L. B. D. (2015) Diversidade e identificação molecular de isolados de *Colletotrichum* associados ao gênero *Capsicum* no Amazonas.
- Amorim L., Bergamin Filho, A. (2006) Conceitos básicos de manejo de doenças quiescentes em frutas, Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vol. 3, 119-138 p.
- Amorim, L., Rezende, J. A. M., Bergamin Filho, A. (2011) Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. São Paulo.
- Andrews, J. (1984) Peppers: The Domesticated *Capsicums*. Austin: *University of Texas Press*. 170p.
- Agrios, G. N. (2005) Plant diseases caused by fungi. *Plant pathology*, 4.
- Alkan, N., Friedlander, G., Ment, D., Prusky, D., Fluhr, R. (2015) Simultaneous transcriptome analysis of *Colletotrichum gloeosporioides* and tomato fruit

- pathosystem reveals novel fungal pathogenicity and fruit defense strategies. *New Phytologist*, 205(2), 801-815.
- Antonious, G. F., Kochhar, T. S., Jarret, R. L., Snyder, J. C. (2006) Antioxidants in Hot Pepper: Variation among Accessions. *Journal of Environmental Science and Health*. 41:1237-1243.
- Aparecido, C. C., Huang, C. T. M., Passador, M. M., Finatti, D., Figueiredo, M. B. (2007) *Avaliação da Viabilidade de Culturas Fúngicas Preservadas pelos Métodos de Castellani (Água Destilada) e Liofilização*. *Biológico*, São Paulo, vol.69, n.1, p. 5-8.
- Azevedo, C. P., Café Filho, A. C., Henz, G. P., Reis, A. (2006) Recomendações de Manejo da Antracnose do Pimentão e das Pimentas. Comunicado técnico. Brasília, 4p.
- Baba, V.Y., Rocha, K.R., Gomes, G.P., de Fátima Ruas, C., Ruas, P.M., Rodrigues, R., Gonçalves, L.S.A. (2016) Genetic diversity of *Capsicum chinense* accessions based on fruit morphological characterization and AFLP markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 63, 1371-1381.
- Bailey, J. A., Jeger, M. J. (1992) *Colletotrichum*: biology, pathology and control.
- Barboza, G. E., Bianchetti, L. D. B. (2005) Three new species of *Capsicum* (Solanaceae) and a key to the wild species from Brazil. *Systematic Botany*, 30(4), 863-871.
- Barboza, G. E., Agra, M. F., Romero, M. V., Scaldaferrro, M. A., Moscone, E. A. (2011) New endemic species of *Capsicum* (Solanaceae) from the Brazilian Caatinga: comparison with the re-circumscribed *C. parvifolium*. *Systematic Botany*. 36:768-781.

- Basu, S. K., De, A. K. (2003) *Capsicum*: historical and botanical perspectives. in: De, A. K. (ed) *Capsicum: the genus Capsicum*. Taylor & Francis, London e New York, p. 1-15.
- Bhandari, P., Patel, N.K., Bhutani, K.K. (2014) Synthesis of new heterocyclic lupeol derivatives as nitric oxide and pro-inflammatory cytokine inhibitors. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 24: p. 3596-3599.
- 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 pimentas. *Scientia Agraria* (UFPR. Impresso), v. 8, p. 147-154.
- Bento, C. S., Rodrigues, R., Zerbini Júnior, F. M., Sudré, C. P. (2009) Sources of resistance against the pepper yellow mosaic vírus in chili pepper. *Horticultura Brasileira*, 27(2): 196-201.
- Bento, C. S., de Souza, A. G., Sudré, C. P., Pimenta, S., Rodrigues, R. (2017) Multiple genetic resistances in *Capsicum* spp. *Genetics and molecular research: GMR*, 16(3).
- Bianchetti, L. B. (1996) Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de *Capsicum* (Solanaceae) ocorrentes no Brasil. Dissertação (Mestrado em botânica). Brasília, UNB, 174p.
- Bianchi, P. A. (2017) Variabilidade intraespecífica para caracteres morfológicos, agronômicos e moleculares entre acessos de *Capsicum chinense*. Dissertação (mestrado em genética e melhoramento de plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 80p.
- Bley, K.B., Boorman, G., Mohammad, B., McKenzie, D., Babbar, S. A (2012) Comprehensive review of the carcinogenic and anticarcinogenic potential of capsaicin. *Toxicol. Pathol.* 40, 847–873.

