

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS AGRONÔMICOS E DA RESISTÊNCIA  
DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA À PODRIDÃO DE ESPIGA**

**ÍRIS PETRONILIA DUTRA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
JULHO – 2019**

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS AGRONÔMICOS E DA RESISTÊNCIA  
DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA À PODRIDÃO DE ESPIGA

**ÍRIS PETRONILIA DUTRA**

“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.”

Orientador: Prof. Marcelo Vivas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
JULHO – 2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

D978

Dutra, Íris Petronilia.

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS AGRONÔMICOS E DA RESISTÊNCIA DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA À PODRIDÃO DE ESPIGA / Íris Petronilia Dutra. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

56 f. : il.

Bibliografia: 36 - 44.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2019.

Orientador: Marcelo Vivas.

1. Fusarium spp.. 2. Caracterização agronômica. 3. Avaliação fitossanitária.. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 631.5233

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS AGRONÔMICOS E DA RESISTÊNCIA  
DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA À PODRIDÃO DE ESPIGA

ÍRIS PETRONILIA DUTRA

“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.”

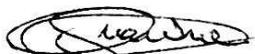
Aprovada em 26 de julho de 2019.

Comissão Examinadora:



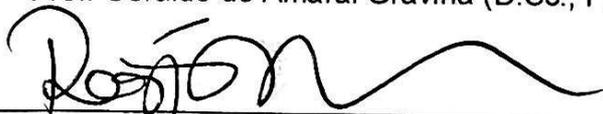
---

Profª. Monique Moreira Moulin (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas)  
IFES



---

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



---

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



---

Prof. Marcelo Vivas (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UENF  
(Orientador)

## DEDICATÓRIA

*A Deus, a minha amada mãe Maria José, meu saudoso guerreiro pai Messias Francisco (in memoriam), aos meus queridos irmãos e minha filha Isabelly por serem o meu porto seguro.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por me amparar nos momentos de dificuldades encontrados ao longo do curso, me concedendo força para superar cada obstáculo.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de qualificação profissional e pelas demais oportunidades que me proporcionou ao longo do curso.

Aos meus pais, irmãos e familiares, os quais amo muito, pelo carinho, amor, incentivo, compreensão e paciência nessa caminhada.

A minha amada filha Isabelly, por me conceder forças para seguir em frente.

A minha querida família de Rive, anjos que Deus colocou em minha vida, só tenho a agradecer, muito obrigada por tudo.

Ao meu orientador Marcelo Vivas, pela dedicação, incentivo, apoio, orientação e amparo ao decorrer da pesquisa.

Aos meus conselheiros Antônio Teixeira do Amaral Júnior e Geraldo de Amaral Gravina, pelas sugestões para melhoria da qualidade deste trabalho.

A professora Monique Moreira Moulin, pela amizade, ensinamentos, carinho, conselhos e incentivos, e pela disponibilidade de participar da banca.

Ao professor Rogério Figueiredo Daher, pela disponibilidade de participar da banca e pelas contribuições sugeridas para a melhoria deste trabalho.

Aos demais professores do curso de Programa de Pós-Graduação em Genética e melhoramento de plantas por todos os ensinamentos, dedicação e paciência.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, José Daniel Valle de Almeida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão das bolsas – CAPES (Brasil) – Código de Financiamento 001.

Aos colegas de Laboratório, as amigas conquistadas ao longo do curso e a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho, muito obrigada.

## 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. Milho-pipoca: Aspectos relevantes .....	5
3.2. Doenças do milho, com ênfase nas podridões de espiga e métodos de controle	6
3.3. Melhoramento visando resistência a doenças .....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
4.1. Material vegetal.....	11
4.2. Preparo do solo, semeadura, tratos culturais e delineamento experimental	13
4.3 Características agronômicas avaliadas .....	14
4.4 Avaliações fitossanitárias.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
5.1. Análise de Variância .....	16
5.2. Parâmetros genéticos .....	17
5.3. Agrupamento de médias das características agronômicas.....	21

5.4 Agrupamento de médias das características fitossanitárias .....	24
5.5 Genealogias das linhagens.....	26
6. CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## RESUMO

DUTRA, Íris Petronilia; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Julho de 2019. Avaliação de atributos agronômicos e da resistência de linhagens de milho-pipoca à podridão de espiga. Orientador: Prof. Marcelo Vivas. Conselheiros: Prof. Geraldo de Amaral Gravina e Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior.

Dentre os milhos especiais, destaca-se o milho-pipoca, por apresentar valor comercial superior ao milho comum. A pipoca é um alimento nutritivo e de grande aceitação no mercado. No entanto, apesar da importância da cultura, ainda são escassos os trabalhos de melhoramento visando resistência a doenças, notadamente os voltados para o desenvolvimento de cultivares resistentes à podridão de espiga e grãos. A ocorrência de doenças está entre as causas da redução da produtividade e qualidade dos grãos de milho. Neste sentido, a resistência genética aparece como uma das principais medidas de controle. Dado o exposto, o presente estudo objetivou avaliar o potencial de linhagens de milho-pipoca do Banco de Germoplasma da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, quanto à resistência ao patógeno *Fusarium* spp. e a atributos agronômicos. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições de 35 linhagens em S<sub>7</sub>. O experimento foi conduzido em dois ambientes: IFES - Campus de Alegre, Alegre - ES (ambiente 1) e Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo, Campos dos Goytacazes - RJ (ambiente 2). As unidades experimentais foram compostas por três linhas de

2,0 m, contendo 11 plantas por linha. O semeio foi realizado manualmente com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,90 m entre linhas. Foram avaliadas as seguintes características: número de espigas total por parcela (NET), peso médio de espigas (PME), comprimento médio de espiga (CME), diâmetro médio de espiga (DME), incidência de espiga com bom empalhamento (IEBE), incidência de espiga com *Fusarium* spp. (IEF), severidade de *Fusarium* spp. na espiga (SFE) e incidência de espiga doente (IED). A infecção do patógeno causal da doença foi dada de forma espontânea. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ), no programa Genes. A análise de variância conjunta indicou a existência de diferença significativa para a fonte de variação: interação genótipos x ambientes para todas as características avaliadas. Os parâmetros que obtiveram melhores resultados com o intuito de seleção de genótipos nas avaliações foram: PME e SFE, para CVg; PME, DME e CME, para CVr; e, PME, DME e CME, para H<sup>2</sup>. Em relação ao agrupamento de médias das características agrônômicas, as linhagens que resultaram nas maiores médias para ambos os ambientes foram: L261, L270, L292, L55, L70, P2, P3 e P4, para NTE; P4, para PME e CME; e, L70, P2 e P4 para DME. Para as características fitossanitárias, as linhagens que obtiveram as menores médias em ambos os ambientes: L261, L266 e L689, para SFE; e, L266 e L689, para IEF. Para as características IED e IEBE as linhagens apresentaram diferença significativa apenas no ambiente 1. Diante dos resultados obtidos, foi possível indicar três linhagens como promissoras para resistência ao patógeno *Fusarium* spp: L261 (PARA 172), L266 (PARA 172) e L689 (UENF-14). Recomenda-se a utilização dessas linhagens para obtenção de híbridos superiores, bem como a extração de linhagens das populações acima mencionadas, notadamente de PARA 172.

