

RESISTÊNCIA A DOENÇAS FÚNGICAS EM LINHAGENS DE
MILHO-PIPOCA COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE
MINIMILHO

MAYARA CAZADINI CARLOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2020

RESISTÊNCIA A DOENÇAS FÚNGICAS EM LINHAGENS DE
MILHO-PIPOCA COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE
MINIMILHO

MAYARA CAZADINI CARLOS

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
Produção Vegetal

Orientador: Prof. Marcelo Vivas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

C284

Carlos, Mayara Cazadini.

Resistência a doenças fúngicas em linhagens de milho-pipoca com potencial para produção de minimilho / Mayara Cazadini Carlos. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

55 f. : il.

Bibliografia: 45 - 55.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2020.

Orientador: Marcelo Vivas.

1. *Baby corn*. 2. *Exserohilum turcicum*. 3. *Bipolaris maydis*. 4. *Puccinia polissora*. 5. *Zea mays*. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

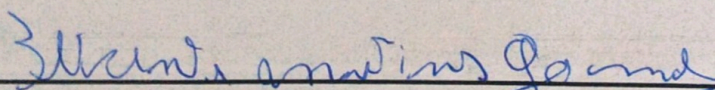
RESISTÊNCIA A DOENÇAS FÚNGICAS EM LINHAGENS DE
MILHO-PIPOCA COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE
MINIMILHO

MAYARA CAZADINI CARLOS

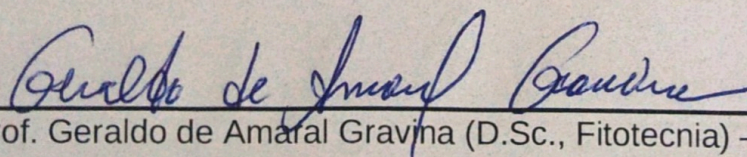
Dissertação apresentada ao Centro de
Ciências e Tecnologias Agropecuárias da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Produção Vegetal

Aprovada em 17 de Fevereiro de 2020

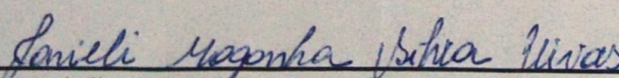
Comissão Examinadora



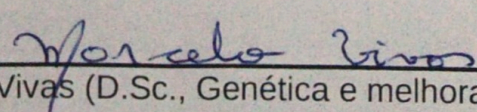
Prof. Vicente Martins Gomes (D.Sc., Produção Vegetal) – IFF



Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) – UENF



Dra. Janieli Maganha Silva Vivas (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. Marcelo Vivas (D.Sc., Genética e melhoramento de plantas) – UENF
(Orientador)

A Deus, autor da minha vida, por todas as bênçãos concedidas a mim, mesmo que por muitas vezes eu não tenha sido merecedora.
Aos familiares e amigos, por todo incentivo e apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, fonte inesgotável de amor, pela saúde, força e coragem para superar as dificuldades encontradas em meu caminho, por permitir que tudo isso acontecesse e por ser o maior mestre que alguém pode ter.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), pela oportunidade de realização do Mestrado e por proporcionar um ambiente criativo e amigável para desenvolvimento pessoal e profissional. Ao seu corpo docente, direção e administração que oportunizou a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio – Código de Financiamento 001.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, em especial ao setor de agroecologia, por permitir o desenvolvimento dos meus experimentos.

Ao meu orientador, prof. Dr. Marcelo Vivas, por todo apoio, confiança, paciência e empenho dedicado à elaboração deste trabalho, por todo incentivo em todas as etapas da minha pesquisa e da minha vida acadêmica e principalmente por todo ensinamento que adquiri ao seu lado ao longo desse mestrado.

A toda a banca examinadora que se dispôs a estar presente e contribuir para meu crescimento.

A todos os professores que passaram em minha vida, por cada ensinamento e dedicação.

Aos meus pais, Alexandre e Marilsa, meu irmão Alexandre Jr., meu sobrinho Ravi, pelo amor, incentivo, apoio incondicional, e por acreditar em mim. Essa vitória é muito mais de vocês que minha.

A meu noivo e amigo Rafael, pela paciência, incentivo, força e principalmente pelo amor, carinho e compreensão.

A todos meus amigos de caminhada, os que já existiam, e aos que adquiri ao longo dessa jornada, que se fizeram presente em todos os momentos, por nunca me deixarem cair, os levarei para o resto de minha vida.

A toda equipe do minimilho pela parceria e ajuda em todos os momentos, pois vocês foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, em especial ao professor Wallace e à doutoranda Ariane pela orientação, e aos alunos de iniciação científica que tanto me ajudaram.

A todos amigos do LEAG pela ótima convivência, conselhos e ajuda durante todo esse tempo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu crescimento, o meu MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Aspectos gerais da cultura do minimilho	4
3.2 Doenças foliares na cultura do Milho	6
3.3 <i>Bipolaris maydis</i>	7
3.4 <i>Exserohilum turcicum</i>	8
3.5 <i>Puccinia polysora</i>	10
3.6 Melhoramento genético como controle de doenças de plantas	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Materiais genéticos.....	13
4.2 Localização e Delineamento experimental.....	15
4.3. Condução do experimento	15
4.4 Características avaliadas	16
4.5. Análise estatística.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÃO	32
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMO

CARLOS, Mayara Cazadini, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Fevereiro de 2020; Resistência a doenças fúngicas em linhagens de milho-pipoca com potencial para produção de minimilho. Orientador: Prof. Marcelo Vivas.

O cultivo de milhos especiais, como o minimilho, tem exercido influência positiva em setores da economia nacional. Apesar de sua importância, ainda há necessidade de estudos para aumento da produção e de área plantada com os milhos especiais. Dentre eles, destaca-se os de natureza fitossanitárias, sendo a cultura suscetível a uma série de patógenos, com destaque para as helmintosporioses e a ferrugem. O uso de cultivares resistentes é apontado como a forma mais eficaz de evitar o aparecimento dessas doenças. Assim, o presente estudo teve como objetivo identificar linhagens de milho-pipoca que possuem potencial para ser cultivado como minimilho, e que sejam resistentes as principais doenças foliares que acometem a cultura. O experimento foi conduzido, em blocos casualizados e quatro repetições de 30 linhagens, na área experimental do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) Campus de Alegre, localizado no distrito de Rive – ES, em duas épocas de plantio. Ocasão em que se avaliou incidência e severidade das helmintosporioses causadas por *Bipolaris maydis* e *Exserohilum turcicum*, e a ferrugem causada por *Puccinia polysora*. A partir dos dados coletados obteve-se a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Posteriormente, conduziu-se análise de variância conjunta dos dados e, quando

constatado efeito significativo, aplicou-se teste de agrupamento de médias. Calculou-se ainda, a distância genética de Mahalanobis para cada par de linhagens, e a matriz de distância genética foi usada para construção do dendograma pelo método UPGMA. As linhagens L61, L63, L65, L203, L204, L261, L270, L363, L476, L477, L681, L682, L683, L684, L685, L686, L691, L693, L694, L695, P3 e P9 se destacaram como as mais promissoras para resistência à ferrugem. As linhagens L61, L63, L65, L69, L70, L623, L683, L684, L685, L686, L689, L691, L692, L693, L694, L695, P3 se destacaram por apresentar as menores médias de helmintosporiose causada por *E. Turcicum*. As linhagens L61, L63, L65, L69, L204, L261, L270, L363, L476, L477, L623, L681, L682, L683, L684, L685, L689, L691, L694, L695, P2 e P9 se destacaram para helmintosporiose causada por *B. maydis*. Considerando as médias obtidas para as três doenças, as linhagens L61, L63, L65, L683, L684, L685, L691, L694, e L695 podem ser apontadas como possíveis doadoras de alelos de resistência para múltiplas doenças. A análise multivariada foi eficiente em agrupar as linhagens L61, L63, L684, L685 e L691, descritas como as mais resistentes na análise univariada.

ABSTRACT

CARLOS, Mayara Cazadini, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Fevereiro de 2020; Resistência a doenças fúngicas em linhagens de milho-pipoca com potencial para produção de minimilho. Orientador: Prof. Marcelo Vivas.

The cultivation of special corn, such as baby corn, had a positive influence on sectors of the national economy. Despite its importance, there is still a need for studies to increase production and planted area with special corn. Considering the scarcity of studies, those of phytosanitary nature stand out, once the culture is susceptible to a series of pathogens, highlighted the Helminthosporioses and rusts. The use of resistant cultivars is indicated as the most effective way to prevent the appearance of these diseases. Thus, the present study aimed to identify popcorn inbred lines with potential for baby corn production and are resistant to the main leaf diseases that affect the crop. The experiment was conducted in randomized complete blocks design with four replications of 30 lines in the experimental area of the Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) -Campus de Alegre, located in the district of Rive - ES in two planting seasons. Occasion in which the incidence and severity of Helminthosporioses caused by *Bipolaris maydis* and *Exserohilum turcicum* and the rust caused by *Puccinia polysora* were evaluated. With the collected data, the area under the disease progress curve (AACPD) was obtained. Subsequently, the analysis of joint variance was conducted and when significant effect was found, the grouping of means test was

performed. The genetic distance of Mahalanobis for each pair of lines was also calculated and the genetic distance matrix was used to construct the dendrogram by the UPGMA method. The lines L61, L63, L65, L203, L204, L261, L270, L363, L476, L681, L682, L683, L684, L685, L686, L691, L694, L695, L696, P69, and P9 the most promising for rust resistance. The lines L61, L63, L65, L69, L70, L623, L683, L684, L685, L686, L689, L691, L692, L693, L694, L695, P3 stood out for having the lowest average Helminthosporioses caused by Northern Corn Leaf Blight. The lines L61, L63, L65, L69, L204, L261, L270, L363, L476, L623, L681, L682, L683, L684, L685, L689, L691, L694, L695, P2 and P9 stood out for Helminthosporioses caused by Southern Corn Leaf Blight. Considering the averages obtained for the three diseases, the line L61, L63, L65, L683, L684, L685, L691, L694, and L695 can be pointed as possible donors of resistance alleles for multiple diseases. Multivariate analysis was efficient in grouping the lines L61, L63, L684, L685 and L691 described as the most resistant in the univariate analysis.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado em todo território brasileiro, destacando-se das demais culturas por ocupar a maior extensão em área cultivada no País (Dos Santos et al., 2014), e por possuir os mais diversos usos, sendo o cultivo de milhos especiais uma das alternativas para sua produção. O milho-pipoca tem exercido influência positiva em setores da economia nacional, por ser uma cultura de elevada rentabilidade, favorecendo a economia informal (Freitas Júnior et al., 2009).

Outra opção para a exploração da cultura do milho é a produção de minimilho, que consiste em espigas colhidas em dois ou três dias após a emergência do estilo estigma (Silva et al., 2013). Este exemplar também possui um grande valor do ponto de vista econômico, pois sua produção é uma alternativa rentável para o produtor rural (Silva et al., 2006). Para sua produção têm-se utilizado, principalmente, cultivares de milho-doce e milho-pipoca (Galinate Lin, 1988; Pereira Filho et al., 1988; Carvalho et al., 2002; Meneghetti et al., 2008; De Oliveira et al., 2011; Dos Santos et al., 2014).

O milho-pipoca, dentre outras características, apresenta porte mais baixo, amadurecimento precoce, uniformidade do florescimento e prolificidade (Thakur et al., 2000). Apesar de o milho ser considerado uma planta tolerante à ação dos agentes de estresse, tanto de natureza abiótica, quanto de natureza biótica (Fancelli e Dourado Neto, 2000), o milho-pipoca possui maior sensibilidade para a ocorrência de agentes de natureza biótica, como os fungos, que causam doenças foliares, responsáveis por causar danos significativos na cultura. A ocorrência de

doenças foliares têm aumentado em consequência das constantes mudanças climáticas, tornando o ambiente favorável para o aparecimento e proliferação dos patógenos, causando redução na qualidade do produto final. Em contrapartida o milho-pipoca possui valor de mercado três vezes superior ao milho comum (Miranda *et al.*, 2011).

Dentre as principais doenças incidentes na cultura, a helmintosporiose causada pelos fungos *Exserohilum turcicum*. (Pass.) K. J. Leonard & E. G. Suggs, e *Bipolaris maydis* (Nisik e Miyake) Shoemaker, bem como a Ferrugem causada pela *Puccinia polysora* Underw, são responsáveis pela grande parte das infecções que acometem a cultura. As doenças consistem em uma interação entre o agente causal, o hospedeiro e o ambiente. Assim, uma vez que atendida essas condições, a interação entre eles ocorre, ocasionando o desenvolvimento da doença (Brito, 2010). A forma mais eficaz para o controle dessas doenças é o uso de cultivares resistentes.