- Bosland, P. W., Votava, E. J. (2012) Peppers: Vegetable and spice *Capsicum*. CABI. *Publishing*, 204p.
- Bourque M., Dluzen De., Di Paolo T. (2012) Signaling pathways mediating the neuroprotective effects of sex steroids and SERMs in Parkinson's disease. *Front Neuroendocrinol.* 33: 169-78.
- Bredemann T. M., McMahon L. L. (2014) 17beta estradiol increases resilience and improves hippocampal synaptic function in helpless ovariectomized rats. *Psychoneuroendocrinology.* 42: p. 77-88.
- Campbell, C. L., Madden, L. V. (1990) Introduction to plant disease epidemiology. New York. *J. Wiley & Sons*.
- Carvalho, S. I. C., Bianchetti, L. B., Ribeiro, C. S. C., Lopes, C. A. (2006) Pimentas do Gênero *Capsicum* no Brasil. Brasília: Embrapa hortaliças. 27p.
- Carvalho, S. I. C., Bianchetti, L. B. Sistema de Produção de Pimentas (*Capsicum* spp.): Botânica, Embrapa hortaliças, Sistemas de Produção, versão eletrônica novembro/2007a. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/pimenta/pimenta_Capsicum_spp/botanica.html>. Consulta em 03 de Maio de 2016.
- Carvalho, S. I. C., Bianchetti, L. B. Sistema de Produção de Pimentas (*Capsicum* spp.): importância econômica, Embrapa hortaliças, sistemas de produção, versão eletrônica novembro/2007b. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/pimenta/pimenta_Capsicum_spp/importanciaeconomica.html>. Consulta em 03 de maio de 2016.
- Carvalho, S. I. C., Bianchetti, L. B. - Sistema de Produção de Pimentas (*Capsicum* spp.): Doenças, Embrapa hortaliças, Sistemas de Produção, versão eletrônica, novembro/2007c. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/pimenta/pimenta_Capsicum_spp/doencas.html>. Consulta em 12 de Maio de 2016.

Casali, V. W., Couto, F. A. A. (1984) Origem e Botânica de *Capsicum*. Informe agropecuário, v.10, n.11, p.8-10.

Castro-Concha, L. A., Tuyub-Che, J., Moo-Mukul, A., Vazquez-flota, F.A., miranda-Ham, M.L. (2014) Antioxidant capacity and total phenolic content in fruit tissues from accessions of *Capsicum chinense* Jacq. (Habanero pepper) at different stages of ripening. *The Scientific World Journal*, v. 1, p. 1-5.

Ceasa Minas (2017) Oferta de produtos/variedades. Disponível em: <<http://minas1.ceasa.mg.gov.br/detec/menu/#>>. Acesso em: 03 de Janeiro de 2018.

Ceasa – ES (2017) Procedência do produto/variedade. Disponível em: <http://200.198.51.69/detec/filtro_prdvar_es/filtro_prdvar_es.php>. Acesso em: 03 de Janeiro de 2018.

Ceagesp - SP (2014) Série Histórica de Preço e Comercialização de Pimentas na Ceagesp - SP. [mensagem pessoal] mensagem recebida em 01 de Set. 2015.

Ceasa – RJ (2014) Série Histórica de Preço e Comercialização de Pimentas na Ceasa – RJ. [mensagem pessoal] mensagem recebida em 02 de Set. 2015.

Cheema, D. S., Singh, D. P., Rawal, R. D., Deshpande, A. A. (1984) Inheritance of resistance to anthracnose disease in chillies. *Capsicum Eggplant Newsl.* 3:44.

Clark, R., Lee, S. (2016) Anticancer Properties of Capsaicin against Human Cancer. *Anticancer Res.* 36, p. 837–844.

Cruz, C. D. (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, 35(3):271-276.