**Palavras-chave:** Doença de espiga; *Fusarium* spp.; caracterização agrônômica; avaliação fitossanitária.

## ABSTRACT

DUTRA, Íris Petronilia; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; July, 2019. Evaluation of agronomic attributes and resistance of popcorn lines to ear rot. Advisor: Prof. Marcelo Vivas. Co-Advisors: Prof. Geraldo de Amaral Gravina and Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior.

Among special corn, popcorn maize stands out, because it has a commercial value superior to common corn. Popcorn is a nutritious and widely accepted food in market. However, despite the importance of the crop, there is still little improvement aimed at disease resistance, especially those focused on the development of cultivars resistant to ear and grain rot. The occurrence of diseases is among the causes of reduced yield and quality of corn grains. In this sense, genetic resistance appears as one of the main control measures. Given the above, this study aimed to evaluate the potential of popcorn maize strains of the Germplasm Bank of the Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, regarding the resistance to the pathogen *Fusarium* spp. which is the root cause of ear and grain rot during agronomic evaluations. The experimental design of randomized blocks with four replications of 35 strains in S7. The experimente was conducted in two environments: IFES - Campus Alegre, Alegre - ES (environment 1) and Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo, Campos dos Goytacazes – RJ (environment 2). The experimental units consisted of three 2.0 m lines, containing 11 plants per row. Sowing was performed manually with spacing of 0.20 m between plants and 0.90 m between rows. The following characteristics

were evaluated: total number of ears per plot (NET), average ear weight (PME), average ear length (CME), average ear diameter (DME), incidence of good ear silk (IEBE), incidence of ear containing *Fusarium* spp. (IEF), severity of *Fusarium* spp. infected ear (SFE) and incidence of diseased ear (IED). Infection of the causal pathogen of the disease was given spontaneously. Data were submitted to analysis of variance and means compared by Scott Knott test ( $p < 0.05$ ) in the Genes program. The analysis of joint variance indicated the existence of significant difference for the source of variation: genotype x environment interaction for all characteristics evaluated. The parameters that obtained the best results in order to select genotypes in the evaluations were: CVg: PME and SFE, CVr: PME, DME and CME and, H<sup>2</sup>: PME, DME and CME. Regarding the grouping of average agronomic characteristics, the strains that resulted in the highest averages for both environments were: NTE: L261, L270, L292, L55, L70, P2, P3 and P4. PME: P4. CME: P4. DME: L70, P2 and P4. For phytosanitary characteristics, the strains that obtained the lowest averages in both environments: SFE: L261, L266 and L689. IEF: L266 and L689. For the IED and IEBE characteristics the strains showed significant difference only in the environment 1. Given the results obtained, it was possible to indicate three promising strains source of resistance to the pathogen *Fusarium* spp: L261 (PARA 172), L266 (PARA 172) and L689 (UENF-14). However, new studies with characteristics related to ear and grain rot resistance in popcorn breeding programs are of great value for selecting promising pathogen resistance genotypes.

**Keywords:** Spike disease; *Fusarium* spp.; agronomic characterization; phytosanitary evaluation.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho-pipoca (*Zea mays L. var. Everta.*) é um dos cereais de maior importância comercial, caracterizado por ser um alimento nutritivo e de baixo custo de aquisição, podendo ser consumido *in natura* ou na forma de produtos industrializados (Amaral Júnior et al., 2013; Amaral Júnior et al., 2016; Lima et al., 2016).

Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) a soja e o milho permanecem como as principais culturas produzidas no país. A estimativa de produção de grãos proveniente da safra de 2018/2019 deverá compreender 241,3 milhões de toneladas. A primeira safra de milho alcançou 26,2 milhões de toneladas, gerando uma redução de 2,1% em relação à safra anterior (2017/2018), enquanto que na segunda safra a previsão é de 73,1 milhões de toneladas, crescimento de 35,6% sobre a safra passada. Estima-se que a ampliação da área plantada será de 2,0% comparada com a safra passada (CONAB, 2019).

O estado do Mato Grosso coleciona títulos na área da agricultura, um deles consiste em ser o maior produtor nacional de milho-pipoca. No ano de 2018 houve um aumento em sua produção se comparado à safra anterior, foram colhidos no total de 251,984 mil toneladas. No ano de 2017 a produção foi de 225,136 mil toneladas, sendo o município de Campos Novo do Parecis, o local onde se concentra a maior parte de área plantada, que em 2018 alcançou 35 mil hectares (Anuário Brasileiro do Milho, 2018).

O milho-pipoca é uma planta que apresenta maior suscetibilidade ao acamamento e à seca, isso é devido ao seu sistema radicular apresentar menor desenvolvimento quando comparado ao do milho comum. Além disso, a maioria das cultivares provenientes de milho-pipoca são super precoces na fase de maturação e na secagem dos grãos, e são mais prolíficas (Fantin et al., 1991; Hallauer, 2001). Outra característica marcante no milho-pipoca é a capacidade de expansão do grão, que confere a cultura alta rentabilidade, porquanto seu produto, a pipoca, apresenta grande aceitação no mercado consumidor e tem firmado altos ganhos econômicos nos diversos estabelecimentos comerciais do setor alimentício (Rangel et al., 2011).

O cultivo de milho-pipoca não alcança maiores áreas cultivadas, devido à carência de opções de cultivares no mercado de sementes, sendo essa uma das maiores limitações enfrentadas pelos agricultores que produzem ou que por ventura venham a produzir grãos de milho-pipoca (Seifert et al., 2006; Ematné et al., 2012), havendo assim a necessidade de intensificação nos programas de melhoramento, visando o lançamento e disponibilização aos agricultores de novas cultivares de milho-pipoca.

A caracterização agronômica é o método mais utilizado como descritor de cultivares, por ser de fácil visualização, além de não necessitar de análises laboratoriais, assim diminuindo os custos e facilitando as avaliações. Tendo como base a descrição de várias características (cor, comprimento, diâmetro, peso entre outros.), sendo um método de aplicação simples em comparação aos outros descritores, além de sua eficiência para evidenciar divergência entre os genótipos (Santos et al., 2016 e Fernandes et al., 2018). Para o melhoramento genético do milho-pipoca, algumas características morfoagronômicas são bastante importantes, tais como: a elevada produtividade, o baixo acamamento e quebramento das plantas, a resistência às doenças e pragas, a alta capacidade de expansão e boas características organolépticas: maciez, aroma e cor da pipoca (Alexander e Creech, 1997; Oz e Kapas, 2011).

No Brasil, a cultura do milho-pipoca tem a sua produção de grãos reduzidos, devido à ocorrência de patógenos causadores de diversas doenças foliares e de espiga, tais como: a helmintosporiose [*Exserohilum turcicum*. (Pass.) K. J. Leonard & E. G. Suggs e *Bipolaris maydis* (Nisik e Miyake) Shoemaker], a ferrugem comum (*Puccinia sorghi* Schwein), a ferrugem polissora (*Puccinia*

*polysora* Underw), bem como as podridões de colmo, de espiga e de grãos, causadas principalmente pelos fungos do gênero *Fusarium* (Embrapa, 2006). A avaliação fitossanitária é o método utilizado a fim de conferir proteção sanitária do vegetal a partir da análise técnica, podendo assim adotar medidas juntas para se evitar a propagação de pragas e doenças, que venham interferir na qualidade e produtividade do vegetal (Kurosawa et., 2017, Schwante et al., 2017 e Kurosawa et., 2018).