Ressalta-se que as formas de cultivo do minimilho são semelhantes às formas de cultivo do milho-pipoca. Entretanto, a falta de conhecimento sobre atividades que favoreçam a produtividade e qualidade do minimilho, junto com a carência de cultivares que visam a otimização de sua produção, se torna importante conhecer o desempenho do uso do milho-pipoca para a melhoria na produção de minimilho. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar linhagens de milho-pipoca que possuem potencial para minimilho, visando a resistência à doença, sendo este um estudo de extrema importância, para que futuramente seja possível obter cultivares com boas características agrônômicas, e que também sejam adaptadas e resistentes a patógenos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar linhagens de milho-pipoca do Banco de Germoplasma da UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro) que possuem potencial para produção de minimilho e que sejam resistentes às principais doenças foliares que acometem a cultura.

2.2 Objetivos específicos

- a. Inferir sobre o potencial de genótipos de milho-pipoca que possuem potencial para o cultivo do minimilho quanto à incidência e severidade de *E. Turcicum*, *P. polysora* e *B. maydis*;
- b. Determinar a distância genética de trinta linhagens de milho-pipoca com base nas características de resistência a doenças;
- c. Selecionar linhagens favoráveis às características avaliadas que possam ser futuramente utilizadas na obtenção de novas cultivares;
- d. Avaliar o desenvolvimento das doenças em estudo, em duas épocas de plantio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura do minimilho

O minimilho, é também conhecido como “*babycorn*”, nome dado às espigas jovens ou espiguetas, não polinizadas, no estágio de desenvolvimento inicial, antes mesmo da formação de grãos, de qualquer tipo de milho (Pereira Filho, 2008). De acordo com Lima *et al* (2015), o minimilho é uma hortaliça, considerada um produto fino, que apresenta textura crocante (*in natura*), sabor ligeiramente adocicado e aspecto delicado. Ainda de acordo com o mesmo autor, constitui-se uma alternativa para a agricultura familiar, que poderá comercializá-lo, disponibilizando, com isso, um novo produto para o consumidor que aprecia o milho, bem como agregar valor à produção (Lima *et al.*, 2015).

O minimilho é consumido na forma de conserva, petisco, saladas e na confecção de pratos mais elaborados como risotos, sopas e guarnições, acompanhando carnes e peixes grelhados (Barbosa, 2009). A Tailândia se destaca com um dos maiores mercados consumidores de minimilho, mas o produto também é muito comercializado nos Estados Unidos, e vem se destacando cada vez mais no mercado brasileiro, sendo preferencialmente consumido *in natura*, em forma de conserva ou picles caseiro (Sousa *et al.*, 2012; Jesus, 2014).

No Brasil sua produção ainda é pouco explorada, embora o mercado interno e externo seja promissor (Rodrigues; Da Silva; Mori, 2004). Diversos estudos vêm sendo conduzidos com relação ao manejo cultural, como por exemplo, genótipos de milho, visando identificar aqueles mais apropriados para

obtenção de minimilho (Pereira Filho e Gama, 2001; Von Pinho *et al.*, 2003; Rodrigues, Da Silva e Mori, 2004). Neste cenário, relata-se que o minimilho pode ser produzido a partir do milho comum, doce ou pipoca (Pereira Filho e Cruz, 2001).

Relata-se ainda que as condições necessárias para manutenção das características adequadas, que proporcionem a comercialização de um produto de alta qualidade, ainda não estão totalmente esclarecidas (Queiroz *et al.*, 2010). De acordo com Meneghetti *et al.* (2008), ao ser colhido para fins comerciais, o produto deve seguir alguns modelos especificados pelas indústrias afins, de forma que as espiguetas devem seguir alguns padrões, como: tamanho de 4 a 10 cm, diâmetro de 1,0 a 1,5 cm, ter formato cilíndrico e coloração do branco pérola ao creme. Ainda de acordo com o autor, o plantio pode ser realizado tanto pelo sistema convencional como pelo plantio direto, o espaçamento deve ser de 80 cm entre linhas, semelhante à produção de grãos, recomendando uma densidade de semeadura por volta de 180.000 plantas há⁻¹, devendo-se semear de 15 a 17 sementes por metro linear (Meneghetti *et al.*, 2008).

A adubação é realizada seguindo as recomendações para o milho comum (Coelho, 2006; Fancelli e Dourado-Neto, 2007). Desta forma, o que diferencia o cultivo do minimilho do milho tradicional é a densidade de semeadura, podendo uma ser até três vezes maior que outra, dependendo da variedade (Tessaro, 2009). Alguns produtores realizam o despendoamento visando aumentar o número de espigas comerciais de minimilho, porém, trabalhos realizados por Targanski e Tsutsumi (2017), mostraram que o despendoamento afeta a produção de espigas com palha, porém não proporciona ganho na massa de espigas sem palha, sendo, portanto, uma prática não recomendada, pois possui um aumento de custos na produção.

O ponto ideal de colheita é quando as espigas estão com dois ou três dias de exposição dos estilos-estigmas (Raupp *et al.*, 2008). De acordo com Cordeiro *et al.* (2015), entre as principais vantagens do cultivo de milho, visando a produção de minimilho, destacam-se: o menor tempo de exploração de solo e insumos; a geração de renda em curto período de tempo, em função da colheita precoce da cultura; além do baixo teor calórico do minimilho, já que 90% de sua constituição é água (Lima *et al.*, 2015).

O principal problema encontrado para o produtor dessa cultura é a mão de obra necessária para a colheita, pois segundo Santos Neto (2012), ela deve ser feita manualmente e realizada nas primeiras horas do dia, quando a umidade das espigas é mais alta e a temperatura do ambiente mais baixa.

3.2 Doenças foliares na cultura do Milho

A expansão das áreas cultivadas, a extensão das épocas de plantio e a utilização de cultivares precoce com maior potencial de produção, tem trazido um aumento de ocorrência de doenças foliares nessa cultura (Von Pinho *et al.*, 1999), que podem acarretar em perdas significativas de produtividade (Moterle e dos Santos, 2019)

Os autores Pinto, Santos e Wruck (2006), acreditam que esse aumento de doenças foliares pode ter sido consequência das mudanças climáticas globais, do sistema de cultivo (plantio direto, milho irrigado), da época de plantio (primeira época – safra de verão e segunda época – safrinha), de plantios consecutivos (milho no campo o ano todo), da expansão da área cultivada, e da ausência de rotação de culturas (substituída pela sucessão de culturas). Essas ações aumentam o potencial de inóculo dos patógenos (Juliatti *et al.*, 2007), e conseqüentemente a incidência e severidade de doenças (Duarte *et al.*, 2009).

Os níveis de incidência ou de severidade das doenças variam em função do grau de suscetibilidade da cultivar, da agressividade do patógeno e das condições favoráveis do ambiente, especialmente do clima, determinando a importância relativa da doença para a cultura (De Oliveira *et al.*, 2017).

Para que ocorra uma doença é necessário que estejam presentes, ao mesmo tempo, três condições: presença do patógeno, plantas suscetíveis ao patógeno e ambiente favorável ao desenvolvimento da doença (Fantin e Duarte, 2008).

No geral, temperaturas moderadas (entre 18 e 27 °C) e presença de orvalho (Henriques *et al.*, 2014), são favoráveis ao desenvolvimento da doença. Para Reis e Casa (1996), no Brasil existe pelo menos vinte patógenos que podem acometer a cultura e que podem causar grandes prejuízos. Entre as principais doenças do milho podem ser citadas: a mancha-branca, a ferrugem-polissora, a ferrugem-branca, a ferrugem-comum, a cercosporiose, a mancha-de-bipolaris, a

mancha-de- exserohilum e a mancha-de-diplodia (Costa *et al.*, 2009). Os danos causados por essas enfermidades envolvem a redução da área foliar, redução do vigor e do peso dos grãos, envelhecimento precoce e acamamento de plantas (Costa *et al.*, 2013). Portanto, estes danos fazem com que as plantas fiquem debilitadas e mais vulneráveis à entrada de outros patógenos, como os apodrecedores de colmo e raízes (Fornasier Filho, 1992).

Os danos associados às doenças foliares se devem ao fato dos patógenos colonizarem grande parte do tecido foliar, diminuindo a área fotossintetizante, levando à necrose e senescência precoce, e, conseqüentemente, à redução da produtividade de grãos (Brito *et al.*, 2008; Gonçalves *et al.*, 2012; Faria *et al.*, 2015). De acordo com Fancelli (1988), próximo à antese, a destruição de 25% da área foliar da planta de milho em sua porção terminal, pode causar redução de 32% na produção de grãos.

3.3 *Bipolaris maydis*

A mancha-de-bipolaris ou helmintosporiose é uma doença causada pelo fungo *Bipolaris maydis* (Nisik, Miyake e Shoemaker (1959), teleomorfo: *Cochliobolus heterostrophus* já foi relatado em muitas espécies vegetais, entre essas, a do milho, é uma doença conhecida há muitos anos no Brasil e provoca grandes prejuízos na produção (Martinez *et al.*, 2010). A mancha-de-bipolaris é uma doença que ocorre com diferentes intensidades, em função do grau de resistência, do sistema de manejo da lavoura e das condições de clima durante o cultivo (Reis *et al.*, 2004).

O fungo *Bipolaris maydis* sobrevive em restos culturais, em sementes ou em hospedeiros alternativos, sendo as correntes de ar, gotas de chuvas e a própria semente, os principais mecanismos de dispersão do fungo (Marchi *et al.*, 2012). Sob condições favoráveis, o fungo reduz drasticamente a produtividade das culturas, com perdas que podem chegar a 70% (Ali *et al.*, 2011; Hussain *et al.*, 2016). A temperatura ideal para o desenvolvimento da doença é entre 22 e 30 °C (Santos Junior, 2019). O ataque às folhas pode causar redução significativa na produção devido à destruição dos tecidos ativos fotossintéticos, além de tornar esses tecidos mais suscetíveis ao ataque de outros patógenos (Kimati *et al.*, 2005). Quando o fungo infecta as plantas antes do florescimento, pode ocorrer a

coalescência das lesões, resultando na queima de todo o limbo foliar (Chagas *et al.*, 2015).

Existem registros de que a mancha-de-bipolaris ocorre em diferentes partes do mundo, sendo os sintomas mais graves em regiões de clima temperado e tropicais, quentes e úmidas, com relatos de perdas superiores a 70% na produção (Costa, 2014). No Brasil, a ocorrência de manchas foliares é frequente, havendo registros de sua incidência em todas as regiões produtoras de milho (Fernandes e Oliveira, 2000).

De acordo com Chagas (2015), existem três raças fisiológicas descritas, a raça T, a raça O e raça C. As raças T e C são infecciosas a genótipos de milho com citoplasma macho-estéril. E a raça O causa lesões foliares em genótipos com qualquer tipo de citoplasma. Os sinais das raças possuem pouca diferença entre si.

De acordo com Costa *et al.* (2014), a raça O ataca somente as folhas e causa lesões que, inicialmente, são pequenas e ovaladas. Essas lesões tornam-se alongadas quando maduras, desenvolvendo-se limitadas pelas nervuras, e apresentam coloração palha. Já a raça T corresponde a lesões ovais e levemente maiores que aquelas causadas pela raça O, apresentam uma borda de coloração marrom escura, causando lesões em toda a parte área das plantas. Os sintomas causados pela raça C são caracterizados por lesões, estreitas, alongadas e necróticas.

Dentre as medidas de controle, destaca-se o uso de genótipos resistentes. Resistência do tipo monogênica e poligênica tem sido detectada em germoplasma do milho, no entanto, em milho-pipoca ainda há poucos estudos.

3.4 *Exserohilum turcicum*

A helmintosporiose ou mancha-de-exserohilum do milho, causada por *Exserohilum turcicum*. (Pass.) K. J. Leonard e E. G. Suggs (1974) teleomorfo: *Setosphaeria turcica* é uma das doenças mais generalizada e mais destrutiva na cultura do milho (Hooker e Perkins, 1980). A doença é de ocorrência mundial (Ogliari *et al.*, 2005; Harlapur *et al.*, 2008) e destaca-se por causar mais de 40% de danos, sob condições climáticas favoráveis e em hospedeiros suscetíveis,

podendo causar perdas no rendimento de grãos que variam de 27 a 90% (Ferguson e Carson, 2007; Wang *et al.*, 2010; 2012).

No Brasil, a doença ocorre em maior intensidade em cultivo de milho safrinha, causando os maiores danos quando infecta as plantas no período de floração, em que ficam mais sensíveis (Fernandes e Oliveira, 2000). A doença se manifesta nas folhas e por vezes nas brácteas da espiga e, em condições e anos favoráveis ao desenvolvimento das epidemias nas cultivares mais sensíveis, pode levar ao completo dessecamento das folhas antes da maturação do grão (Lima, 2004). O seu desenvolvimento é mais rápido do que outras doenças comuns do milho (Butzen e Munkvold, 2004).

No Brasil, as epidemias ocorreram com maior frequência nas regiões Sul e Centro-Oeste, causando severos prejuízos aos produtores locais (Pereira, 1995; Ogliari *et al.*, 2005). Temperaturas entre 18-27 °C são favoráveis à doença, bem como a ocorrência de longos períodos de molhamento foliar ou a presença de orvalho (Costa *et al.*, 2009).