- Damm, U., Woudenberg, J. H. C., Cannon, P. F., Crous, P. W. (2009) *Colletotrichu* species with curved conidia from herbaceous hosts. *Fungal Divers.* 39,45–87.
- Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C., Johnston, P. R., Weir, B. S., Tan, Y.P. (2012) The *Colletotrichum boninense* species complex. *Stud. Mycol.* 73, p. 1–36.
- De Silva, D., D., Ades., P. K., Crous, P., Taylor, P. W. J. (2017) *Colletotrichum* species associated with chili anthracnose in Australia. *Plant Pathology*, 66(2), p. 254-267.
- Dean, R., Van Kan, J. A., Pretorius, Z. A., Hammond-ksak, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kalmann, R., Ellis, J., Foster, G. D. (2012) The Top 10 Fungal Pathogens in Molecular Plant Pathology. *Molecular Plant Pathology*, London. 13: p. 414-430.
- Diao, Y. Z., Zhang, C., Liu, F., Wang, W.Z., Liu, L., Cai, L., Liu, X. L. (2017) *Colletotrichum* species causing anthracnose disease of chili in China. *Persoonia*, 38: p. 20-37.
- Domenico, C. I., Lili, A. J. O., Melo, A. M. T. (2010) Caracterização de Componentes de Produção de Híbridos Intra-Específicos de Pimenta-hortícola. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 50. Anais. Guarapari.
- Edirisinghe, M., Ali, A., Maqbool, M., Alderson, P. G. (2014) Chitosan controls postharvest anthracnose in bell pepper by activating defense-related enzymes. *Journal of Food Science and Technology*, v. 51, n. 12, p. 4078–4083.
- Egea, C., Alcazar, M. D., Candela, M. E. (1996) Capsidiol: Its role in the resistance of *Capsicum annuum* to *Phytophthora capsici*. *Physiol Plant.* 98: p. 737–742.
- Eshbaugh, W. H. (1993) Peppers: history and exploitation of a serendipitous new crop discovery. *New crops*.

- Faostat, (2016) Agricultural Production. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 03 de Janeiro 2018.
- Farr, D. F., Rossman, A. Y., Palm, M. E., McCray, E. B. (2016) Fungal Databases, Systematic Botany and Mycology Laboratory, ARS, USDA. Disponível em: <<http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>>.
- Filgueira, F. A. R. (2012) Novo Manual De Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças. Viçosa: UFV. 402p.
- Gan, P., Ikeda, K., Irieda, H., Narusaka, M., O'Connell, R.J., Narusaka, Y., Takano, Y., Kubo, Y., Shirasu, K. (2012) Comparative genomic and transcriptomic analyses reveal the hemibiotrophic stage shift of *Colletotrichum* fungi. *New Phytologist*. 197: p. 1236–1249.
- Georgiev, V., Ananga, A., Tsoleva, V. (2014) Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. *Nutrients*, 6(1), p. 391-415.
- Gogos, A., Van den Buuse, M. (2015) Comparing the effects of 17betaoestradiol and the selective oestrogen receptor modulators, raloxifene and tamoxifen, on prepulse inhibition in female rats. *Schizophr Res*. 168: 634-9.
- Gophy – Genera of Phytopathogenic Fungi (2018) *Colletotrichum*: Cordain Sturm, *Deutschl. Fl.*, 3 Abt. (Pilze Deutschl.) 3: 41, tab. 21. 1831. Disponível em:<<http://www.plantpathogen.org/homepage/colletotrichum?highlight=WyJjb2xsZXRvdHJpY2h1bSjd>>. Acesso em: 06/05/2018.
- Hajszan, T., Szigeti-Buck, K., Sallam, N. L., Bober, J., Parducz, A., Maclusky, N. J. (2010) Effects of estradiol on learned helplessness and associated remodeling of hippocampal spine synapses in female rats. *Biol Psychiatry*. 67(2): p. 168-74.
- Hanahan, D., Weinberg, R.A. (2011) Hallmarks of cancer: The next generation. *Cell*. 144, 646–674.

- Hedge, G. M., Anahosur, K. H. (2001) Biochemical Basis of Resistance to Fruit Rot (*Colletotrichum capsici*) in Chilli Genotypes. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, v.14, n.3, p. 686-690.
- Hoagland, D. R., Arnon, D. I. (1950) The water-culture method for growing plants without soil. Circular. *California agricultural experiment station*, 347 (2nd edit).
- Hoet, S., Pieters, L., Muccioli, G.G., Habib-Jiwan, J.L., Opperdoes, F.R. & Quetin-Leclercq, J. (2007) Antitrypanosomal activity of triterpenoids and sterols from the leaves of *Strychnos spinosa* and related compounds. *Journal of Natural Products*. 70: p. 1360-1363.
- IPGRI. (1995) Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). Rome: *International Plant Genetic Resources Institute*, 49 p.
- Jeyalakshmi, C., Seetharaman, K., Ebenezer, E. G. (1999) Qualitative Losses of Chili Fruits Due Infection by *Colletotrichum capsici* (syd) Butler and Bisky. *Capsicum and Eggplant newsletter*, v.18, p. 80-82.
- Johnson, W. Jr. (2007) Final report on the safety assessment of *Capsicum annuum* extract, *Capsicum annuum* fruit extract, *Capsicum annuum* resin, *Capsicum annuum* fruit powder, *Capsicum frutescens* fruit, *Capsicum frutescens* fruit extract, *Capsicum frutescens* resin, and capsaicin. *Int. J. Toxicol.* 26, p. 3–106.
- Kanchana-Udomkan, C., Taylor, P.W.J., Mongkolporn, O. (2004) Development of a bioassay to study anthracnose infection of chili fruit caused by *Colletotrichum capsici*. *Thai Journal of Agricultural Science*, v. 37, p. 293–297.
- Kaur, S., Kang, S. S., Sharma, A., Sharma, S. (2014) First report of *Peppermottle virus* infecting chilli pepper in India. *NewDis. Rep.* 30:14 p.