Nesse sentido, a podridão de espiga e grãos é um objeto de estudo a ser explorado, uma vez que estão diretamente relacionados com a baixa produtividade e baixa qualidade dos grãos de milho (Broders et al., 2007). O surgimento de grãos ardidos é consequência do processo de podridão das espigas, que ocorre devido à infecção por fungos, os grãos apresentam sintomas de descoloração (Pinto, 2001; Juliatti et al., 2007). O processo de podridão das espigas é interrompido quando o teor de umidade dos grãos alcança um valor de 21 a 22 %, em base úmida (Juliatti et al., 2007).

A podridão da espiga é resultado da contaminação pelo fungo, que afeta a qualidade dos grãos, devido à produção de micotoxinas, que causam danos à saúde humana e animal, em função da atividade do patógeno (Marasas et al., 1984; Newman, 2000). A fumonisina é uma micotoxina resultante da contaminação por fungos do gênero *Fusarium* na espiga. Vale ressaltar que os grãos que não apresentam sintomas quanto à infecção, não significa que estejam livres de contaminação por fumonisinas. A resistência genética é o método de controle mais eficiente dessa doença (Munhoz et al., 2015).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Avaliar o potencial de linhagens de milho-pipoca do Banco de Germoplasma da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, quanto a características agronômicas e resistência ao patógeno *Fusarium* spp. causador da podridão da espiga e grãos.

### 2.2. Objetivos específicos

- ✓ Inferir sobre o potencial de genótipos de milho-pipoca quanto à incidência e severidade da podridão de espiga e grãos causada pelo fungo *Fusarium* spp.;
- ✓ Avaliar o potencial agronômico de genótipos de milho-pipoca;
- ✓ Selecionar genótipos promissores que possam ser utilizados em cruzamentos para obtenção de híbridos produtivos e resistentes à podridão de espiga e grãos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Milho-pipoca: Aspectos relevantes

O milho-pipoca (*Zea mays* L. var. *Everta*) é uma gramínea, que em sua classificação botânica é pertencente ao gênero *Zea*, família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae e espécie *Zea mays* L. A tribo Maydeae apresenta plantas monóicas com flores unissexuadas, inflorescências femininas e masculinas separadas em uma mesma planta. No gênero *Zea*, as espécies são diplóides com  $2n = 2x = 20$  cromossomos (Paterniani e Campos, 2005; Koo e Jiang, 2008).

O milho-pipoca é um milho do tipo especial. A principal característica dessa cultura é a presença de sementes pequenas e duras que quando submetidas a uma temperatura elevada em média de 180 °C ocorre a expansão dos grãos. O processo de expansão exerce forte pressão sobre o pericarpo, cujo rompimento expõe o endosperma, resultando na pipoca (Silva et al., 1993). A pipoca é um alimento que tem como consumidor exclusivo o ser humano, se difere dos demais tipos de milho devido sua capacidade de expansão de grãos (Sawakazi, 2001).

Em relação à origem e evolução do milho há controvérsias entre as teorias. A comunidade científica aponta três hipóteses como de maior aceitação para a provável origem do milho. De acordo com Weatherwax (1954), o milho, o teosinto e o *Tripsacum* spp. se originaram de um ancestral comum. A segunda e mais aceita hipótese, proposta por Galinat (1974, 1977) e Beadle (1978), sugere que

o milho teria se originado de forma direta e unicamente do teosinto, por intermédio de intensa seleção praticada pelo homem. E a última teoria sugere que o teosinto tenha se originado do milho, e que o próprio milho seria o ancestral, defendida por Mangelsdorf (1974).

Na comparação com o milho comum, as plantas de milho-pipoca apresentam uma maior suscetibilidade a pragas e doenças, acamamento e quebramento na parte do colmo e podridão de grãos, sendo necessário que haja manejo adequado por ocasião da colheita e secagem dos grãos com o intuito de evitar danos na parte do pericarpo e endosperma (Sawakazi, 2001).

No Brasil, o milho-pipoca é um alimento bastante apreciado e consumido (Freitas Júnior et al., 2009; Amaral Júnior et al., 2013; Cabral et al., 2016; Lima et al., 2016; Schwantes et al., 2018), porém, encontra-se dificuldades para a obtenção de informações relacionadas a área de plantio, produção e consumo da cultura (Resh et al., 2015), pois a maioria das informações obtidas, ficam sob o domínio das empresas privadas (Coan, Pinto e Scapim, 2018).

Os grãos de milho-pipoca apresentam algumas características próprias, tais como: variação no tamanho do grão (0,5 a 1,0 cm) formato (chato, pontiagudo ou arredondado) e coloração (amarela, azul, branca, creme, preta, rosa, roxa ou vermelha). Quanta a essa última característica, vale ressaltar que as cores amarelas e brancas são as mais comuns (Zinsly e Machado, 1978; Paes, 2006). Em relação a aceitação de mercado, os grãos de formato arredondado, do tipo pérola e com endosperma com a coloração alaranjada são os que apresentam maior aceitação comercial (Ziegler e Ashman, 1994).

### **3.2. Doenças do milho, com ênfase nas podridões de espiga e métodos de controle**

As doenças são consideradas como um dos fatores limitantes da produtividade e têm ocasionado grandes preocupações no setor de agronegócio da cultura do milho no Brasil, devido às perdas que têm provocado à produção e aos riscos à saúde humana e animal, como a presença de micotoxinas produzidas por fungos no grão (Cota; Costa; Silva, 2015).

As doenças podem ser entendidas como resultantes da interação ativa entre três elementos básicos: ambiente x patógeno (agente causal) x hospedeiro.

Tendo essas condições favoráveis, a interação ocorre, resultando assim no surgimento da doença (Brito, 2010). Com o aparecimento da doença, ocorre a redução da capacidade das plantas realizarem fotossíntese, interferindo no potencial produtivo das lavouras (Brito et al., 2008).

Os fungos associados ao “complexo grãos ardidos” são *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (sinônimo, *Fusarium moniliforme* Sheldon), *Diplodia macrospora* Earle e *Diplodia maydis* (Berk.) Sacc. Esses fungos atuam de maneira deletéria em relação à qualidade dos grãos, sendo aceitáveis, para fins de comercialização, os valores máximos de 2% para exportação e 6% de incidência para o mercado interno de grãos (Mendes et al., 2012).

O fungo *Fusarium verticillioides* é considerado como o principal agente patogênico, responsável por causar podridões de espiga e colmos na cultura de milho. Segundo Lanza et al. (2016) esse fungo pode causar infecções sintomáticas e assintomáticas. A ocorrência de *Fusarium* spp. reduz significativa a produtividade de grãos e afeta diretamente a qualidade sanitária do mesmo. Uma vez que a infecção deste fungo faz com que ocorra a paralisação do processo normal de enchimento de grãos, redução de peso da espiga (Mendes et al., 2012). Devido ao ataque do patógeno, os grãos contaminados ficam mais leves, ocasionando na diminuição da produção da cultura. Além disso, os grãos ardidos apresentam qualidade inferior e baixo valor nutricional (Costa et al., 2013).