Os sinais da doença consistem em lesões foliares necróticas de coloração palha ou escura, com bordas bem definidas, largas, alongadas e grandes (5 a 8 cm de comprimento, em média), e distribuição irregular na superfície da folha (Camargo *et al.*, 2005). Podem também adquirir uma coloração bronze, parecendo-se com queimaduras que dão aparência de ter sido derivado de uma geada (Guiomar, 2011), e geralmente não são limitadas pelas nervuras da folha, fazendo da helmintosporiose uma das doenças mais fáceis de identificar (Butzen e Munkvold, 2004). Essas lesões desenvolvem-se dentro de 7-12 dias depois de infectada (Pioneerhi-bred internacional, 2010). As primeiras lesões aparecem nas folhas mais velhas (White, 2000), e normalmente as folhas inferiores são mais severamente infectadas do que as folhas superiores (Levy e Leonard, 1990).

Segundo com Vieira *et al.* (2009), uma das formas de controle dessas doenças no milho, pode ser feito por meio do controle genético por resistência quantitativa (usando vários genes de pequenos efeitos) e, por resistência qualitativa (advinda de poucos genes de grande efeito na redução da intensidade da doença). Estes dois tipos de resistência podem ser encontrados atuando separadamente, ou em conjunto.

3.5 *Puccinia polysora*

Dentre as doenças que podem prejudicar a cultura do milho, a ferrugem-polissora causada pelo fungo *Puccinia polysora* Underw (1897), é uma das mais prejudiciais e destrutíveis que atacam a cultura (Silva *et al.*, 2001; Costa *et al.*, 2012). A doença ocorre em praticamente todas as regiões produtoras de milho do mundo (Miranda *et al.*, 2002), principalmente na região Centro-Oeste, Noroeste de Minas Gerais, São Paulo, parte do Paraná e Rio de Janeiro (Casela *et al.*, 2006; Costa *et al.*, 2012). Maiores epidemias têm sido detectadas em toda a região Centro-Oeste do Brasil, no noroeste de Minas Gerais, em São Paulo e parte do Paraná (Casela *et al.*, 2006).

Sua disseminação é favorecida por altas temperaturas (em torno de 27 °C) (Silva, 1997; Da Costa, *et al.*, 2019), umidade relativa acima de 60% e temperaturas noturnas acima de 14° C, se destacando principalmente em plantios tardios quando comparado a plantios iniciais (Buiatti, 2000), e reduzindo em mais de 50% a produtividade da cultura (Chagas *et al.*, 2015).

Fatores como o monocultivo em sistema de plantio direto e o uso de híbridos suscetíveis, associados à ocorrência de clima favorável e à propagação dos inóculos também tem contribuído para o aumento na ocorrência da doença em lavouras brasileiras (Colombo, 2014), assim como a utilização incorreta de adubos sintéticos, herbicida e inseticida (Araújo *et al.*, 2010).

Os sinais da doença são formação de pústulas circulares a ovais, de coloração marrom-clara, distribuídas predominantemente na face superior das folhas, paralelamente as nervuras (Teixeira *et al.*, 2017). Os urediniósporos têm coloração amarela a dourada e são tipicamente elipsoides ou ovoides (Dudienas *et al.*, 2013). Os teliosporos são raros, aparecendo em círculos ao redor das pústulas urediniais, com 0,2 a 0,5 mm de diâmetro, de cor marrom a preta (Da Costa *et al.*, 2019).

O fungo geralmente infecta folhas completamente expandidas da planta, havendo registros da ocorrência de pústulas na face superior do limbo e da bainha foliar, nas brácteas das espigas e, em condições de alta severidade, no pendão, tornando a doença mais severa à medida que a planta se desenvolve (Kimati *et al.*, 2005; Dudienas *et al.*, 2013). A dispersão do fungo a longas distâncias é feita pelo vento e, sendo um patógeno biotrófico, sua sobrevivência no campo depende da

presença de plantas vivas (Balmer, 1987). Os inóculos também podem ser disseminados pela água, insetos e outros agentes (Godoy, 2000). O patógeno apresenta como culturas hospedeiras alternativas: o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), o capim sudão (*Sorghum sudanense* (P.) Stapf), o sorgo de halepo (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), o teosinto (*Zea mexicana* (S.) Kuntze), dentre outros (Amorin, 1995).

Alguns estudos já foram desenvolvidos sobre a ferrugem-polissora, e mostram a existência de uma grande variabilidade genética quanto à resistência ao patógeno (Vivek *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2011; Nihei e Ferreira, 2012). Essa resistência consiste na capacidade de a planta suprimir a taxa de desenvolvimento da doença, geralmente caracterizada por pequenas lesões e menos esporulação (Colombo *et al.*, 2014). Segundo Pereira Filho e Borghi (2016), apenas 17% das cultivares recomendadas para a safra 2016-2017 são classificadas como resistentes à ferrugem-polissora.

3.6 Melhoramento genético como controle de doenças de plantas

Apesar de as doenças na cultura do milho serem um fator preocupante, existem várias alternativas que podem ser utilizadas para seu controle, permitindo evitar perdas consideráveis na produção (Meneghetti Hoffmann, 2007). Tais medidas envolvem o uso de plantio antecipado, rotação de culturas, além do uso de fungicidas, no entanto, a medida de controle mais eficiente e econômica é a utilização de cultivares resistentes (Lima *et al.*, 1996; Schuelter *et al.*, 2003; Jardine e Laca-Buendia, 2009).

A resistência genética é definida como a capacidade do hospedeiro em impedir e(ou) atrasar o desenvolvimento e o crescimento do agente causal ou patógeno (Parlevliet, 1997). No melhoramento do milho, o foco principal é a obtenção de genótipos que possuam elevado potencial produtivo e resistência às principais doenças, atendendo, assim, às necessidades apontadas pelo atual nível tecnológico e pelas tendências e exigências do mercado (Gralak *et al.*, 2015). Dessa forma, o desenvolvimento de linhagens resistentes a doenças foliares é um dos objetivos dos programas de melhoramento genético de milho (Silveira *et al.*, 2006).

A utilização de híbridos resistentes aos patógenos é apontada como a mais eficiente e econômica ferramenta no manejo integrado de doenças na cultura do milho (Colombo *et al.*, 2014).

O ideal é manter a qualidade da planta, pois o estado nutricional é um dos fatores determinantes no seu crescimento e desenvolvimento, além de ajudar a reagir melhor às adversidades climáticas, ao ataque de pragas e doenças, resultando em ganhos de produtividade e apresentando grãos com melhor qualidade sanitária (Chagas, 2016)

Apesar das pesquisas relacionadas à resistência a doenças em milho-pipoca ainda serem escassas (Ribeiro *et al.*, 2016; Vieira *et al.*, 2016), alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos para esse fim. Arnhold (2008) estimou a herdabilidade e correlações genéticas para prever ganhos genéticos e selecionar famílias S1, para resistência a doenças foliares para o melhoramento intrapopulacional.

Em um trabalho realizado por Kurosawa *et al.* (2016), com o objetivo de avaliar a reação de genótipos de milho-pipoca quanto à resistência à ferrugem da polissora, foi observada grande variabilidade genética para caracteres relacionados à resistência a doença. Kaefer (2017) utilizou 72 linhagens de milho para caracterizá-las quanto à resistência a helmintosporiose e mancha branca, e sugeriu cruzamentos com base na diversidade genética detectada, e com base em marcadores, além disso, ele mapeou regiões genômicas para estudar o controle genético envolvido.

A produção de minimilho possui um menor tempo de cultivo, quando comparado ao milho comum, o que possivelmente diminui a fonte de inóculo do patógeno, pois ele circula por menos tempo na planta. Porém, estudos dessa natureza são escassos para produção de minimilho, carecendo de informações que possam acrescentar técnicas aos produtores da cultura em questão.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Materiais genéticos

O experimento foi composto por trinta (30) linhagens de milho-pipoca do banco de germoplasma da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Tabela 1), das quais: cinco foram extraídas da população BRS-Angela; duas do Composto CMS-42; uma do híbrido IAC-122; duas do híbrido IAC-125; duas da população PARA-172; uma da população PR-023; duas da população SE-013; uma da população PA-091; 14 da população UENF-14. Tais linhagens foram selecionadas pela sua maior prolificidade.

Tabela 1. Genealogias, tipos e instituições de origem das linhagens avaliadas de milho-pipoca com potencial para a produção de minimilho

Linhagens	Genealogia	Tipo	Instituição de Origem
L61	BRS-Angela	População	Embrapa
L63	BRS-Angela	População	Embrapa
L65	BRS-Angela	População	Embrapa
L69	BRS-Angela	População	Embrapa
L70	BRS-Angela	População	Embrapa
L203	IAC-125	Híbrido	IAC
L204	IAC-125	Híbrido	IAC
L261	PARA-172	População	CIMMYT
L270	PARA-172	População	CIMMYT
L363	PR-023	População	UEM
L476	SE-023	População	UEM
L477	SE-023	População	UEM
L623	PA-091	População	UEM
L681	UENF-14	População	UENF
L682	UENF-14	População	UENF
L683	UENF-14	População	UENF
L684	UENF-14	População	UENF
L685	UENF-14	População	UENF
L686	UENF-14	População	UENF
L688	UENF-14	População	UENF
L689	UENF-14	População	UENF
L691	UENF-14	População	UENF
L692	UENF-14	População	UENF
L693	UENF-14	População	UENF
L694	UENF-14	População	UENF
L695	UENF-14	População	UENF
L696	UENF-14	População	UENF
P2	CMS-42	Composto	EMBRAPA
P3	CMS-42	Composto	EMBRAPA
P9	IAC-122	Híbrido	IAC

CIMMYT, Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo; EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; IAC, Instituto agrônomo de Campinas; UEM, Universidade Estadual de Maringá; UENF, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

4.2 Localização e Delineamento experimental

Foram realizados dois experimentos, o primeiro na safra de verão (2017/2018) e o segundo na safra de inverno (2018). Os experimentos foram conduzidos em áreas experimentais do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre, localizado no distrito de Rive - ES, latitude “20°45’44” Sul, longitude “41°27’43” Oeste e altitude de 134 m. O clima da região é do tipo “Aw” com estação seca no inverno, sendo a precipitação anual em torno de 1.200 mm, de acordo com a classificação de Köppen, e temperatura anual média é de 23 °C.

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com 4 repetições, totalizando 120 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída por uma (1) linha de 2 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,8 m, utilizando como bordadura uma cultivar padrão, sendo a área total do experimento de 384 m², com área útil de 192 m².

4.3. Condução do experimento

O preparo do solo foi realizado com uma operação de aração e uma de gradagem. Após o preparo do solo foi instalado o sistema de irrigação por aspersão portátil, com laterais móveis na área do experimento. Aproximadamente 10 dias após o preparo do solo foi realizada a adubação de plantio. Para a adubação foi aplicada a quantidade equivalente a 280 kg de composto orgânico de cama aviária em toda a área do experimento, os cálculos de adubação foram realizados de acordo com Pereira Júnior *et al.* (2012).

No dia seguinte, com o auxílio da enxada, foram abertos os sulcos, e logo em seguida foi realizada a semeadura das respectivas linhagens e o plantio das bordaduras. Em torno de quinze dias após o plantio no campo foram feitos tratamentos culturais como a capina, para a eliminação de plantas invasoras, e o desbaste nas plantas de milho, mantendo-se o espaçamento necessário para o desenvolvimento das plantas. Em seguida foi realizado a adubação de cobertura, com a mesma quantidade de composto orgânico utilizado no de plantio.

4.4 Características avaliadas

A infecção dos patógenos das doenças ocorreu de forma espontânea, por ocorrência natural. A reação das linhagens à doença foliar foi quantificada por meio da estimativa da severidade dos sintomas, para tanto, foi adotada duas estratégias de obtenção das estimativas: pela aferição da porcentagem dos sintomas ao longo da planta (incidência), e pela aferição da porcentagem dos sintomas ao longo da folha, imediatamente abaixo da primeira espiga (severidade).

A avaliação foi realizada semanalmente, a partir da época de florescimento masculino, durante quatro (4) semanas, totalizando 4 avaliações. Foram realizadas avaliações tomando-se 5 plantas por parcela, começando a contar após as duas primeiras plantas da parcela.