- Kim, W. G., Cho, E. K., Lee, E. J. (1986) Two Strains of *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Causing Anthracnose on Pepper Fruits. *Korean Journal of Plant Pathology*, Suwon, v. 2, p. 107-113.
- Kim, Y. S., Lee, H. H., Ko, M. K., Song, C. E., Bae, C. Y., Lee, Y. H., Oh, B. J. (2001) Inhibition of fungal appressorium formation by pepper (*Capsicum annuum*) esterase. *Mol Plant Microbe Interact.* 14(1): 80–85.
- Kim, S. H., Yoon, J. B., Do, J. W., Park, H. G. (2008) A major recessive gene associated with anthracnose resistance to *Colletotrichum capsici* in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Breeding Science*, v. 58, p. 137–141.
- Ko, M. K., Jeon, W. B., Kim, K. S., Lee, H. H., Seo, H. H., Kim, Y. S., Oh, B. J. (2005) A *Colletotrichum gloeosporioides* induced esterase gene of non-climacteric pepper (*Capsicum annuum*) fruit during ripening plays a role in resistance against fungal infection. *Plant Mol Biol.* 58:529-541.
- Ko, M., Cho, J. H., Seo, H. H., Lee, H. H., Kang, H. Y., Nguyen, T. S. (2016) Constitutive expression of a fungus-inducible carboxylesterase improves disease resistance in transgenic pepper plants. *Planta.* 244(2): 379–392.
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Ruiz, J. D. J. L., d'Eeckenbrugge, G. C., Gepts, P. (2014) Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6165-6170.
- Kurozawa, C., Pavan, M. A. (1997) Doenças das Solanáceas (berinjela, jiló, pimentão e pimenta), In: Kimati, H.; Amorim, L.; Bragamin Filho, A.; Camargo, L. E. A.; Rezende, J. A. M. Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, v.2, p. 665-667.
- Kurozawa, C., Pavan, M. A., Krausesakate, R. (2005) Doenças das Solanáceas. In: Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L. E. A.; Rezende, J.

- A. M. (coords). *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 589-596.
- Kolattukudy, P. E., Rogers, L. M., Li, D., Hwang, C. S., Flaishman, M. A. (1995) Surface signaling in pathogenesis. *Proceedings of the National Academy of Science*, v. 92, p. 4080-4087.
- Labouesse, M. A., Langhans, W., Meyer, U. (2015) Effects of selective estrogen receptor alpha and beta modulators on prepulse inhibition in male mice. *Psychopharmacology*. 232: 2981-94.
- Lilly, V. G., Barnett, H. L. (1951) Physiology of the fungi. *Physiology of the fungi*.
- Liu, F., Cai, L., Crous, P. W., Damm, U. (2013) Circumscription of the anthracnose pathogens *Colletotrichum lindemuthianum* and *C. nigrum*. *Mycologia* 105, p. 844–860.
- Long, X., Fan, M., Nephew, K. P. (2011) Estrogen receptor-alpha-interacting cytokeratins potentiate the antiestrogenic activity of fulvestrant. *Cancer Biol Ther*. 5: 389_96.
- Lopez, A. (2001). Taxonomia, Patogênese e Controle de Espécies do Gênero *Colletotrichum*. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*. 9:291-339.
- Lopes, C. A., Ávila, A. C. (2003) Doenças do pimentão: diagnose e controle. Brasília: Embrapa Hortaliças, 96 p.
- Lutz, D. L.; Freitas, S. C. (2008) Valor Nutricional. Pimentas *Capsicum* Brasília: Embrapa hortaliças, p. 31-38.
- Mahasuk, P., Khumpeng, N., Wasee, S., Taylor, P. W. J., Mongkolporn, O. (2009a) Inheritance of resistance to anthracnose (*Colletotrichum capsici*) at seedling and fruiting stages in chili pepper (*Capsicum* spp.). *Plant Breeding*. 128(6), p. 701-706.