Os sintomas da doença se manifestam na espiga com grãos apresentando coloração rosa, dispersa isoladamente ou em grupos, em alguns casos os grãos podem aparecer recobertos por micélio cotonoso de cor rosa, sendo que quando a infecção ocorrer tardiamente, os grãos apresentam várias estrias brancas (Sabato et al., 2013).

Em relação ao controle de doenças, pode-se ressaltar que o equilíbrio nutricional da cultura, é uma forma de controle contra o desenvolvimento de doenças, pois quando a planta se encontra em desequilíbrio nutricional ela apresenta maior susceptibilidade ao aparecimento de doenças (Santos et al., 2013).

O controle de doença de plantas pode ser praticado por meio de algumas medidas recomendadas: plantio antecipado, rotação de culturas, adubação equilibrada, controle de pragas, uso de fungicida, uso de sementes de boa qualidade e tratada com fungicida. Porém uma das formas de maior eficácia em

relação a controle de doenças é a escolha de cultivares que apresentem resistência genética (Lima et al., 1996; Von Pinho et al., 2001; Scapin, 2002; Schuelter et al., 2003; Santos et al., 2016).

### **3.3. Melhoramento visando resistência a doenças**

O conceito para resistência genética foi proposto por Parlevliet (1979), como a capacidade que o hospedeiro tem de inibir e/ou retardar o desenvolvimento e o crescimento de um patógeno. Quando ocorre a inibição da reprodução do patógeno, isto é, a formação de esporos, a resistência é chamada "completa", e quando há formação de esporos e a planta promove a capacidade de se restaurar, é denominada como "resistência parcial".

Para o desenvolvimento de uma cultivar resistente é necessário conhecer o controle genético envolvido. A resistência vertical é específica para uma ou algumas raças do patógeno, sendo controlada por poucos genes. A resistência horizontal é não específica a determinadas raças do agente causal da doença, sendo expressa por muitos genes (Sabato e Teixeira, 2015).

Visando o melhoramento da cultura do milho, nos casos de resistência vertical, o método de retrocruzamento é o mais indicado, pois nele ocorre a transferência de poucos alelos de uma linhagem a outra, a qual será empregada na produção de um híbrido resistente. Em relação à resistência horizontal, o método de seleção recorrente é o mais indicado, pois possibilita a recombinação de alelos que conferem resistência (Camargo, 1995).

Dentre os métodos de controle, os adotados em programas de melhoramento de milho-pipoca são semelhantes aos do milho comum, podendo ser utilizado métodos de melhoramento populacional como a seleção recorrente. Kurosawa et al. (2017), avaliaram a doença fusariose em linhagens de milho-pipoca para as características incidência de grãos ardidos, incidência e severidade de *Fusarium* spp. na espiga utilizando a escala diagramática proposta pelo Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT, 1985).

Ainda sobre o melhoramento para essa cultura, tem-se a exploração do híbrido. Segundo Souza Junior (2001) híbrido é o resultado proveniente do primeiro cruzamento entre variedades de polinização aberta, linhagens

endogâmicas ou outras populações geneticamente divergentes. Os programas de melhoramento genético têm se atentando em extrair populações derivadas de híbridos comerciais, devido serem intensamente avaliados em diferentes condições de cultivo antes de serem lançados ao mercado. Diante disso, é esperado que eles apresentem alta frequência de alelos favoráveis para os cultivos para os quais foram desenvolvidos (Araujo, 2014).

O testcross é um método de melhoramento, proposto por Davis (1927), que é realizado a partir de cruzamentos, cujo objetivo principal é avaliar a capacidade geral e específica das linhagens em combinações híbridas, descartando aquelas que não apresentam desempenho agrônomico satisfatório. O processo de cruzamento baseia-se na utilização de um ou mais genótipos testadores com uma série de linhagens ou progênies a serem avaliadas (Miranda Filho et al., 1987; Vencovsky e Barriga, 1992; Sawazaki et al., 2004).

Schwantes et al. (2017), utilizando cruzamentos em dialelo para estudo da resistência de *Fusarium* sp. em milho-pipoca, avaliaram o comportamento de 56 híbridos, 8 genitores e 6 testemunhas. Os resultados apontaram genótipos que apresentaram baixa incidência e severidade da doença, prescrevendo-os como de interesse para explorar os efeitos de dominância para aumentar a resistência contra o *Fusarium*. Segundo Schwantes (2018) a herança que confere resistência ao fungo *Fusarium* sp. é poligênica, ou seja, é uma característica controlada por mais de dois genes, sendo o método de seleção recorrente o mais indicado a fim de conferir resistência ao patógeno.

O método de controle de podridões de espiga e grãos pode ser realizado com a seleção e o desenvolvimento de cultivares resistentes, consideradas as alternativas de maior relevância (Pinto, 2007). De acordo com Michereff (2001), três etapas devem ser consideradas no programa de melhoramento: o controle genético é realizado pela geração de híbridos de milho com resistência ou tolerância a *Fusarium* spp. : 1) identificar fontes de resistência; 2) incorporar estes genes em cultivares comerciais por meio dos métodos de melhoramento; 3) após a obtenção de uma cultivar resistente, traçar a melhor estratégia para que a resistência seja durável à natureza dinâmica das populações patogênicas (Zinsly e Machado, 1978; Schwantes, 2016; Borém e Miranda, 2017; Coan, Pinto e Scapim, 2018). Nesse sentido, o melhoramento genético do milho tem como objetivo a aquisição e o desenvolvimento de populações melhoradas que

apresentem genes favoráveis e a seleção de linhagens endogâmicas (Parteniani e Miranda Filho, 1978).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material vegetal

No presente estudo foram utilizadas 35 linhagens de milho-pipoca provenientes do International Maize and Wheat Improvement Center - CIMMYT (PA 170 Roxo, URUG 298, PARA 172), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (BRS-Angela), do Instituto Agronômico de Campinas - IAC (IAC 125), da Universidade Estadual de Maringá - UEM (Raças Sul-americanas, Composto CMS-42, PA 091, SE 013, PR 23), da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF (UENF- 14) e da Universidade Federal de Viçosa - UFV (Beija-flor), conforme apresentado na Tabela 1. As linhagens foram avaliadas em experimento na condição de campo, conduzido em dois ambientes, a saber:

Ambiente 1: área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, localizado no município de Alegre, Sul do estado do Espírito Santo, em novembro de 2017, localizado nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 20°45'44" Sul e longitude de 41°27'43" Oeste, com altitude de 134 m. A temperatura anual média da região é de 23,1°C e precipitação total anual média de 1341 mm. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Awa, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso (Lima et al., 2008).

**Tabela 1.** Linhagens S7 de milho-pipoca com as suas respectivas genealogias, adaptações climáticas e instituições de desenvolvimento.