Para avaliar a incidência das doenças na planta inteira, foi utilizada a escala adotada pela Agrocerec (1996), a qual apresenta intervalo de 1 a 9, em que nota 1: 0 % de incidência; nota 2: 0,5 % de incidência; nota 3: 10 % de incidência; nota 4: 30 % de incidência; nota 5: 50 % de incidência; nota 6: 70 % de incidência; nota 7: 80 % de incidência; e nota 9: 100% de incidência (Figura 1). Tal metodologia foi adotada para avaliação da incidência de folhas com sintoma dos três patógenos (*B. maydis*, *E. turcicum*, e *P. polysora*)

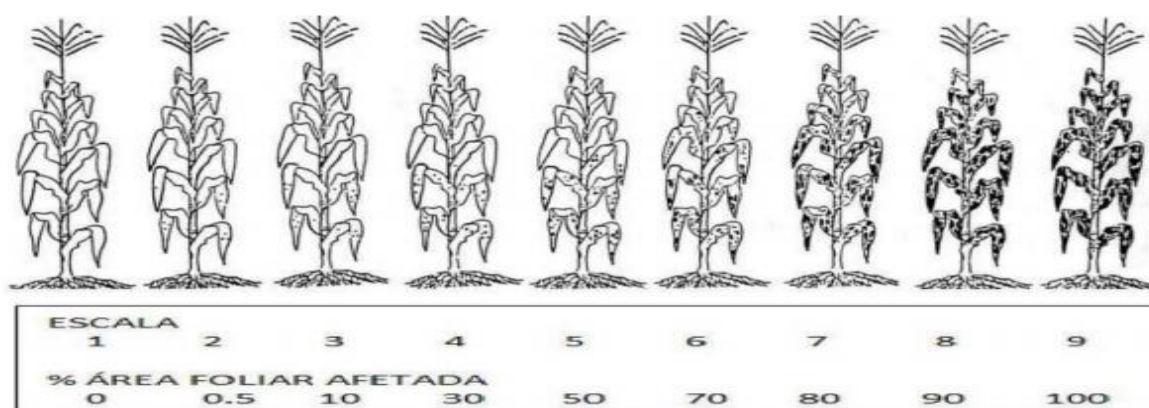


Figura 1. Escala diagramática para avaliação da incidência de moléstias com base na planta, adotada pela Agrocerec (1996).

Para a severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga foi utilizada a escala de Cobb modificada (Chester, 1950) com gradação, variado de 5 a 100% (Figura 2).

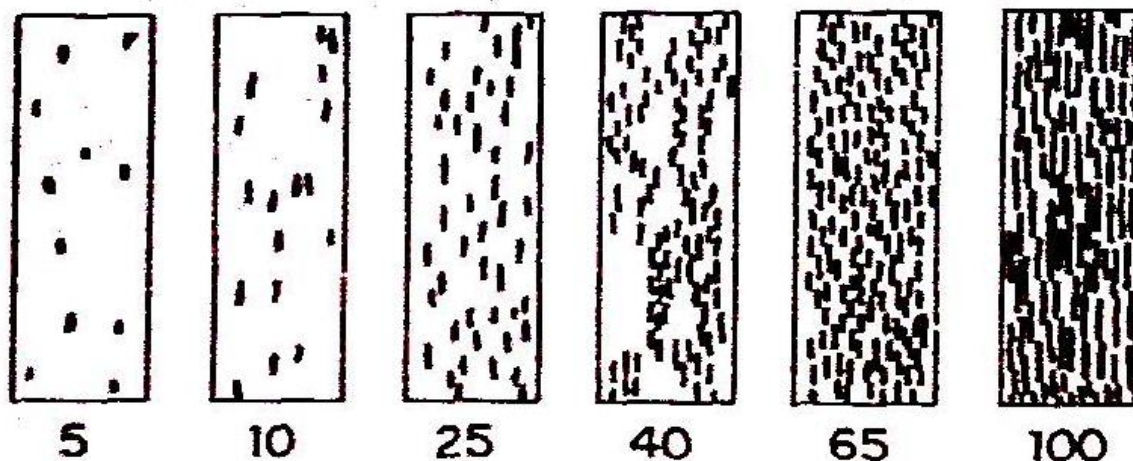


Figura 2. Escala diagramática para avaliação da severidade de ferrugem polissora em folhas de milho, proposto por Chester (1950).

Para a severidade da helmintosporiose causada pela *B. maydis* foi utilizada a escala diagramática proposta por James (1971). Sendo o intervalo de severidade expressos pela escala: 0%; 1%; 5%; 25%; e 50%, apresentada na Figura 3. Para a severidade da helmintosporiose causada pelo *E. turcicum* foi utilizada a escala diagramática proposta por Vieira *et al.* (2013), sendo o intervalo de severidade expressos pela escala: 0,5%, 1,6%, 5%, 15%, 37%, 66%, 87% e 96% apresentada na Figura 3.



Figura 3. Escala diagramática para avaliação de severidade de *Bipolaris maydis* em folhas de milho, proposta por James (1971).

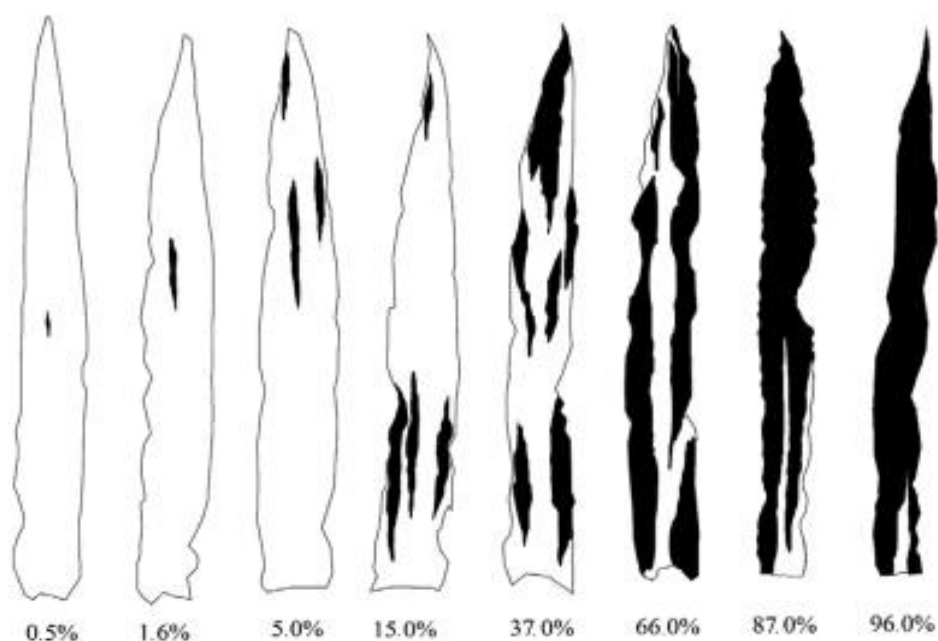


Figura 4. Escala diagramática para avaliação de severidade de *Exerohilum turcicum* em folhas de milho, proposta por Vieira *et al.* (2013).

4.5. Análise estatística

Os dados obtidos das avaliações das doenças ao longo do tempo foram convertidos em valores médios, e também integralizados em uma única variável AACPD. A determinação da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), segundo a equação de Shanner e Finney (1977), corresponde a

interações numéricas da proporção de doenças em relação ao tempo. A AACPD foi obtida pela expressão:

$$AACPD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) \cdot (T_{i+1} - T_i)$$

Em que:

n - é o número de observações

Y_i - é a severidade da doença na “ i ”-ésima observação;

T_i - é o tempo em dias na “ i ”-ésima observação

Com os dados da AACPD, para cada variável, foi conduzida a análise de variância conjunta dos dados, considerando-se os dois experimentos. Quando constatado efeito significativo, foi conduzido testes de agrupamento de médias (Scott-Knott ao nível de probabilidade de 0,05). Visando resumir as informações da resistência das linhagens às diferentes doenças, considerou-se oportuno realizar a análise de agrupamento. Para tal, calculou-se as distâncias de Mahalanobis para todos os pares de linhagens usando as variáveis de AACPD, que foram significativas pela ANOVA.

A distância genética é uma medida da diferença de material genético, considerada importante para o melhoramento (genético), pelo fato de fornecer parâmetros para a identificação de genótipos superiores, uma vez que a escolha de genitores para formação de populações segregantes é uma das principais decisões que o melhorista precisa tomar (Bertan *et al.*, 2006).

Com base na matriz de distância genética, um dendrograma foi construído usando o método de agrupamento por distância média (UPGMA). O ajuste entre a matriz de distância e o dendrograma foi estimado pelo coeficiente de correlação cofenética (CCC), desenvolvido por Sokal e Rohlf (1962). Todas as análises dos dados foram realizadas pelo *software* Genes (Cruz, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância evidenciou diferença significativa ($p < 0.05$) entre as linhagens para AACPD, para incidência e severidade de *B. maydis*, *E. turcicum* e *P. polysora*. A existência de diferença significativa indica que, ao se trabalhar com as linhagens avaliadas nesse estudo, é possível selecionar aquelas com maior nível de resistência para cada uma das três doenças estudadas. Em relação às diferenças entre as épocas de plantio, não houve diferença para área abaixo da curva de progresso de doença de severidade de *P. polysora*. Os resultados obtidos pela análise conjunta demonstraram que a interação linhagem x ambiente foi significativa para todas as variáveis. Desta forma, as análises subsequentes foram conduzidas considerando cada ambiente de forma isolada.

Observou-se que apenas no experimento conduzido na primeira época de plantio obteve-se diferença significativa para variáveis associadas a *P. polysora*. Na segunda época de cultivo foram observadas diferenças entre as linhagens para *E. turcicum* e *B. maydis*. Isso possivelmente pode ser em decorrência das condições ambientais terem favorecido a *P. polysora* e desfavorecido a incidência de *E. turcicum* e *B. maydis*. Já na segunda época ocorreu o inverso, havendo um desfavorecimento a incidência de *P. polysora*.

Considerando a significância da fonte de variação de linhagens, procedeu-se à análise complementar, ou seja, o teste de agrupamento de Scott-Knott. Desta forma, na primeira época, observou-se a formação de três grupos para as linhagens (Tabela 2), tanto para área abaixo da curva de progresso de ferrugem obtidos para incidência (AACPIF), quanto para área abaixo da curva de

progresso de ferrugem obtidos para severidade (AACPSF) . Na segunda época, os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente entre si, tanto para AACPIF, quanto para AACPSF. Essa diferença pode ter como causa a presença do patógeno de forma mais intensa na primeira época, em comparação à segunda, uma vez que a incidência e severidade da doença aumentam na medida em que as condições ambientais favorecem as condições do patógeno. Este cenário corrobora Casela e Ferreira (2002), ao indicarem que temperaturas entre 26 e 30 °C e elevada umidade relativa do ar, favorecem o aparecimento do patógeno.

Na primeira época de plantio, o grupo de linhagens que apresentaram maiores valores para AACPIF e, por conseguinte, maiores níveis de susceptibilidade, foram formados por L692 e L689, que compõe o grupo A e B, respectivamente (tabela 2). As demais linhagens compuseram o grupo C e se mostraram resistentes a doença, com uma média de 22,44 (Tabela 2). Para AACPSF na primeira época, as linhagens L692 e L689 (grupo A) e L69, L70, L623, L688 e P2 (grupo B), apresentaram maiores níveis de susceptibilidade, com uma média de 100,73. As demais linhagens obtiveram as menores médias para severidade de ferrugem, compondo o grupo C, com a média no valor de 2,58 (Tabela 2).

A resistência a *P. polysora* é governada por poucos genes com maior efeito de resistência, sendo a resistência atribuída aos alelos dominantes ou dominantes incompletos (Storey e Howland, 1959; Holland *et al.*, 1998; Camargo, 2000; Brewbaker *et al.*, 2011). Esses genes favoráveis podem ser herdados pelas gerações futuras (Colombo *et al.*, 2014). Considerando o prolatado acima, ou seja, resistência governada por poucos genes e expressa na presença de alelos dominantes, as linhagens identificadas como resistentes neste trabalho podem ser consideradas genitores promissores para incorporação de resistência à ferrugem, a partir de cruzamentos mais simples.

Também em termos de melhoramento, linhagens susceptíveis, embora não sejam fontes de alelos favoráveis para a incorporação de resistência em híbridos, podem ser utilizadas como testadoras para composição de delineamentos genéticos, visando melhor discriminação de genitores com maior nível de resistência. De acordo com Lima e Borém (2018), testadores de base genética estreita e pobres em relação à quantidade de alelos favoráveis para o

caráter em estudo, são os testadores que melhor discriminam genitores em potencial.

Tabela 2. Incidência e severidade de *P. polysora* avaliados em linhagens de milho-pipoca com potencial para a produção de minimilho

Linhagens	Área Abaixo da Curva de Progresso de Incidência de <i>F. polysora</i>		Área Abaixo da Curva de Progresso de Severidade de <i>F. polysora</i>	
	Época 01	Época 02	Época 01	Época 02
L61	3,94 C*	7,00 A	0,00 C	12,25 A
L63	0,68 C	6,60 A	0,00 C	12,25 A
L65	22,42 C	5,43 A	13,65 C	4,90 A
L69	38,85 C	5,74 A	83,83 B	27,13 A
L70	219,89 C	0,00 A	59,33 B	1,05 A
L203	1,93 C	4,74 A	0,00 C	17,85 A
L204	2,63 C	2,00 A	0,00 C	7,35 A
L261	0,88 C	13,21 A	0,00 C	11,11 A
L270	0,53 C	3,90 A	0,53 C	5,43 A
L363	1,75 C	0,84 A	1,05 C	4,73 A
L476	0,21 C	9,84 A	0,35 C	19,99 A
L477	28,39 C	12,74 A	7,00 C	11,55 A
L623	28,68 C	2,15 A	22,17 B	0,18 A
L681	1,45 C	0,53 A	0,70 C	0,88 A
L682	6,58 C	0,00 A	0,00 C	0,18 A
L683	0,35 C	1,89 A	0,00 C	5,08 A
L684	5,51 C	0,00 A	0,53 C	0,00 A
L685	0,00 C	11,73 A	0,00 C	6,30 A
L686	38,33 C	0,00 A	12,51 C	0,00 A
L688	61,58 C	1,05 A	50,40 B	6,48 A
L689	303,42 B	26,72 A	263,29 A	25,03 A
L691	18,11 C	2,96 A	5,25 C	0,96 A
L692	589,23 A	20,74 A	203,18 A	16,98 A
L693	0,00 C	11,94 A	0,00 C	1,58 A
L694	55,30 C	0,51 A	8,93 C	1,58 A
L695	8,30 C	5,20 A	0,00 C	13,65 A
L696	10,03 C	0,54 A	5,78 C	2,98 A
P2	7,33 C	13,65 A	22,93 B	4,29 A
P3	40,64 C	0,14 A	0,53 C	0,00 A
P9	23,98 C	4,45 A	16,66 C	11,20 A

* Médias seguidas de mesma letra constituem um grupo homogêneo pelo teste de agrupamento de *Scott-Knott* a 0,05 de probabilidade.