- Mahasuk, P., Taylor, P. W. J., Mongkolporn, O. (2009b) Identification of two new genes conferring resistance to *Colletotrichum acutatum* in *Capsicum baccatum*. *Phytopathology*, 99(9), 1100-1104.
- Mahmoud, A. M. A., El-Eslamboly, A. S. A. (2015) Production and Evaluation of High Yielding Sweet Pepper Hybrids under Greenhouse Conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural e Environmental Sciences*, 4:573-580.
- McGovern, R. J. (1995) First Report of Fruit Rot of *Capsicum chinense* Caused by Two *Colletotrichum* Species. *Plant Disease*, v. 79, 212 p.
- McLeod, M. J., Guttman, S. I., Enshbaugh, W. H. (1982) Early Evolution of Chili Peppers (*Capsicum*). *Economic Botany*, v.36, n.4, p. 361-368.
- Mikulic-petkovsek, M., Schmitzer, V., Jakopic, J., Cunja, V., Veberic, R., Munda, A., Stampar, F. (2013) Phenolic compounds as defence response of pepper fruits to *Colletotrichum coccodes*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 84, p. 138-145.
- Mongkolporn, O., Taylor, P. W. J. (2011) *Capsicum*. In: Kole C. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, vol 5. *Springer*, New York, p. 43–57.
- Montri, P., Taylor, P. W. J., Mongkolporn, O. (2009) Pathotypes of *Colletotrichum capsici*, the Causal Agent of Chili Anthracnose, In Thailand. *Plant Disease*, N. 93, p. 17-20.
- Moscone, E. A., Scaldaferrro, M. A., Grabielle, M., Cecchini, N. M., Garcia, Y. S., Jarret, R., Daviña, J. R., Ducasse; D. A., Barboza, G. E., Ehrendorfer, F. (2007) The Evolution of Chili Peppers (*Capsicum* – Solanaceae): A Cytogenetic Perspective. *Acta Horticulturae*, n. 745, p. 137- 169.

- Moses, M., Umaharan, P. (2012) Genetic structure and phylogenetic relationships of *Capsicum chinense*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 137: 250-262.
- Moses, M., Umaharan, P., Dayanandan, S. (2014) Microsatellite based analysis of the genetic structure and diversity of *Capsicum chinense* in the Neotropics. *Genet. Resour. Crop Evol.* 61, 741-755.
- Moulin, M. M., Rodrigues, R., Ramos, H. C. C.; Bento, C. S., Sudré, C. P., Gonçalves, L. S. A., Viana, A. P. (2015) Construction of an integrated genetic map for *Capsicum baccatum* L. *Genetics and Molecular Research*. v. 14, p. 6683-6694.
- Nesher, I., Minz, A., Kokkelink, L., Tudzynski, P., Sharon, A. (2011) Regulation of pathogenic spore germination by CgRac1 in the fungal plant pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. *Eukaryotic cell*, 10(8), p. 1122-1130.
- O'Connell, R. J., Thon, M. R., Hacquard, S., Amyotte, S. G., Kleemann, J., Torres, M. F., Damm, U., Buiate, E. A., Epstein, L., Alkan, N. (2012) Lifestyle transitions in plant pathogenic *Colletotrichum* fungi deciphered by genome and transcriptome analyses. *Nature Genetics*. 44: 1060–1065.
- Oliveira, C. V. S., Matos, K. S., de Albuquerque, D. M. C., Hanada, R. E.; da Silva, G. F. (2017) Identification of *Colletotrichum* isolates from *Capsicum chinense* in Amazon. *Genetics and Molecular Research*, 16(2).
- Pakdeevaporn, P., Wasee, S., Taylor, P. W. J., Mongkolporn, O. (2005) Inheritance of Resistance to Anthracnose Caused by *Colletotrichum capsici* in *Capsicum*. *Plant Breeding*; n. 124, n.2, p. 206-208.
- Park, H. K., Kim, B. S., Lee, W. S. (1990a) Inheritance of resistance to anthracnose (*Colletotrichum* spp.) in pepper (*Capsicum annuum* L.) I. *Genetic analysis of anthracnose resistance by diallel crosses*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 31: 91-105.