<b>Linhagem</b>	<b>População de origem</b>	<b>Adaptação climática</b>	<b>Instituição de desenvolvimento das linhagens</b>
P4	Raças Sul-americanas - UEM	Temperado/ Tropical	UEM
P3	Composto CMS-42 - UEM	Temperado/ Tropical	UEM
P2	Composto CMS-42 - UEM	Temperado/ Tropical	UEM
L76	Viçosa - UFV	Temperado/ Tropical	UENF
L71	BRS-Angela - EMBRAPA	Tropical	UENF
L70	BRS-Angela - EMBRAPA	Tropical	UENF
L695	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L693	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L692	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L691	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L689	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L688	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L686	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L685	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L683	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L682	UENF-14 - UENF	Tropical	UENF
L624	PA 091 - UEM	Temperado/ Tropical	UENF
L623	PA 091 - UEM	Temperado/ Tropical	UENF
L55	Beija-flor - UFV	Temperado/ Tropical	UENF
L51	Beija-flor - UFV	Temperado/ Tropical	UENF
L509	PA 170 Roxo - CIMMYT	Temperado/ Tropical	UENF
L477	SE 013 - UEM	Tropical	UENF
L476	SE 013 - UEM	Tropical	UENF
L363	PR 023 - UEM	Tropical	UENF
L294	URUG 298 - CIMMYT	Temperado	UENF
L293	URUG 298 - CIMMYT	Temperado	UENF
L292	URUG 298 - CIMMYT	Temperado	UENF
L270	PARA 172 - CIMMYT	Temperado	UENF
L266	PARA 172 - CIMMYT	Temperado	UENF
L265	PARA 172 - CIMMYT	Temperado	UENF
L263	PARA 172 - CIMMYT	Temperado	UENF
L262	PARA 172 - CIMMYT	Temperado	UENF
L261	PARA 172 - CIMMYT	Temperado	UENF
L204	IAC 125 - IAC	Temperado/ Tropical	UENF
L203	IAC 125 - IAC	Temperado/ Tropical	UENF

\*CIMMYT, International Maize and Wheat Improvement Center; EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; IAC, Instituto Agrônomo de Campinas; UEM, Universidade Estadual de Maringá; UENF, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; e, UFV, Universidade Federal de Viçosa.

Ambiente 2: área experimental da Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo, localizado no município de Campos dos Goytacazes, região Norte do estado do Rio de Janeiro, em dezembro de 2018, localizado nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 21° 42' 48" Sul e longitude 41° 20' 38" Oeste, com altitude de 14m. A temperatura anual média da região é de 23,6°C e precipitação total anual 1073 mm. Segundo a classificação de Köppen e Geiger, o clima da região é classificado como tropical, apresentando verões quentes e invernos amenos, com tendência de concentração de chuvas nos meses de verão.

#### **4.2. Preparo do solo, semeadura, tratos culturais e delineamento experimental**

A área de plantio foi previamente preparada com duas gradagens leves e em seguida sulcada com o auxílio de um sulcador. Foi realizada a adubação conforme os resultados da análise de solo e pelo manual de recomendação de calagem e adubação e, em seguida, a semeadura, utilizando três sementes por cova. A semeadura foi realizada no sistema de plantio convencional. Após 21 dias de emergência, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por cova.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada unidade experimental constituiu-se por três linhas de 2,0 m, contendo 11 plantas por linha, espaçadas a 0,20 m entre plantas e 0,90 m entre linhas, totalizando 33 plantas por parcela. Os tratos culturais utilizados (adubação, irrigação, fungicidas, controle de plantas competidoras e pragas) foram realizados conforme as recomendações e necessidades da cultura do milho-pipoca (Sawazaki, 2001).

A infecção do patógeno causal da doença ocorreu de forma espontânea, pela ocorrência natural. Isso se deve à presença de lavouras de milho e de outras gramíneas em áreas circunvizinhas a área destinada ao experimento em ambos os ambientes apresentarem histórico da presença do patógeno.

### 4.3 Características agronômicas avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características: das características agronômicas foram realizadas utilizando os descritores morfoagronômicos específicos para a cultura do Milho que estão disponíveis em International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, Descritores para o milho., 2000), conforme descrito abaixo.

- Número total de espigas por parcela (NTE) - quantificado pelo número de espigas colhidas em cada parcela;
- Peso médio de espiga (PME) - obtido pela pesagem das espigas despalhadas com o auxílio de uma balança digital, tomando-se como amostra 10 espigas por parcela. Foi quantificado em g;
- Comprimento médio de espiga (CME) - mensurado com o auxílio de uma régua milimetrada, tomando-se como amostra 10 espigas representativas da parcela. Foi quantificada em cm;
- Diâmetro médio de espiga (DME) - mensurado com o auxílio de um paquímetro digital, tomando-se como amostra 10 espigas representativas da parcela. Foi quantificado em mm;

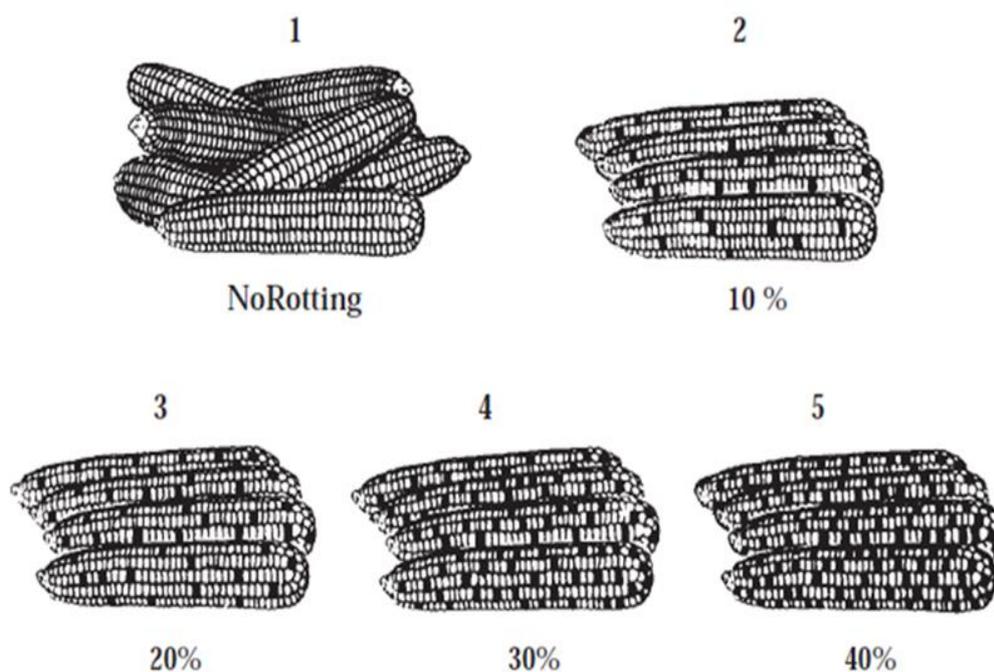
### 4.4 Avaliações fitossanitárias

As avaliações fitossanitárias da espiga foram iniciadas após a colheita das espigas, baseando-se na incidência e severidade do patógeno.

- Severidade de *Fusarium* spp. na espiga (SFE) – quantificada pela avaliação individual das espigas infectadas utilizando a escala proposta pelo CIMMYT (1985). A escala diagramática varia de 1 a 5, sendo: 1 = 0 % de grãos infectados; 2 = 10 % de grãos infectados; 3 = 20 % de grãos infectados; 4 = 30 % de grãos infectados e 5 = 40 % ou mais de grãos infectados (Figura 1);
- Incidência de espigas doentes (IED) - quantificada pelo número de espigas infectadas por algum patógeno por parcela, sendo expressa em percentual de espigas doentes em relação ao número total de espigas colhidas;
- Incidência de espigas com *Fusarium* spp.(IEF) - quantificada pelo número de espigas infectadas por *Fusarium* spp. por parcela, sendo expressa em percentual de espigas atacadas pelo patógeno em relação ao número total de

espigas colhidas;

- Incidência de espigas com bom empalhamento (IEBE) - quantificada pela avaliação individual do grau de empalhamento das espigas por parcela, sendo expressa em percentual de espigas com bom empalhamento em relação ao número total de espigas colhidas.