Considerando as duas épocas de cultivo, bem como os valores de área abaixo da curva de progresso de doença, estimada para incidência e severidade de ferrugem polissora, as linhagens L61, L63, L65, L203, L204, L261, L270, L363, L476, L477, L681, L682, L683, L684, L685, L686, L691, L693, L694, L695, L696, P3 e P9 se destacaram como as mais promissoras para este estudo. As linhagens indicadas no grupo com maior resistência são provenientes das seguintes genealogias: BRS-Angela, variedade de polinização aberta, oriunda de seis ciclos de seleção recorrente do composto CMS-43 desenvolvido pela EMBRAPA (Pacheco *et al.*, 2000), considerada medianamente tolerante a *P. polysora* (Embrapa 2008; Vieira *et al.*, 2009); O híbrido IAC-125, desenvolvido pelo IAC, moderadamente suscetível a doença (Scapim *et al.*, 2010); PARA-172, população de polinização aberta, oriunda do CIMMYT e obtida no Paraguai; PR-023, variedade de polinização aberta da UEM, que foi obtida de gerações avançadas de um híbrido americano (Da silva, 2008) e não possui estudos de resistência à ferrugem; SE-023, o qual não possui estudos sobre resistência a doença; UENF-14, população de polinização aberta que foi originada da Variedade UNB-1 e que também não possui estudos sobre a resistência da doença; CMS-42, variedade de polinização aberta, que foi desenvolvida pela EMBRAPA (Pacheco *et al.*, 1992); e, híbrido IAC-122, que também não possuem estudos sobre resistência à *P. polysora*.

Observou-se efeito significativo para as variáveis relacionadas à *E. turcicum*, avaliadas apenas na segunda época de plantio. Na primeira época, tanto para área abaixo da curva de progresso da doença obtidos para incidência (AACPIN), quanto para área abaixo da curva de progresso da doença obtidos para severidade (AACPSN), os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente entre si. A média para AACPIN foi de 36,22, e para AACPSN foi de 20,08. Resultados semelhantes foram encontrados por Julliat *et al.* (2005), ao avaliarem híbridos de milho, pois não encontraram diferenças para a variável AACPD, calculada com base na severidade de *E. turcicum*. De acordo com Neto e Fancelli (2000), a maior severidade da *E. turcicum* ocorre nas épocas de semeaduras da safra de inverno, época na qual se obteve os efeitos significativos neste estudo.

Pelo teste de agrupamento observou-se a formação de dois grupos para AACPIN, avaliados na segunda época de plantio (Tabela 3).

Tabela 3. Incidência e severidade de *E turcicum* avaliados em linhagens de milho-pipoca com potencial para a produção de minimilho

Linhagens	Área Abaixo da Curva de Progresso de Incidência de <i>E turcicum</i>		Área Abaixo da Curva de Progresso de Severidade de <i>E turcicum</i>	
	Época 01	Época 02	Época 01	Época 02
L61	14,91 A*	62,09 B	21,00 A	25,11 C
L63	8,10 A	35,58 B	2,59 A	6,42 C
L65	53,64 A	4,97 B	27,55 A	2,99 C
L69	43,56 A	53,06 B	35,70 A	7,25 C
L70	138,97 A	86,84 B	63,47 A	23,84 C
L203	8,79 A	187,64 A	4,52 A	108,10 B
L204	37,01 A	218,77 A	17,34 A	154,02 A
L261	6,74 A	153,67 A	4,24 A	118,14 B
L270	35,67 A	135,08 A	58,45 A	96,09 B
L363	14,21 A	221,41 A	13,48 A	139,44 B
L476	2,26 A	233,89 A	5,02 A	241,32 A
L477	34,41 A	155,51 A	23,59 A	98,98 B
L623	6,66 A	39,87 B	37,21 A	14,95 C
L681	33,93 A	162,26 A	19,18 A	93,49 B
L682	19,27 A	230,53 A	6,83 A	110,32 B
L683	24,33 A	107,03 A	1,89 A	52,10 C
L684	94,90 A	27,62 B	46,53 A	19,93 C
L685	15,47 A	9,40 B	8,07 A	3,42 C
L686	12,41 A	39,57 B	2,52 A	17,90 C
L688	15,63 A	98,47 A	2,59 A	98,79 B
L689	27,30 A	39,88 B	7,00 A	16,28 C
L691	1,26 A	22,45 B	0,56 A	3,54 C
L692	81,08 A	45,22 B	41,06 A	21,23 C
L693	8,93 A	32,95 B	0,00 A	3,06 C
L694	34,00 A	132,60 A	17,99 A	41,79 C
L695	23,40 A	15,24 B	7,35 A	16,26 C
L696	18,18 A	227,89 A	3,76 A	110,18 B
P2	111,13 A	336,23 A	36,49 A	229,58 A
P3	43,79 A	16,01 B	46,76 A	10,38 C
P9	116,67 A	161,39 A	39,67 A	62,88 B

* Médias seguidas de mesma letra constituem um grupo homogêneo pelo teste de agrupamento de *Scott-Knott* a 0,05 de probabilidade.

No grupo de maiores médias (184,16), ficaram alocadas as linhagens: L688, L694, L696, P2, P9, L681, L682, L683, L203, L204, L261, L270, L363, L476 e L477. O segundo grupo, com as menores médias (35, 38), foi formado pelas linhagens, L623, L695, P3, L689, L691, L692, L693, L684, L685, L686, L61, L63, L65, L69 e L70. As linhagens alocadas no grupo de maior resistência foram obtidas de diferentes genealogias, a saber: PA-091, desenvolvida na UEM, não há informações sobre resistência para *E. turcicum*; UENF-14, população de polinização aberta, originada da Variedade UNB-1, que foi cruzada com a variedade americana e selecionada para a resistência à *E. turcicum* (Scapim *et al.*, 2002); CMS-42, variedade de polinização aberta, que foi desenvolvida pela EMBRAPA, apresenta tolerância a ferrugem e *E. turcicum* (Pacheco *et al.*, 1992); e, BRS-Angela, variedade de polinização aberta, oriunda de seis ciclos de seleção recorrente do composto CMS-43 da EMBRAPA (Pacheco *et al.*, 2000), o qual apresenta resistência moderada à *E. turcicum* (Embrapa, 2008).

Dado o exposto, observa-se a existência de genes e alelos de resistência nessas populações, sugerindo que as linhagens supracitadas são as que herdaram maior quantidade de alelos favoráveis a resistência para as referidas doenças. Aventa-se ainda a possibilidade de obtenção de híbridos superiores, uma vez que há linhagens resistentes provenientes de diferentes genealogias, tornando-se oportuno a exploração da heterose.

Quanto à AACPSN, obtidas no segundo experimento, houve a formação de três grupos (Tabela 3). No grupo de maiores médias estão presentes as linhagens L204, L476 e P2 (com média de 208,30). No segundo grupo, com média de 103,54, ficaram alocadas as linhagens L203, L477, L688, L696, P9, L681, L682, L61, L270 e L363. E o grupo de menor intensidade (média de 16,85), foi formado pelas linhagens L623, P3, L689, L691, L692, L693, L694, L695, L683, L684, L695, L686, L61, L63, L65, L69 e L70. Observa-se que no grupo que ficaram alocadas as linhagens que obtiveram as menores médias, há ocorrência das mesmas genealogias citadas para AACPIN (PA-091, CMS-42, UENF-14, BRS-Angela).

De forma geral, a severidade da época 2 foi maior do que na época 1, sendo que a época 2 se encaixa no cultivo de milho safrinha (safra de inverno). Corroborando Fernandes e Oliveira (2000), ao afirmarem que as doenças ocorrem em maior intensidade em cultivo de milho safrinha (safra de inverno),

causando os maiores danos quando infectam as plantas no período de floração. Na segunda época (figura 5), pode-se observar que as temperaturas foram mais baixas do que na primeira época, o que favoreceu o desenvolvimento do patógeno. O período da safrinha (safra de inverno) apresenta restrições climáticas ao crescimento e desenvolvimento da cultura do milho, sobretudo em relação à temperatura (Gonçalves *et al.*, 2002).

As linhagens L61, L63, L65, L69, L70, L623, L683, L684, L685, L686, L689, L691, L692, L693, L694, L695 e P3 se destacaram por apresentar as menores médias para helmintosporiose causada por *E. turcicum*. Assim como observado para *E. turcicum*, quando se analisa as características avaliadas para *B. maydis*, não se percebe efeito significativo para as linhagens na primeira época de plantio. Por outro lado, na segunda época de plantio há diferenças entre as linhagens. Observou-se que a média, na primeira época, para área abaixo da curva de progresso da doença obtidos para incidência (AACPIS) foi de 27,10 e para área abaixo da curva de progresso de doença obtidos para severidade (AACPSS) foi de 15,42. Esse fato pode ter sido em decorrência da maior pluviosidade encontrada na primeira época (figura 5).

Na segunda época de plantio, para AACPIS houve a formação de três grupos (Tabela 4). As linhagens L686, L688, L692, L693, L696 e P3 formaram o grupo de maior média (123,81). O segundo grupo foi formado pelas linhagens L65, L495, L46, L477, L623, L70, L203, L689 e L695, com média de 211,49. O grupo de menor média (69,26) foi composto pelas linhagens L69, L691, L694, P2, P9, L681, L682, L683, L684, L685, L204, L261, L270, L363, L61 e L63. Essas linhagens foram obtidas a partir das seguintes genealogias: BRS-Angela, UENF 14, CMS-42, IAC 122, IAC 125 e PARA 172. Quanto ao híbrido de milho-pipoca IAC 125, ainda não há registro de nenhum estudo que comprove sua resistência à *B. maydis* (Scapim *et al.*, 2010). A variedade de polinização aberta PARA-172, oriunda do Paraguai, é considerada promissora para resistência à helmintosporiose, porém não há estudos que abordem quanto a sua resistência para outras as doenças citadas (Kurosawa, 2015). A PR-023, desenvolvida na UEM, é pouco explorada por programas de melhoramento para a obtenção de linhagens ou híbridos resistentes a doenças (Scapim *et al.*, 2006).

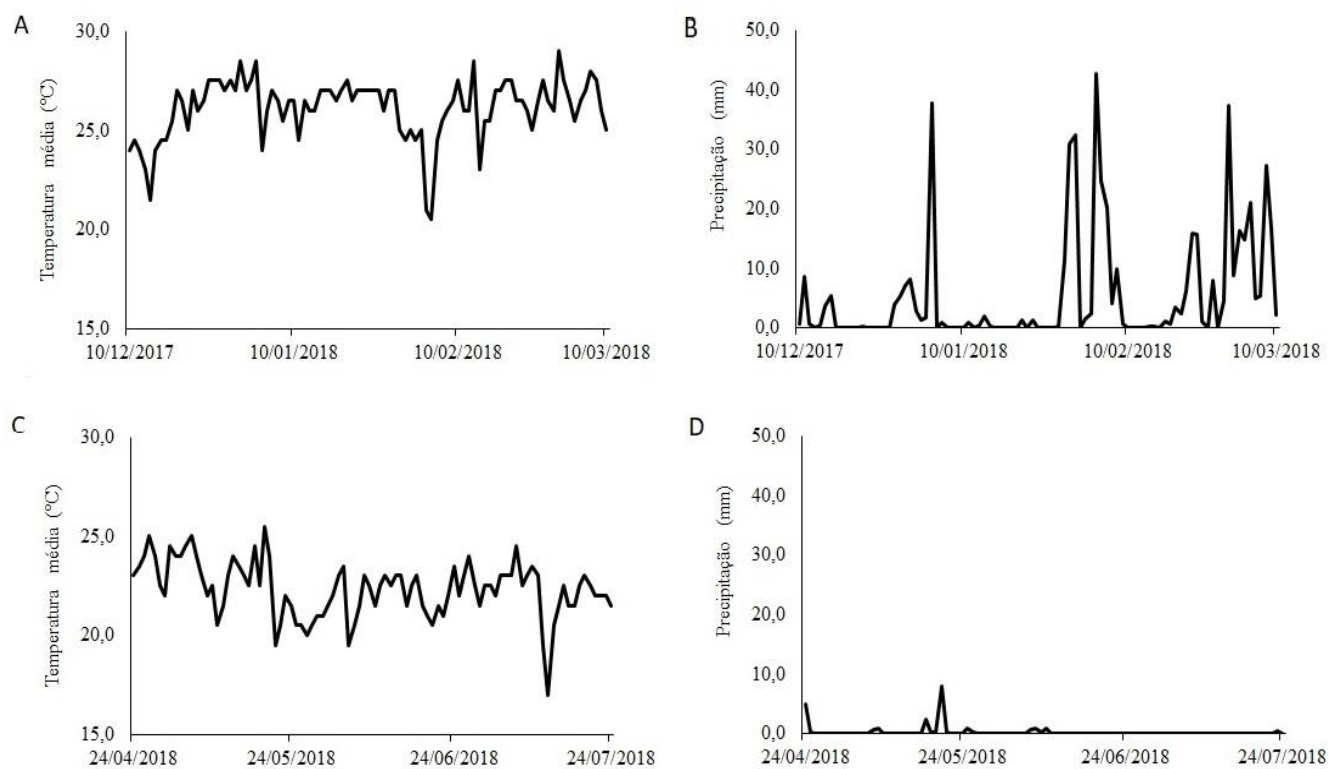


Figura 5. Temperatura média e pluviosidade durante o período de cultivo de milho pipoca, em Alegre, ES, em duas diferentes épocas: Dezembro de 2017 a Março de 2018 (A e B); Abril a Julho de 2018 (C e D).