- Park, H. K., Kim, B. S., Lee, W. S. (1990b) Inheritance of Resistance to Anthracnose (*Colletotrichum* spp.) in Pepper (*Capsicum annum* L.). II. Genetic Analysis of Resistance to *Colletotrichum dematium*. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, v.31, n.3, p. 207-212.
- Park, S., Jeong, W. Y., Lee, J. H., Kim, Y. H., Jeong, S. W., Kim, G. S., Bae, D. W., Lim, C. S., Jin, J. S., Lee, S. J., Shin, S. C. (2012) Determination of Polyphenol Levels Variation in *Capsicum annum* L. cv. Chelsea (yellow bell pepper) infected by anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food chemistry* 130:981-985.
- Paulsen, B. S., Souza, C. S., Chicaybam, L., Bonamino, M. B., Bahia, M., Costa, S. L. (2011) Agathisflavone enhances retinoic acid-induced neurogenesis and its receptors alpha and beta in pluripotent stem cells. *Stem Cells Dev.* 20: 1711-21.
- Pereira, M. J. Z. (2005) Reação de Acessos de *Capsicum* spp. a *Colletotrichum* sp. Agente Causal da Antracnose das Solanáceas. Dissertação (mestrado em agronomia/fitopatologia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, 88p.
- Pereira, A. L., Silva, G. S., Ribeiro, V. Q. (2006) Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. *Fitopatologia Brasileira*, 31(6), 572-578.
- Pereira, M. J. Z., Massola Júnior, N. S., Sussel, A. A. B., Sala, F. C., Costa, C. P., Boiteux, L. S. (2011) Reação de Acessos de *Capsicum* e de Progênies de Cruzamentos Interespecíficos a isolados de *Colletotrichum acutatum*. *Horticultura brasileira* 29:569-576.
- Perucka, I., Materska, M. (2007) Antioxidant Vitamin Contents of *Capsicum annum* Fruit Extracts as Affected by Processing and Varietal Factors. *Acta Scientiarum Polonorum. Technol Aliment*, 6(4):67-74.

- Phadungpran, P., Pongnak, W., Soyong, K. (2015) Biological Activity of metabolites from *Lepiota procera* against plant pathogen (*Colletotrichum capsici*). *Journal of Agricultural Technology*, 11(8), 2457-2461.
- Phoulivong, S., Cai, L., Chen, H., McKenzie, E. H., Abdelsalam, K., Chukeatirote, E., Hyde, K. D. (2010) *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. *Fungal Diversity*, 44(1), p. 33-43.
- Pickersgill, B. (1971) Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution*. 25, 683-691.
- Pickersgill, B. (1986) *Capsicum* spp. In: León, J. (Org.). *Guidelines for seed exchange and plant introduction in tropical crops*. FAO, p. 73-78.
- Pimenta, S. (2015) 'Uenf Carioca' e 'Uenf Carioquinha': novas cultivares de pimenta (*Capsicum annuum* var. *annuum*) resistentes à mancha bacteriana. Tese (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes. 92p.
- Pimenta, S., Rodrigues, R., Sudré, C. P., Moraes, J. G., Bento, C. S., Medeiros, A. M. (2016) Protecting vegetable cultivars in Brazil: a chili pepper case-study research. *Horticultura Brasileira*, 34(2), 161-167.
- Pinto, C. M. F., Cruz, R. M. (2011) Agronegócio Pimenta em Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 51. Horticultura brasileira, 29. viçosa: abh. p. 5744-5765.
- Poonpolgul, S., Kumphai, S. (2007) Chili pepper anthracnose in Thailand. In: *The First International Symposium on Chili Anthracnose, Convention Center, Seoul National University, Korea*, 23p.