**Figura 1.** Escala diagramática para avaliações de podridões de espiga causadas por fungos do gênero *Fusarium* spp. (CIMMYT, 1985).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise de Variância

A análise de variância individual e conjunta indicou a existência de diferença significativa para as fontes de variação genótipos, ambientes e a interação genótipos x ambientes para a maioria das características avaliadas, ou seja, há variabilidade genética entre os 35 genótipos avaliados, bem como diferenciação entre ambientes, além da classificação diferenciada de genótipos nos ambientes (Tabela 2).

A fonte de variação ambiente não apresentou diferença significativa para o comprimento médio de espiga (CME), diâmetro médio de espiga (DME) e incidência de espigas com *Fusarium* sp. (IEF), mostrando que essas características não foram influenciadas pelo ambiente (Tabela 2). Por outro lado, as características severidade de *Fusarium* spp. na espiga (SFE), peso médio de espiga (PME), número de espiga total (NET), incidência de espigas doentes (IED) e incidência de espigas com bom empalhamento (IEBE), apresentaram diferenças significativas, demonstrando que essas características sofreram influências ambientais (Tabela 2).

Para a fonte de variação genótipo x ambiente todas as características avaliadas apresentaram diferença significativa, sendo assim, os resultados serão discutidos em relação aos dois ambientes, a fim de apontar as implicações dos ambientes sobre os genótipos em relação às características avaliadas.

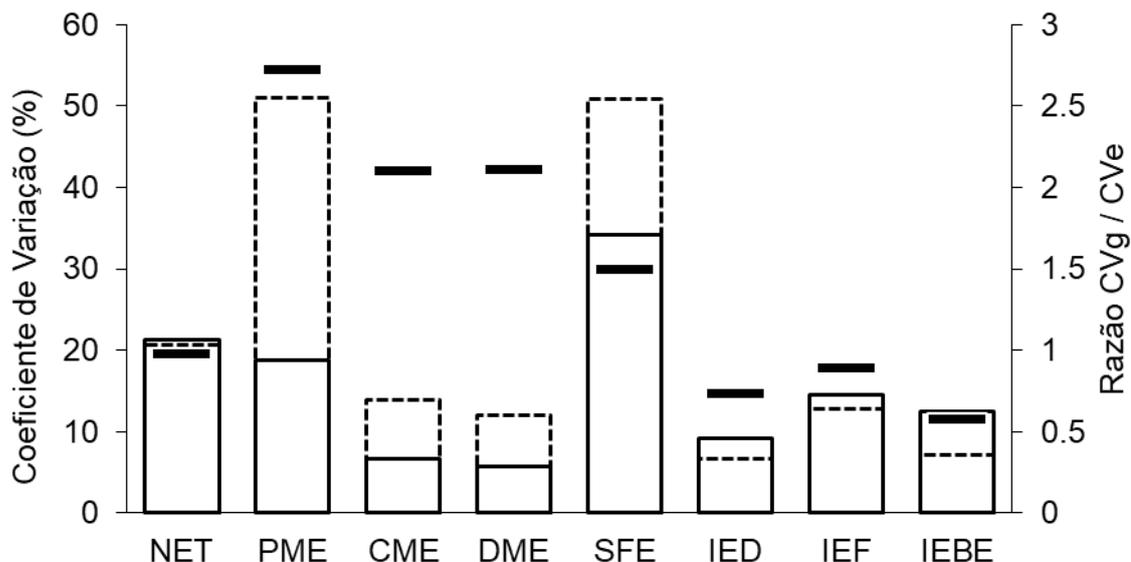
**Tabela 2.** Resumo das análises de variância para as características avaliadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		NET	PME	CME	DME
BLOCOS/AMB	6	505.7025	208.9801	6.7611	17.8519
GENÓTIPOS	34	369.2756**	1683.7617**	20.9181**	67.0555**
AMBIENTES	1	20869.7595**	3159.8785**	5.3323 <sup>ns</sup>	81.3243 <sup>ns</sup>
TRAT x AMB	34	180.6409**	100.5287**	1.8771**	5.8195**
RESÍDUO	204	43.2898	28.0956	0.5780	1.8469
MÉDIA		30.8095	28.2013	11.4128	23.743
		SFE	IED	IEF	IEBE
BLOCOS/AMB	6	687.9208	379.1800	1356.8987	160.5533
GENÓTIPOS	34	3137.5139**	383.5233**	1114.8964**	489.2610**
AMBIENTES	1	4406.9403*	2648.7436*	988.2037 <sup>ns</sup>	7028.4288**
TRAT x AMB	34	897.4974**	109.3945*	466.4126**	361.3540**
RESÍDUO	204	167.5074	73.3603	153.5903	137.2961
MÉDIA		37.8596	93.3776	85.2456	93.3367

FV: Fonte de variação. GL: Graus de liberdade. NET: número de espiga total; PME: peso médio de espiga CME: comprimento médio de espiga; DME: diâmetro médio de espiga ; SFE: severidade de *Fusarium* spp. na espiga; IED: incidência de espiga doente; IEF: incidência de espiga com *Fusarium* spp.; IEBE: incidência de espiga com bom empalhamento \*\*: Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. \*:Significativo em nível de 5 % de probabilidade pelo Teste F. ns: não significativo em 5 % de probabilidade pelo Teste F.

## 5.2. Parâmetros genéticos

Para as características agrônômicas avaliadas, o coeficiente de variação experimental (CVe%) foram obtidos os seguintes resultados: 21,35% número de espiga total (NET), 18,79% peso médio de espiga (PME), 6,66% comprimento médio de espiga (CME), 5,72% diâmetro médio de espiga (DME) e 12,55% incidência de espiga com bom empalhamento (IEBE). Para as características fitossanitárias: 34,18% severidade de *Fusarium* spp. na espiga (SFE), 9,17% incidência de espigas doentes (IED) e 14,53% incidência de espiga com *Fusarium* spp. (IEF) (Figura 2).



**Figura 2.** Estimativas do coeficiente de variação experimental (CvE) (Barras com linha contínua), coeficiente de variação genético (CvG) (barras com linha pontilhada) e do coeficiente de variação relativo (CvR) - razão entre o CvG/CvE (Traços), obtidos para SFE: severidade de *Fusarium* spp. na espiga; PME: peso médio de espiga; CME: comprimento médio de espiga; DME: diâmetro médio de espiga; NET: número de espiga total; IED: incidência de espigas doentes; IEF: incidência de espigas com *Fusarium* spp.; IEBE: incidência de espigas com bom empalhamento, avaliadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ.