Tabela 4. Incidência e severidade de *Bipolaris maydis* avaliados em linhagens de milho-pipoca com potencial para a produção de minimilho

Linhagens	Área Abaixo da Curva de Progresso de Incidência de <i>B. maydis</i>		Área Abaixo da Curva de Progresso de Severidade de <i>B. maydis</i>	
	Época 01	Época 02	Época 01	Época 02
L61	28,89 A*	71,33 C	11,64 A	21,98 C
L63	2,42 A	31,68 C	0,88 A	27,21 C
L65	10,50 A	166,99 B	5,78 A	45,33 C
L69	32,18 A	78,33 C	26,78 A	39,20 C
L70	19,57 A	166,90 B	45,50 A	77,35 B
L203	0,44 A	209,06 B	0,00 A	85,58 B
L204	30,00 A	80,94 C	9,45 A	28,96 C
L261	5,78 A	57,09 C	39,73 A	21,61 C
L270	10,90 A	12,44 C	0,53 A	4,80 C
L363	6,91 A	51,59 C	2,63 A	35,14 C
L476	12,81 A	139,89 B	5,69 A	60,74 C
L477	34,86 A	141,52 B	5,43 A	34,91 C
L623	46,24 A	122,62 B	19,25 A	56,33 C
L681	48,14 A	121,22 C	15,05 A	27,23 C
L682	14,44 A	93,01 C	1,40 A	49,35 C
L683	37,52 A	89,88 C	1,05 A	20,34 C
L684	8,65 A	28,12 C	4,29 A	14,00 C
L685	0,00 A	46,66 C	0,00 A	17,80 C
L686	93,54 A	230,43 A	33,60 A	81,99 B
L688	55,95 A	292,95 A	5,78 A	104,90 B
L689	1,75 A	148,54 B	2,28 A	56,14 C
L691	28,89 A	108,13 C	2,63 A	34,13 C
L692	37,99 A	269,37 A	19,25 A	158,00 A
L693	0,00 A	294,46 A	0,00 A	82,20 B
L694	65,54 A	134,59 C	15,93 A	35,18 C
L695	9,35 A	198,99 B	0,00 A	54,53 C
L696	79,54 A	260,23 A	109,99 A	109,11 B
P2	42,44 A	45,78 C	50,23 A	30,10 C
P3	27,34 A	318,92 A	11,03 A	206,68 A
P9	20,27 A	57,37 C	16,80 A	19,44 C

* Médias seguidas de mesma letra constituem um grupo homogêneo pelo teste de agrupamento de *Scott-Knott* a 0,05 de probabilidade.

Ao analisar a AACPSS, observou-se a formação de três grupos: grupo A, com média de 277,72 (linhagens L692 e P3); grupo B, com média de 161,81 (linhagens L693, L696, L686, L688, L70 e L203); e, grupo C, com média de 33,38 (linhagens P2, P9, L694, L695, L689, L691, L204, L261, L270, L363, L476, L477, L623, L681, L682, L683, L684, L685, L61, L63, L65 e L69). O grupo de linhagens com as menores médias foram desenvolvidas a partir das genealogias CMS-42, IAC 122, UENF- 14, IAC 125, PARA 172, PR-023, SE-023 e BRS-Angela. As linhagens L61, L63, L65, L69, L204, L261, L270, L363, L476, L477, L623, L681, L682, L683, L684, L685, L689, L691, L694, L695, P2 e P9 se destacaram para helmintosporiose causada por *B. maydis* neste estudo. Portanto, torna-se oportuna a obtenção de híbridos para a exploração da heterose, visto que as linhagens destacadas para a resistência são oriundas de diferentes genealogias.

No presente estudo, observou-se também que a primeira época foi à melhor para distinção dos genótipos para resistência à *P. polysora*. Já para resistência à *E. turcicum* e *B. maydis*, a segunda época apresentou os genótipos mais bem diferenciados. Acredita-se que tais resultados são em decorrência das condições ambientais que favoreceram o desenvolvimento da doença (figura 5). Para *P. polysora* alta umidade e temperatura (25 a 35 °C) favorecem o surgimento do patógeno, sendo a primeira época a que mais propiciou o desenvolvimento da doença. Já a segunda época, favoreceu o surgimento de *E. turcicum* e *B. maydis*, uma vez que temperaturas entre 18 e 27 °C e entre 22 e 30 °C, respectivamente, favoreceram o aparecimento das helmintosporioses.

De modo geral, considerando a área abaixo da curva de progresso de doença obtidas para severidade das três doenças, as linhagens L61, L63, L65, L683, L684, L685, L691, L694, e L695 podem ser apontadas como possíveis doadoras de alelos de resistência para múltiplas doenças.

Visando reunir informações das variáveis, os valores obtidos foram resumidos em uma matriz de distância genética e representado por um dendograma. Foi considerado como ponto de corte a distância de 53%, havendo, portanto, a formação de 5 grupos (Figura 6). O coeficiente de correlação cofenética foi de 0,89, apontando a alta consistência do agrupamento realizado (Cruz e Carneiro, 2003; Araújo *et al.*, 2014).

As linhagens L61, L63, L684, L685 e L691, identificadas como as mais resistentes, formaram o grupo 1. A linhagem L692, suscetível a *P. polysora* e *B.*

maydis constituiu o grupo 2. Já o grupo 3 foi formado pela linhagem L689, suscetível a *P. polysora* e moderadamente resistente a *B. maydis*. O grupo 4 reuniu as linhagens L476 e P2, resistentes a *B. maydis*, e moderadamente resistentes à *P. polysora*, mas suscetível a *E. turcicum*. O grupo 5 foi formado pela linhagem P3, suscetível a *B. maydis* e moderadamente resistente à *P. polysora* e *E. turcicum*.

As linhagens compostas pelo grupo 1, o mais resistente, possivelmente possuem potencial para geração de híbridos superiores. Essas linhagens são oriundas das populações BRS-Angela e UENF-14 que são genealogias distintas, o que possibilita ainda o aumento da heterose, visto que ela geralmente é aumentada em função da distância genética entre os genitores (Borém, 2001). Em estudos anteriores, Mafra *et al.* (2018) relataram resistência da linhagem L61 e L63 à *P. polysora*, as quais estão presentes no grupo 1.

As maiores distâncias foram encontradas entre as linhagens L691-P3, L61-L691 e L61-L686. A análise de agrupamento aponta para genótipos que podem ter maior probabilidade de serem parentais, reduzindo o número de ciclo de gerações em um programa de melhoramento, além do incremento da heterose (Rigon *et al.*, 2015; Mohammadi e Prasanna, 2003). Essas distâncias representam o maior grau de dissimilaridade entre essas linhagens, sendo apontadas como candidatas à geração de híbridos superiores.

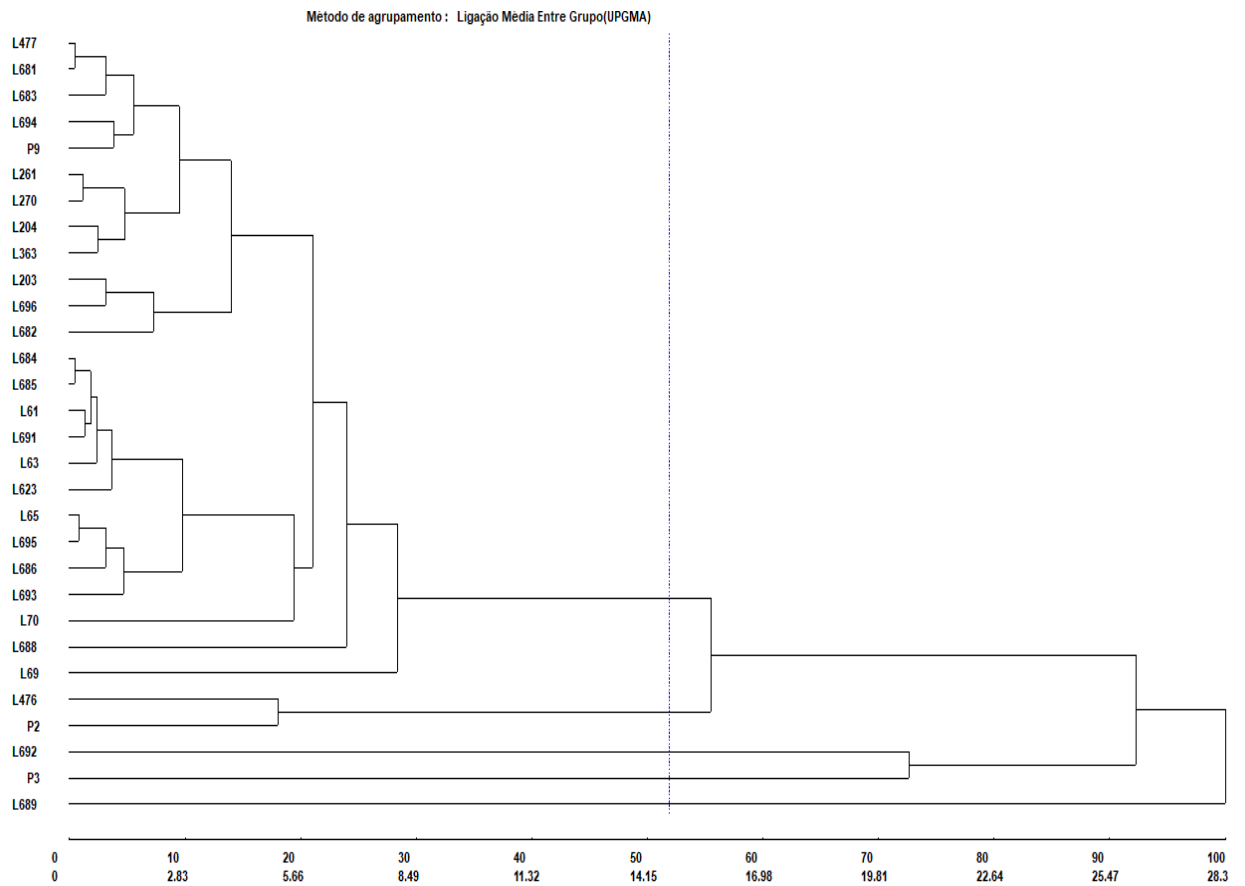


Figura 6. Dendrograma obtido por meio do método de agrupamento UPGMA, a partir das medidas de dissimilaridade genética de 30 linhagens de minimilho

6. CONCLUSÃO

As linhagens L61, L63, L634, L685 e L691 são fontes de alelos favoráveis para resistência a múltiplas doenças.