- Prado-Prado, F.J., García-Mera, X., González-Díaz, H. (2010) Multi-target spectral moment QSAR versus ANN for antiparasitic drugs against different parasite species. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 18: p. 2225-2231.
- Prusky, D., Alkan, N., Mengiste, T., Fluhr, R. (2013) Quiescent and necrotrophic lifestyle choice during postharvest disease development. *Annual Review of Phytopathology*. 51: p. 155–176.
- Qing, L., Kanchana-Udomkarn, C., Jaunet, L., Mongkolporn, O. (2002) Inheritance of Resistance to Pepper Anthracnose Caused by *Colletotrichum capsici*. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, v.21, p. 85-88.
- Quezado-Duval, A. M., Camargo, L. E. A. (2004) Raças de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomate para processamento industrial no Brasil. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.1, p. 80-86.
- Rêgo, E. R., Finger, F. L., Rêgo, M. M. (2012) Types, Uses and fruit quality of Brazilian chili peppers. In: *Spices: Types, Uses, and Health Benefits*. Nova Publishers.
- Reifschneider, F. J. B. (org.) (2000) *Capsicum: pimentas e pimentões no brasil*. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia. Embrapa hortaliças. 113p.
- Ribeiro, C. S. C., Lopes, C. A., Carvalho, S. I. C., Henz, G. P., Reifschneider, F. J. B. (2008) *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa hortaliças. 200p.
- Ribeiro, C. S. C., Reifschneider, F. J. B. (2008) Genética e melhoramento. In: Ribeiro, C. S. C., Lopes, C. A., Carvalho, S. I. C., Henz, G. P., Reifschneider, F. J. B. (Ed.). *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 55-69.
- Riva-Souza, E. M., Rodrigues, R., Sudré, C. P., Gonzaga, M. P., Viana, A. P., Amaral Junior, A. T. (2007) Obtaining pepper F_{2:3} lines with resistance to the

- bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.4, p. 561-565.
- Riva-Souza, E. M., Rodrigues, R., Sudré, C. P., Gonzaga, M. P., Bento, C. S., Matta, F. P. (2009) 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.
- Rodrigues, R., Bento, C. S., Pimenta, S., Sudré, C. P. (2016) Melhoramento de pimentão e pimentas. In: Nick, C.; Borém, A. Melhoramento de Hortaliças. Viçosa, MG. Ed: UFV. p. 221-250.
- Rodriguez-Perez, A. I., Dominguez-Meijide, A., Lanciego, JL., Guerra, MJ., Labandeira-Garcia, JL. (2013) Inhibition of Rho kinase mediates the neuroprotective effects of estrogen in the MPTP model of Parkinson's disease. *Neurobiol Dis.* 58: 209-19.
- Sahitya, U. L., Deepthi, S., Kasim, P., Suneetha, P., Krishna, M. S. R. (2014) Anthracnose, a prevalent disease in Capsicum. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 5(3), 1583-1604.
- Saxena, A., Raghuwanshi, R., Singh, H. B. (2014) Molecular, phenotypic and pathogenic variability in Colletotrichum isolates of subtropical region in north-eastern India, causing fruit rot of chillies. *Journal of applied microbiology*, 117(5), 1422-1434.
- Saxena, A., Raghuwanshi, R., Gupta, V. K., Singh, H. B. (2016) Chilli anthracnose: the epidemiology and management. *Frontiers in microbiology*, 7, 1527.
- Seo, H. H., Park, A. R., Lee, H. H., Park, S., Han, Y. J., Hoang, Q. T., Kim, J. I. (2018) A Fungus-Inducible Pepper Carboxylesterase Exhibits Antifungal Activity by Decomposing the Outer Layer of Fungal Cell Walls. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31(5), 505-515.

- Silva, J. R., Chaves, T. P., da Silva, A. R., Barbosa, L. D. F.; Costa, J. F.; Ramos-Sobrinho, R.; e Assunção, I. P. (2017) Molecular and morpho-cultural characterization of *Colletotrichum* spp. associated with anthracnose on *Capsicum* spp. in northeastern Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 1-5.
- Silva, S. A. M., Rodrigues, R., Gonçalves, L. S. A., Sudré, C. P., Bento, C. S., Carmo, M. G. F., Medeiros, A. M. (2014) Resistance in *Capsicum* spp. to anthracnose affected by different stages of fruit development during pre- and postharvest. *Tropical Plant Pathology*, vol. 39(4):335-341.
- Silva-Lobo, V. L., Lopes, C. A., Giordano, L. B. (2005) Componentes da resistência à mancha-bacteriana em tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.30, n.4, p. 343-349.
- Souza, C. S., Paulsen, B. S., Devalle, S., Lima Costa, S., Borges, H. L., Rehen, S. K. (2015) Commitment of human pluripotent stem cells to a neural lineage is induced by the pro-estrogenic flavonoid apigenin. *Advances in Regenerative Biology*, 2(1), 29244.
- Sudré, C. P., Rodrigues, R., Riva, E. M., Karasawa, M., Amaral Júnior, A. T. (2005) Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. *Horticultura brasileira*, 23(1), 22-27.
- Sun, C., Mao, S. L., Zhang, Z. H., Palloix, A., Wang, L. H., Zhang, B. X. (2015) Resistances to anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) of *Capsicum* mature green and ripe fruit are controlled by a major dominant cluster of QTLs on chromosome P5. *Scientia Horticulturae*, 181, 81-88.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., e Koswara, J. (2013) Genetic analysis for resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in chili pepper (*Capsicum annuum* L.) using diallel crosses. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 45(3), 400-408.