O coeficiente de variação experimental (CvE%), mensura a precisão do experimento e é resultante da razão entre o desvio padrão e a média do experimento. De acordo com os resultados obtidos, é possível constatar que houve uma boa precisão experimental, levando em consideração a classificação de coeficientes de variação proposta por Pimentel Gomes (1990) e Scapim et al. (1995). As oscilações encontradas para as características fitossanitárias são devido às características conferirem resistência à doença, pois mesmo com o uso da escala diagramática, o patógeno atua de maneira diferenciada na área experimental, favorecendo assim a diferenciação marcante dentro do tratamento (Júnior, 2019).

De acordo com o coeficiente de variação genética (CvG), os resultados obtidos foram: 20,71% número de espiga total (NET), 51,01% peso médio de espiga (PME), 13,97% comprimento médio de espiga (CME), 12,02% diâmetro médio de espiga (DME) e 7,10% incidência de espiga com bom empalhamento (IEBE). Para as características fitossanitárias: 50,89% severidade de *Fusarium* spp. na espiga (SFE), 6,66% incidência de espigas doentes (IED) e 12,85%

incidência de espiga com *Fusarium* spp. (IEF) (Figura 2). Em relação à variabilidade genética, sua presença pode ser afirmada e quantificada pelo coeficiente de variação genética (CVg). Este coeficiente expressa a magnitude da variação genética em relação à média do caráter, sendo expresso em porcentagem.

Para o coeficiente de variação relativo (CVr) foram obtidos os seguintes resultados para cada característica avaliada: 0,97 número de espiga total (NET), 2,71 peso médio de espiga (PME), 2,09 comprimento médio de espiga (CME), 2,10 diâmetro médio de espiga (DME), 0,56 incidência de espigas com bom empalhamento (IEBE), 1,48 severidade de *Fusarium* spp. em espiga (SFE), 0,72 incidência de espiga doente (IED) e 0,88 incidência de espiga com *Fusarium* spp. (IEF) (Figura 2).

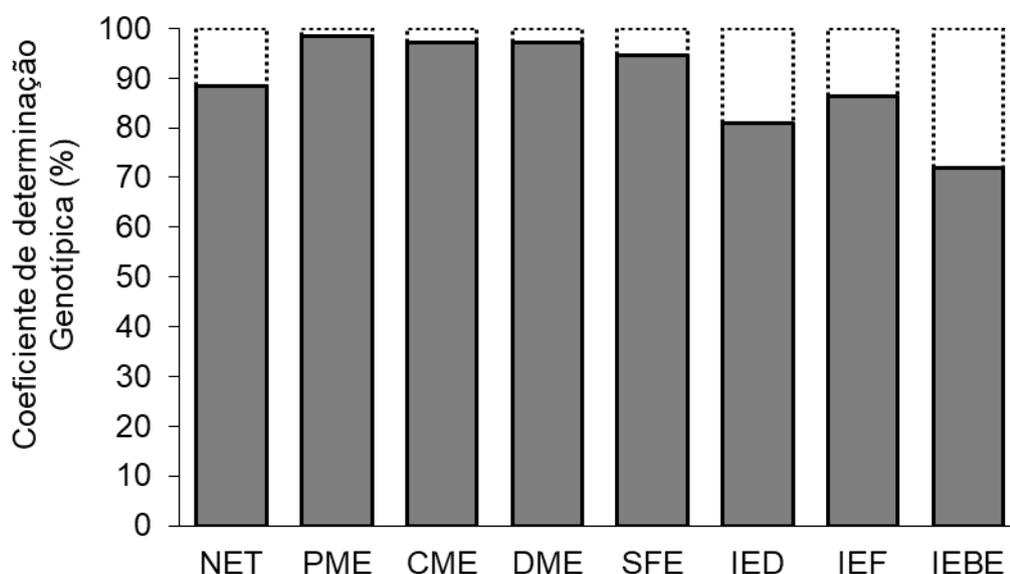
Analisando o coeficiente de variação relativo (CVr), observa-se que a maioria das características avaliadas resultaram em valores acima de 1. Esse índice tende a demonstrar a parcela da influência genética para uma característica em relação à ação ambiental. Segundo Vencovsky e Barriga (1992), quando seu valor é igual ou superior a unidade, indica que o efeito genético é maior que o ambiental para tal característica. Logo, é possível obter ganhos genéticos representativos no melhoramento deste fenótipo.

Para o coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), foram encontrados valores elevados para todas as características avaliadas. Para o número de espiga total (NET) foi obtido o valor de 88,27. Schwantes (2016) em seu trabalho obteve resultado semelhante, com o valor de 83,00. Para peso médio de espiga (PME) foi encontrado o valor de 98,33. Enquanto que, no trabalho de Schwantes (2016), o valor resultante foi de 88,00. Em relação ao comprimento médio de espiga (CME), o resultado obtido foi de 97,23. Para o diâmetro médio de espiga (DME) foi de 97,24. A incidência de espigas com bom empalhamento (IEBE) resultou em 71,93 (Figura 3).

Em relação à severidade de *Fusarium* spp. em espiga (SFE), o resultado compreendeu em 94,66, em contrapartida, o resultado obtido por Kurosawa (2015), foi baixo, sendo de 38,21. Para incidência de espiga doente (IED), foi de 80,87. Considerando a incidência de espiga com *Fusarium* spp. (IEF), o resultado obtido foi de 86,22, parecido com o resultado obtido por Kurosawa (2015), sendo de 87,72 (Figura 3).

Vale salientar que os altos valores encontrados para o coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), permitem o uso de estratégias de seleção mais simples e contribuem para maiores ganhos genéticos no melhoramento de plantas (Borém e Miranda, 2017). Quanto maior for a estimativa do coeficiente de determinação genotípico, maior será a probabilidade de se realizar uma seleção eficaz em um futuro desenvolvimento de cultivares com resistência ao *Fusarium* spp. com seleção baseada no fenótipo dessas linhagens (Figura 3).

Para todas as características avaliadas, observou-se que acima de 70% da variação fenotípica correspondeu às variâncias genéticas, com destaque para as características: PME, CME, DME e SFE, que apresentaram valores próximos de 100%. Valores elevados para o Coeficiente de determinação genotípico indicam maior segurança em selecionar com base na variância fenotípica observada, de forma que haverá maior garantia de que o bom desempenho dos genótipos selecionados irá se repetir nas progênes.



**Figura 3.** Estimativas do Coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) obtidos para NET: número total de espiga, PME: peso médio de espiga, CME: comprimento médio de espiga e DME: diâmetro médio de espiga. SFE: severidade de *Fusarium* spp. na espiga, IED: incidência de espigas doentes, IEF: incidência de espigas com *Fusarium* spp. e IEBE: incidência de espigas com bom empalhamento.

### 5.3. Agrupamento de médias das características agronômicas

Após a verificação da existência de diferenças significativas em cada variável (Tabela 2), realizou-se o agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Tal fato teve por objetivo reunir as linhagens em grupos para cada característica avaliada, facilitando assim, a seleção de genótipos promissores.