A primeira época demonstrou ser melhor para distinguir os genótipos para resistência a *P. polysora* caracterizada por altas temperaturas (em torno de em torno de 27 °C) e a segunda época foi a que melhor separou os genótipos para resistência de a *E. turcicum* e *B. maydis*, caracterizada por temperaturas entre 18 e 27 °C e 22 e 30 °C, respectivamente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrocerec (1996). *Guia agrocerec de sanidade*. São Paulo: Sementes Agrocerec.
- Ali, S. K. Z.; Sandhya, V.; Grover, M.; Rao, L. V.; Venkateswarlu, B. (2011). Effect of inoculation with a thermotolerant plant growth promoting *Pseudomonas putida* strain AKMP7 on growth of wheat (*Triticum* spp.) under heat stress. *Journal Plant Interact*, ed. 6, p. 239-24.
- Amorim, L. (1995). *Avaliação de doenças*. In: Bergamin Filho, A.; Kimati, H.; Amorim, L. (eds.) Manual de fitopatologia, São Paulo: Ceres, p. 647-671.
- Arnhold, E. (2008). Seleção para resistência a doenças foliares em famílias S1 de milho-pipoca. *Revista Ceres* v.55, n.02.
- Arnhold, E., Silva, R. G., Viana, J. M. S. (2010). Seleção de linhagens S5 de milho pipoca com base em desempenho e divergência genética. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.32, p.279-283.
- Balmer, E.; Pereira, O. A. P. (1987). *Doenças do milho*. In: Paterniani, E.; Viegas, G.P. (Eds.) Melhoramento e produção do milho. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, v.2, cap.14, p.595-634.
- Barbosa, G. R. F. (2009). *Cultivares de milho a diferentes doses de zinco para produção de minimilho em Vitória da Conquista*. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA.
- Bertan, I.; de Carvalho, F. I. F. de Oliveira, A. C.; da Silva, J. A. G.; Benin, G.; Vieira, E. A.; Da Silva, G. O.; Hartwing, I.; Valério, I. P.; Finatto, T. (2006).

Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. *Bragantia*, v. 65, p. 55-63.

Bertan, I.; de Carvalho, F. I. F.; de Oliveira, A. C.; Vieira, E. A.; Hartwing, I.; da Silva, J. A. G.; Shimidt, D. A. M.; Valério, I. P.; Busato, C. C.; Ribeiro, G. (20069). Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 12, n. 03, p. 279-286.

Brito, A. H. (2010). *Controle genético e químico de doenças foliares e grãos ardidos em milho*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.

Brito, A. H.; Pinho, R. G. V.; Sousa Filho, A. X.; Altoé, T. F. (2008). Avaliação da severidade da cercosporiose e rendimento de grãos em híbridos comerciais de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 07, n.01.

Buiatti, A. L. (2000). *Reação de cultivares de milho a doenças fúngicas foliares*. Universidade Federal de Uberlândia, MG, p.57.

Butzen, S. e Munkvold, G. P. (2004). Corn seedling diseases; *Pioneer Crop Insights*, v. 14, p.01-05.

Camargo, L. E. A.; Pereira, O. A. P.; Carvalho, R. V. de. (2005) Doenças do milho. In: Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L. E. A.; Rezende, J. A. M. (Ed.). *Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. São Paulo: Agronômica Ceres, ed.4. p. 477-488.

Campos, A.L., Zacarias, A.J., Costa, D.L., Neves, L.G., Barelli, M.A.A., Paiva Sobrinho, S., Luz, P.B. (2010). Avaliação de acessos de mandioca do banco de germoplasmas da UNEMAT Cáceres, Mato Grosso. *Revista Trópica- Ciências Agrárias e Biológicas*, v.04, p.44-54.

Carvalho, G. S.; Von Pinho, R. G.; Pereira Filho, I. A.. (2002). Efeito do tipo de cultivar, despendoamento das plantas e da época de semeadura na produção de minimilho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.01, n.03, p.47-58.

Casela, C. R.; Ferreira, A. S.; Pinto, N. F. J. A. (2006). *Doenças na cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Circular técnica n. 83), p.14.

- Chagas, J. F. R. (2016). *Controle e resistência à doenças foliares em genótipos de milho, produtividade e qualidade sanitária de grãos cultivados na região centro-sul do estado do Tocantins*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins Campus de Gurupi, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi, TO.
- Chagas, J. F. R.; Santos, G. R. dos; Costa, R. V. da; Cota L. V.; Silva, D. D. da; Simon, J.; Mourão, D. de S. C. (2015). *Principais Doenças Foliares da Cultura do Milho no Estado do Tocantins*, EMRAPA (circular técnica n.2013), Sete Lagoas, MG.
- Cruz, C. D. (2008). Programa genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV.
- Cruz, C. D.; Ferreira, F. M.; Pessoni, L. A. (2011). *Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética*. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p.620.
- Coelho, A. M. (2006). *Nutrição e Adubação de Milho*. EMBRAPA (Circular Técnica, n.78) p.17. Sete Lagoas, MG.
- Colombo, G. A ; Vaz-de-Melo, A.; Taubinger, M.; Tavares, R. C.; Da Silva, R. R. (2014). Análise dialéctica para resistência a ferrugem polissora em milho em diferentes níveis de adubação fosfatada. *Bragantia*, Campinas, SP, v.73, n.01.
- Cordeiro, A. A. dos S.; Rodrigues, M. B.; Gonçalves Júnior, M.; Guerra, J. G. M.; Araújo, E. Da S. (2015). Produção de minimilho e estigmas de milho em sistema orgânico de produção. *Cadernos de Agroecologia* v. 10, n. 03.
- Costa, D. F.; Vieira, B. S.; Lopes, E. A.; Moreira, L. C. B. (2012). Aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.11, p.98-105.
- Costa, R. V. da ; Da Silva, D. D.; Cota, L. V. (2013). Efeito Protetor de Fungicidas no Controle da Ferrugem- Polissora (*Puccinia polysora*) do Milho. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, *Embrapa Milho e Sorgo*, n. 81, p.22, Sete Lagoas, MG.
- Costa, R. V. da; Casela, C. A.; Cota, L. V. (2009). Doenças. In: Cruz, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 5 ed. *Embrapa Milho e Sorgo* (Sistemas de produção, n. 02), Sete Lagoas, MG.

- Costa, R.V. da., Silva, D. D. da., Cota, L.V. (2014). *Mancha de Bipolaris do Milho*. EMBRAPA (circular técnica n.207) Sete Lagoas, MG.
- Da Costa, R. V.; Cota, L. V.; da Silva, D. D.; de Almeida, R. E. M.; Campos, L. J. M. (2019). *Reação de Híbridos de Milho à Ferrugem Polissora*. EMBRAPA (Circular técnica n.252), Embrapa, Sete Lagoas, MG.
- De Oliveira, E. H. E.; Landau, E. C.; Nogueira, S. M. C.; Ghini, R. (2017). *Impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica das ferrugens do milho*. Cap. 11. In: Aquecimento global e problemas fitossanitários / Wagner Bettiol... [et al.], editores técnicos. Embrapa, p.488. Brasília, DF.
- Dos Santos, R. F.; Inoue, T. T.; Scapim, C. A.; Clovis, L. R.; Moterl, L. M.; Saraiva, F.C. S. (2014). Produtividade do minimilho em função das adubações nitrogenada e potássica. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 61, n.01, p. 121-129.
- Duarte, R. P.; Juliatti, F. C.; Freitas, P. T. (2009). Eficácia de diferentes fungicidas na cultura do milho. *Biosci. J.* Uberlândia, v. 25, n. 04, p. 101-111.
- Dudienas, C.; Fantin, G. M.; Duarte, A. P.; Ticelli, M.; Bárbaro, I. M.; Freitas, R. S.; Leão, P. C. L.; Filho, G. C.; Bolonhezi, D.; Pântano, A. P. (2013). Severidade de ferrugem polissora em cultivares de milho e seu efeito na produtividade. *Summa Phytopathologica*, v.39, p.16–23.
- Fancelli, A. L.; Dourado-Neto, D. (2007). Milho: Fatores Determinantes da Produtividade. Piracicaba, *ESALQ: USP*, p. 137-183.
- Fancelli, A. L.; Dourado-Neto, D. (2000). *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, p. 360.
- Fancelli, A. L. (1988). *Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (Zea mays L.)* Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP.
- Fantin, G. M.; Duarte, A. P. (2008). Manejo ampliado. *Revista Cultivar Grandes Culturas*. Pelotas, n.108, p.24-27.
- Faria, M. V.; Mendes, M. C.; Rossi, E. S.; Possatto Junior, O.; Rizzardi, D. A.; Gralak, E.; Silva, C. A.; Faria, C. M. D. R. (2015). Análise dialéctica da produtividade e do progresso da severidade de doenças foliares e híbridos de

- milho em duas densidades populacionais. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.1, p.123-134.
- Ferguson, L. M.; Carson, M. L. (2007). Temporal variation in *Setosphaeria turcica* between 1974 and 1994 and origin of races 1, 23, and 23N in the United States. *Phytopathology*, St. Paul, v. 97, p. 1501-1511.
- Fernandes, F. T.; Oliveira, E. (2000). *Principais doenças na cultura do milho*. EMBRAPA Milho e Sorgo. EMBRAPA (Circular Técnica, n.26), Sete Lagoas, MG.
- Ferreira, D. F.; Oliveira, A. C.; Santos, M. X.; Ramalho, M. A. P. (1995). Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, p.1189-1194.
- Fornasier Filho, D. (1992). *A cultura do milho*. Jaboticabal, editor: FUNEP, p.273.
- Freitas Júnior, S. de P.; Amaral Júnior, A. T.; Rangel, R. M.; Viana, A. P. (2009). Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina, PR, v. 9, p. 1-7.
- Galinat, W. C.; Lin, B. Y. (1988). Baby corn: production in Taiwan and future outlook for production in the United States. *Economic Botany*, New York, v. 42, n. 1, p. 132-134.
- Gralak, E.; Faria, M. V.; Rossi, E. S.; Júnior, O. P.; Gabriel, A.; Mendes, M. C.; Scapim, C. A.; Neumann, M. (2015). Capacidade combinatória de híbridos de milho para produção de grãos e severidade de doenças foliares em dialelo circulante. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.14, n.1, p. 116-129.
- Godoy, C. V. (2000). O clima que traz a ferrugem. *Cultivar: Grandes Culturas*, v.20, p.52-54.
- Gonçalves, M. E. M. P.; Gonçalves Junior, D.; Silva, A. G.; Campos, H. D.; Simon, G. A.; Santos, C. J. L.; Sousa, M. A. (2012). Viabilidade do controle químico de doenças foliares em híbridos de milho no plantio de safrinha. *Nucleus*, v.9, n.1, p.49 – 62.
- Gower, J. C. (1971). A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, v.27, p. 857-874.

- Guiomar P. M. C. N. (2011). *Avaliação do comportamento de cultivares de milho na presença da helmintosporiose causada por Exserohilum turcicum (Pass.) Leonard & Suggs*. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrônômica) Instituto superior de agronomia Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.
- Harlapur, S. I.; Kulkarni, M. S.; Wali, M. C.; Srikant, K.; Yashoda, H.; Patil, B. C. (2008). Status of turcicum leaf blight of maize in Karnataka. Karnataka, *Journal of Agricultural Sciences*, v. 21, p. 55-60.
- Henriques, M. J.; De Oliveira Neto, A. M.; Guerra, N.; De Oliveira, N. C.; Camacho, L. R. DE S.; Junior, O. A. G. (2014). Controle de helmintosporiose em milho pipoca com a aplicação de fungicidas em diferentes épocas. *Revista Campo Digital*, v. 09, n. 02.
- Hooker, A. L.; Perkins J. M. (1980). Helminthosporium leaf blights of corn – the state of the art. *Proceedings Annual Conference Corn Sorghum Industry Research Conference*. v.35, p.68-67.
- Hussain, A.; Zhang, M.; Üçpunar, H. K.; Svensson, T.; Quillery, E.; Gompel, N.; Ignell, R.; Grunwald Kadow, I. C. (2016). Ionotropic Chemosensory Receptors Mediate the Taste and Smell of Polyamines. *PLOS Biology*, v. 14.
- James, W. C. A. (1971). Manual of assessment keys for plant diseases. *The American Phytopathological Society*, Canada, n.1458 p. 88.
- Jardine, D. F.; Laca-Buendía, J. P. (2009). Eficiência de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho. *FAZU em Revista*, Uberaba, n. 06, p. 11-52.
- Jesus, V. P. (2014). *Manejo Orgânico de milho doce e pipoca, visando a produção de minimilho*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, RJ.
- Juliatti, F. C.; Zuza, J. L. M. F.; Souza, P. P.; Polizel, A. C. (2007). Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. *Bioscience Journal*, Uberlândia, MG, v. 23, n. 02, p. 34-41.
- Kaefer, K. A. C. (2017). *Caracterização por linhagens, mapeamento por associação e controle genético para resistência às doenças foliares em milho no Oeste do Paraná*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