- Taylor, P. W. J., Mongkolporn, P. P., Than, P., Montri, N., Ranathunge, C., Kanchana-udomkan, R., Ford, S., Hyde, K. D. (2007) Pathotypes of *Colletotrichum* spp. Infecting Chilli Peppers and Mechanisms of Resistance. The First International Symposium on Chili Anthracnose, Convention Center. Seoul National University, Korea. Vol. 29.
- Tewksbury, J. J., Nabhan, G. P. (2001) Seed dispersal. Directed deterrence by capsaicin in chillies. *Nature*, p. 403-412.
- Tewksbury, J. J., Reagan, K. M., Machnicki, N. J., Carlo, T. A., Haak, D. C., Peñaloza, A. L. C., Levey, D. J. (2008) Evolutionary ecology of pungency in wild chillies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(33), 11808-11811.
- Than, P. P., Prihastuti, H., Phoulivong, S., Taylor, P. W., Hyde, K. D. (2008) Chili Anthracnose Disease Caused by *Colletotrichum* Species. *Journal of Zhejiang University Science*. 9:764-778.
- Thiyagarajan, S. S., Kuppusamy, H. (2014) Biological control of root knot nematodes in chillies through *Pseudomonas fluorescens*'s antagonistic mechanism, *J. Plant Sci*, 2, 152-158.
- Tozze Júnior, R. H. J., Mello, M. B. A., Massola, J. R. N. S. (2006) Caracterização morfológica e fisiológica de isolados de *Colletotrichum* sp. causadores de antracnose em solanáceas. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 32, n. 1, p. 71-79.
- Tozze Jr, H. J., Massola Jr, N. M., Camara, M. P. S., Gioria, R., Suzuki, O., Brunelli, K. R., Kobori, R. F. (2009) First report of *Colletotrichum boninense* causing anthracnose on pepper in Brazil. *Plant Disease*, 93(1), 106-106.
- Veloso, J., Prego, C., Varela, M. M., Carballeira, R., Bernal, A., Merino, F., Díaz, J. (2014) Properties of capsaicinoids for the control of fungi and oomycetes pathogenic to pepper. *Plant Biology*, 16(1), 177-185.

- Vilela, N. J. (2004) Sistema de Produção de Pimentas (*Capsicum* spp.): coeficientes técnicos, custos, rendimentos e rentabilidade. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 4.
- Voorrips, R. E., Finkers, R., Sanjaya, L., Groenwold, R. (2004) QTL mapping of anthracnose (*Colletotrichum* spp.) resistance in a cross between *Capsicum annuum* and *C. chinense*. *Theor. Appl. Genet.* 109: p. 1275-1282.
- Wahyuni, Y., Ballester, A. R., Sudarmonowati, E., Bino, R. J., Bovy, A. G. (2011) Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: variation in health-related compounds and implications for breeding. *Phytochemistry*, 72(11), 1358-1370.
- Wall, M. M., Wadell, C. A., Bosland, P. W. (2001) Variation in β -carotene and Total Carotenoid Content in Fruits of *Capsicum*. *Hortscience*, 36(4):746-749.
- Wang, D., Bosland, P. W. (2006). The genes of *Capsicum*. *HortScience*, 41(5), 1169-1187.
- Weber, N., Veberic, R., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., Koron, D., Munda, A., Jakopic, J. (2015) Metabolite accumulation in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits and runners in response to *Colletotrichum nymphaeae* infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 92, 119-129.
- Yoon, J. B. (2003) Identification of genetic resources, interspecific hybridization, and inheritance analysis for breeding chili (*Capsicum annuum*) resistant to anthracnose. [Unpublished PhD Dissertation]. *Seoul Natl Univ.*, Seoul.
- Zhang, X., Wang, J., Xing, Y., Gong, L., Li, H., Wu, Z. (2012) Effects of ginsenoside Rg1 or 17 β -estradiol on a cognitively impaired, ovariectomized rat model of Alzheimer's disease. *Neuroscience*. 220: 191-200.

Zhao, L., Mao, Z., Chen, S., Schneider, L. S., Brinton, R. D. (2013) Early intervention with an estrogen receptor β -selective phytoestrogenic formulation prolongs survival, improves spatial recognition memory, and slows progression of amyloid pathology in a female mouse model of Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 37(2), 403-419.