- Kimati, H.; Amorim, L.; Rezende, J. A. M.; Bergamin, A. F.; Camargo, L. E. A. (2005). Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas, São Paulo: Agronômica Ceres. 4.ed. v.2, p.663.
- Kurosawa, R. N. F.; Vivas, M.; Amaral Junior, A. T.; Dos Santos, A.; Mafra, G. S.; Guimarães, A. G.; Schwantes, I. A. (2016). Reaction of popcorn germplasm to polysora rust under field conditions and natural inoculation. *Tropical plant pathology*, v. 41, p. 415-422.
- Karasawa, M.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Silva, M. P.; Riva, E. M.; Amaral Júnior, A. T. (2005). Aplicação de métodos de agrupamento na quantificação da divergência genética entre acessos de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v.23, p. 1000-1005.
- Levy, Y.; Leonard, K. J. (1990). Yield loss in sweet corn in response to defoliation or infection by *Exserohilum turcicum*. *Journal of Phytopathology* v.128, p. 161-171.
- Lima, A. (2004). A ocorrência da raça fisiológica de *Exserohilum turcicum* no milho na ilha de Santiago, arquipélago de Cabo Verde; *Inactas* do 4º Congresso da Sociedade Portuguesa de Fitopatologia, p. 176-180.
- Lima, A. S. de O. D. de; De Melo, A. R.; De Oliveira, L. F.; Tolentino, V. R.; Branco, C. S. V. (2015). Análises físicas, composição centesimal e nutricional de minimilho (*Zeamays*, L.) orgânico de diferentes variedades. *Revista Verde* (Pombal - PB - Brasil), v. 10, n. 05, p. 49 – 55.
- Lima, M. L., Paterniani, M. E. A. G. Z.; Dudienas, C.; Siqueira, W. J.; Sawazaki, E.; Sordi, G. (1996). Avaliação da resistência à ferrugem tropical em linhagens de milho. *Bragantia*, v.55, p. 269-273.
- Lana, L. de O.; Cordeiro, A. A. dos S.; Guerra, J. G. M.; Espindola, J. A. A.; Araújo, E. da S. (2011). Avaliação de diferentes genótipos de milho com potencial para produção de minimilho e fitomassa para adubação verde. *Cadernos de Agroecologia*, Fortaleza/CE, v. 06, n. 02.
- Machado, A. Q.; Cassetari Neto, D. (2008). *Sucesso na safrinha*. Caderno Técnico Cultivar: Cultura do Milho. Goiânia, GO, n.115, p.03-10.
- Marchi, C. E.; Fernandes, C. D.; Verzignassi, J. R. (2011). *Doenças em plantas forrageiras*. (Versão online, n.187), Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

- Marcos, M. F.; Jank, L.; Fernandes, C. D.; Verzignassi, J. R.; Mallmann, G.; Queiróz, C. De A.; Batista, M. V. (2015). Reação à *Bipolaris maydis*, agente causal da mancha foliar, em híbridos apomíticos de *Panicum maximum*. *Summa Phytopathol.*, Botucatu, SP, v. 41, n. 3, p. 197-201.
- Martinez, A. S.; Franzener, G.; Stangarlin, J. R. (2010). Dano causado por *Bipolaris maydis* em *Panicum maximum* cv. Tanzânia. *Ciências Agrárias*, Londrina, PR, v. 31, n. 4, p. 863-870.
- Meneghetti, A. M.; Nobrega, L. H. P.; Santos, R. F. (2008). Manejo da irrigação para produção de minimilho por evapotranspiração. *Revista engenharia na agricultura*, Viçosa, MG, v.16, n.3, p.351-358.
- Meneghetti, R. C.; Hoffmann, L. L. (2007). Pústulas do prejuízo. *Revista Cultivar Grandes Culturas*, Pelotas, v.9, n.101, p.08-09.
- Meneghetti, A. M.; Santos, R. F.; Nóbrega, L. H. P.; Martins, G. I. (2008). Análise de crescimento de minimilho submetido a lâminas de irrigação. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, PR, v. 30, n. 2, p. 211-216.
- Miranda, D. S.; Silva, R. R.; Tanamati, A. A. C.; Cestari, L. A.; Madrona, G. S.; Scapim, M. R. (2011). Avaliação da qualidade do milho-pipoca. *Revista Tecnológica*, Maringá. Edição Especial, V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, p.13-20.
- Miranda, G. V.; De Souza L. V.; Fidelis, R. R; Godoy, C. L.; Coimbra, R. R; Vaz De Melo, A.; Guimarães, L. J. M. (2002). Reação de cultivares de milho-pipoca à helmintosporiose. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v.49, p.13-521.
- Moterle, L. M.; dos Santos, R. F. (2019). Época de aplicação de fungicida na cultura do milho segunda safra. *Colloquium Agrariae*, v. 15, n.02, p. 61-71.
- Nihei, T. H.; Ferreira, J. M. (2012). Análise dialéctica de linhagens de milho com ênfase na resistência a doenças foliares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.3, p.369-377.
- Ogliari, J. B.; Guimarães, M. A.; Camargo, L. E. A. (2005). New resistance genes in the *Zea mays*-*Exserohilum turcicum* Pathosystem. *Genetics and Molecular Biology*, v.28, n.03, p.72.

- Parlevliet, J. E. (1979). Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Review of Phytopathology*, v.17. p.203-222.
- Paterniani, M. E. A. G. Z.; Bernini, C. S.; Guimarães, P. S.; Doná, S.; Gallo, P. B.; Duarte, A. P. (2010). Potencial produtivo e heterose de híbridos de populações F2 de milho no Estado de São Paulo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.27. p. 29-46.
- Pereira Filho, I. A.; Cruz, J. C. (2001). *Manejo Cultural do Minimilho*. Embrapa. (Circular Técnica, n. 07), Sete Lagoas, MG.
- Pereira Filho, I. A.; Borghi, E. (2016). *Mercado de sementes de milho no Brasil safra 2016-2017*. Embrapa Milho e Sorgo (Documentos, n. 202), Sete Lagoas, MG.
- Pereira Filho, I. A.; Gama, E. E. G.; Furtado, A. L. L. (1998). *A produção do minimilho*. Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo. EMBRAPA (Manual técnico, p.1-6), Sete Lagoas, MG.
- Pereira Filho, I. A. (2008). *Minimilho: cultivo e processamento*. Embrapa Milho e sorgo (Manual técnico, p.244), Sete Lagoas, MG.
- Pinto, N. F. J. A.; Santos, M. A. Dos; Wruck, D. S. M. (2006). Principais doenças da cultura do milho. Informe Agropecuário: *Cultivo do milho no sistema de plantio direto*, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 07-12.
- Pioneerhi-bred internacional. (2010). Northern Leaf Blight. *Pioneer Technical Insights*, 339. Northern Leaf Blight Resistance, New Zealand. Field Facts, v.06, p.02.
- Queiroz, V. A. V.; Moraes, E. A.; Queiroz, L. R.; Tardin, F. D.; Guedes, E. de O.; Pereira Filho, I. A.; Lombardi, C. T. (2010). Utilização de cobertura comestível na conservação pós-colheita de minimilho minimamente processado. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, SP, v.30, p. 910-916.
- Raupp, D. S.; Gardingo, J. R.; Moreno, L. R.; Hoffman, J. P.; Matiello, R. R.; Borsato, A. V. (2008). Minimilho em conserva: avaliação de híbridos. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 38, n. 03, p. 509-516.

- Reis, E. M.; Casa, T.; Bresolin, A. R. (2004). *Manual de diagnose e controle de doenças do milho*. Embrapa agropecuária Oeste. Passo Fundo: Aldeia Norte, p.141.
- Resende, M. A. V.; Freitas, J. A.; Lanza, M. A.; Resende, M. D. V.; Azevedo, C. F. (2014). Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.44, p.334-340.
- Ribeiro, R. M.; Amaral Júnior, A. T.; Pena, G. F.; Vivas, M.; Kurosowa, R. N.; Gonçalves, L. S. A. (2016). Effect of recurrent selectio nonthe variability of the UENF-14 popcorn population. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina, PR, v. 16, p. 123-131.
- Rodrigues, L. R. F.; Silva, N.; Mori, E. S. (2004). Avaliação de sete famílias S2 prolíficas de minimilho para a produção de híbridos. *Bragantia* v. 63, p.31-38.
- Rotili, E. A.; Cancellier, L. P.; Dotto, M. A.; Peluzio, J. M.; Carvalho, E. V. (2012). Divergência genética em genótipos de milho, no estado do Tocantins. *Ciência Agrônômica*, v.43, p,516-521.
- Santos Neto, I. J. (2012). *Cultivares de milho em lâminas de irrigação para produção de minimilho em Vitória da Conquista- BA*. Dissertação (mestrado em agronomia) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- Santos Junior, D. R. (2019). *Capacidades combinatórias de linhagens de milho-pipoca para resistências à ferrugem polissora e à helmintosporiose, estimadas via testcrosses*. Dissertação (Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, RJ.
- Silva, H. P; Barbosa, M. P. M; Nass, L. L; Camargoet, E. A. (2001). Capacidade de combinação e heterose para resistência a *puccinia polysora* underw em milho. *Scientia Agricola*, v.58, n.04, p.777-783.
- Silva, H. P. (1997). Incidência de doenças fúngicas na “safrinha”. In: seminário sobre a cultura do milho “safrinha”, *anais*, Campinas: IAC, CD v.04. p.81-86.
- Silva, O. C; Schipanski, C. A. (2006). *Manual de identificação e manejo das doenças do milho*. Editora Fundação ABC, p.97.

- Silva, P. S. L.; Araújo Junior, B. B.; Oliveira, V. R.; Pontes, F. S. T.; Oliveira, O. F. (2013). Effects of nitrogen application on corn yield after harvesting the apical ear as baby corn. *Horticultura Brasileira*, v.03, n.04, p.419-425.
- Silva, P. S. L.; Silva, P. I. B.; Sousa, A. K. F.; Gurgel, K. M.; Pereira Filho, I. A. (2006). Green ear yield and grain yield of maize after harvest of the first ear as baby corn. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.02, p.151-155.
- Silveira, F. T.; Junqueira, B. G.; Silva, P. C.; Moro, J. R. (2006). Comportamento de linhagens elites de milho para resistência aos enfezamentos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.05, p.431-442.
- Sousa, S. M.; Paes, M. C. D.; Teixeira, F. F. (2012). *Milho doce: origem de mutações naturais*. ed.1. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. p. 44.
- Sokal, R. R.; Rohlf, F. J. (1962). The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, v.11 p. 33-40.
- Targanski, H.; Tsutsumi, C. Y. (2017). Efeito de cultivar e do despendoamento na produção de minimilho. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.07, n.04, p.50-60.
- Teixeira, F. F.; Portugal, A. F.; Oliveira, M. S.; Da Silva, D. D.; Guimarães, L. J. M.; Guimarães, P. E. De O.; Parentoni, S. N. (2017). Pré melhoramento de milho para resistência à mancha-branca e à ferrugem-polissora. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.16, n.02, p. 273-286.
- Tessaro, D. (2009). *Efeito da aplicação de efluente do tratamento secundário de água residuária da suinocultura na meso e macrofauna de solo cultivado com minimilho*. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- Thakur, D. R.; Sharma, V.; Pathik, S. R. (2000). Evaluation of maize (*Zea mays*) cultivars for their suitability baby corn under mid-hills of north-western Himalayas. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v.70, n. 03, p.146-148.
- Tomé, P. H. F. (2002). *Avaliação de cultivares de milho normal, doce e pipoca visando o processamento mínimo de minimilho*. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras – UFLA, MG.

- Vieira, R. A.; Mesquini, R. M.; Silva, C. N.; Hata, F. T.; Tessmann, D. J.; Scapim, C. A. (2013). A new diagrammatic scale for the assessment of northern corn leaf blight. *Cropprotv.* v.56, p. 55-57.
- Vieira, R. A.; Tessmann, D. J.; Hata, F. T.; De Souto, E. R.; Mesquini, R. M. (2009). Resistência de híbridos de milho-pipoca a *Exserohilum turcicum*, agente causal da helmintosporiose do milho. *Scientia Agraria*, Curitiba, PR, v.10, n.05, p.391-395.
- Vieira, R. A.; Scapim, C. A.; Tessmann, D. J.; Ferreira, F. R. A.; Vivas, M.; Amaral Júnior, A. T. (2016). A nonparametric approach to selection popcorn hybrids to resistance to foliar diseases. *Científica*, Jaboticabal, SP, v. 44, p. 165-169.
- Vivek, B.; Odongo, O.; Njuguna, J.; Imanywoha, J.; Bigirwa, G.; Diallo, A.; Pixley, K. (2010). Diallel analysis of grain yield and resistance to seven diseases of African maize (*Zea mays L.*) inbred lines. *Euphytica*, v.172, p.329-340.
- Von Pinho, R. G.; Carvalho, G. S.; Rodrigues, V. do N.; Pereira, J. (2003). Características físicas e químicas de cultivares de milho para a produção de minimilho. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 27, n. 06, p. 1419-1425.
- Von Pinho, R. G.; Ramalho, M. A. P.; Resende, I. C.; Pozar, G.; Olivatto, A. N. D. (1999). Controle genético da resistência do milho às ferrugens polissora e tropical. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, v.24, n.03, p. 394- 399.
- Wang, P.; Souma, K.; Kobayashi, Y.; Iwabuchi, K.; Sato, C.; Masuko, T. (2010). Influences of Northern Leaf Blight on corn silage fermentation quality, nutritive value and feed intake by sheep. *Animal Science Journal*, Tokyo, v. 81, p. 487-493.
- White, D. G. (2000). Compendium of corn diseases. ed.3 St. Paul: American *Phytopathological Society*, p.78.
- Zinsly, J. R.; Machado, J. A. (1987). Milho pipoca. In: Paterniani, E., Viegas, G.P. (Eds.) Melhoramento e produção do milho. *Fundação Cargill*, Campinas, SP. p.413-421.