Pelo critério de agrupamento para a característica número total de espigas (NTE), no ambiente 1, houve a formação de quatro grupos, sendo que 14,28% dos genótipos avaliados obtiveram número de espiga superior a 49 espigas por parcela, tal grupo compreendeu as linhagens: L261, L262, L265, L55 e L685. No ambiente 2 observou-se a formação de quatro grupos, sendo que 22,86% dos genótipos, obtiveram número de espiga superior a 30 espigas por parcela, compreendendo as linhagens: L261, L270, L292, L55, L70, P2, P3 e P4. Comparando ambos os ambientes, as linhagens que resultaram no maior número de espigas por parcela foram: L261 e L55 (Tabela 3). Kurosawa (2015) em seu trabalho, avaliando 37 genótipos com delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições e linhas simples de 2 metros com 11 plantas/linha encontrou para a característica número de espiga o valor superior a 15 espigas por parcela.

Com relação à característica peso médio de espiga (PME), no ambiente 1 houve a formação de sete grupos, sendo que 2,85% dos genótipos obtiveram peso médio superior a 60g: linhagem P4. No ambiente 2, houve a formação de oito grupos. No grupo com maior média de PME, ficaram locadas 2,85% da linhagem (P4). Observou-se que apenas a linhagem P4 se destacou para essa característica em ambos os ambientes, tendo sua população de origem Sul-americanas, desenvolvida pela UEM.

Para comprimento médio de espiga (CME), as linhagens L204, P3 e P4 (8,57%) ficaram locadas no grupo de maior magnitude, dos seis grupos para essa característica no ambiente 1. Já no ambiente 2 houve a formação de oito grupos, sendo que 2,85% das linhagens avaliadas estavam locadas no grupo de maior tamanho de espiga (P4). Quando comparado os resultados obtidos nos dois ambientes, é possível selecionar apenas a linhagem P4, por apresentar a maior média de comprimento de espiga (Tabela 3).

As linhagens L261, L70, P2, P3 e P4 apresentaram as maiores médias para a característica diâmetro médio de espiga (DME), no ambiente 1. Já no ambiente 2, as L70, P2 e P4 apresentaram as maiores médias. Considerando as médias obtidas nos dois ambientes, destacam-se as linhagens L70, P2 e P4, por apresentarem as maiores médias (Tabela 3).

Nas avaliações de linhagens, considerando as características comprimento médio de espiga (CME) e o diâmetro médio de espiga (DME), faz com que o número de grãos seja maior, assim havendo o maior rendimento, ou seja, ocorrendo a maior produtividade da cultura. A linhagem que compreendeu a maior média em relação às duas variáveis avaliadas foi P4, proveniente, respectivamente da genealogia Sul-americanas, desenvolvida na UEM.

**Tabela 3.** Características agrônômicas avaliadas, das 35 linhagens de milho-pipoca cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ.

Genótipos	NTE		PME(g)		CME(cm)		DME(mm)	
	Amb.1	Amb.2	Amb.1	Amb.2	Amb.1	Amb.2	Amb.1	Amb.2
L203	28,75d	10,00d	22,13f	9,50h	12,83b	12,12d	24,06c	19,56e
L204	35,50c	20,25c	39,13e	29,50e	15,04a	13,76b	25,34c	23,53d
L261	60,00a	41,50a	54,13c	39,38d	12,43c	11,07e	28,47a	26,60b
L262	55,00a	22,33c	36,38e	20,00f	12,20c	11,19e	24,86c	22,07d
L263	38,25c	22,50c	32,88e	14,00g	10,75d	9,51f	25,03c	21,14e
L265	53,75a	24,00b	32,50e	19,00f	11,80c	11,28e	24,63c	22,56d
L266	36,25c	24,50b	20,38g	15,38g	9,49e	10,03f	21,51d	19,31e
L270	38,25c	32,50a	20,75g	20,00f	9,36e	9,77f	22,66d	22,64d
L292	39,25c	31,00a	46,25d	49,13c	12,60b	12,79c	25,94b	26,56b
L293	28,25d	21,25c	34,88e	24,25e	9,36e	9,82f	27,09b	24,23c
L294	28,50d	22,25c	25,00f	18,45f	12,83b	12,11d	21,49d	20,90e
L363	40,25b	7,50d	17,38g	8,65h	10,95d	10,13f	22,25d	21,39d
L476	36,50c	20,25c	27,00f	14,25g	13,04b	11,55e	21,00d	19,65e
L477	32,75c	12,50d	32,88e	15,88g	10,16d	8,33g	26,50b	21,16e
L509	46,50b	20,50c	19,18g	14,58g	10,43d	11,25e	21,12d	19,37e
L51	43,00b	16,50c	26,63f	25,25e	12,09c	12,66c	23,46c	24,66c
L55	49,50a	33,00a	38,00e	40,50d	13,09b	13,14c	23,54c	24,69c
L623	46,25b	25,75b	17,88g	10,03h	8,41f	7,44h	21,34d	20,30e
L624	35,00c	10,33d	20,75g	8,33h	12,81b	11,19e	22,96c	19,74e
L682	41,75b	26,25b	32,35e	22,88e	9,88e	9,73f	24,04c	23,33d
L683	32,50c	17,00c	39,75e	25,33e	13,25b	12,83c	23,75c	23,04d
L685	56,75a	17,00c	16,25g	7,63h	10,01e	8,76g	21,63d	19,68e
L686	34,25c	17,25c	34,38e	19,38f	13,04b	12,39d	24,51c	22,02d
L688	24,00d	18,50c	18,75g	21,50f	8,75f	11,84d	24,15c	24,86c
L689	44,75b	20,25c	22,13f	14,50g	10,56d	9,48f	22,56d	21,99d
L691	41,25b	25,00b	24,63f	25,13e	9,90e	10,30f	24,85c	24,18c
L692	42,25b	8,50d	15,75g	7,84h	12,88b	11,92d	18,32e	18,63e
L693	40,50b	23,00c	24,25f	18,13f	11,43d	11,40e	24,11c	24,79c
L695	34,75c	16,25c	26,13f	16,13g	9,91e	9,81f	22,26d	20,99e
L70	42,00b	33,25a	46,50d	47,13c	11,03d	11,37e	29,03a	29,98a
L71	28,00d	16,00c	21,75f	17,15g	10,88d	10,75f	23,00c	23,01d
L76	32,75c	25,00b	33,70e	37,13d	11,73c	12,32d	24,77c	27,08b
P2	41,25b	31,50a	56,25c	61,88b	12,69b	13,35c	30,32a	31,06a
P3	44,25b	30,25a	60,13b	53,13c	14,35a	14,08b	28,79a	27,58b
P4	28,00d	32,75a	68,00a	77,63a	14,36a	15,21a	30,58a	29,95a
Média	39,44	22,18	31,56	28,84	11,55	11,27	24,28	23,20

Amb.1: Alegre-ES. Amb.2: Campos dos Goytacazes-RJ; NTE: número total de espiga; PME: peso médio de espiga; CME: comprimento médio de espiga e DME: diâmetro médio de espiga. \*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott 5% de probabilidade.

#### 5.4 Agrupamento de médias das características fitossanitárias

No que diz respeito à severidade de *Fusarium* spp. na espiga (SFE), observou-se formação de quatro grupos (para o ambiente 1) e de cinco grupos (para o ambiente 2). No primeiro ambiente 31,42% das linhagens avaliadas obtiveram as menores média. Tal grupo foi composto pelas linhagens: L261, L266, L363, L476, L623, L682, L683, L686, L689, L695 e P4. No ambiente 2, as linhagens L261; L262; L265; L266; L294; L688 e L689, se destacaram por apresentarem menores médias de severidade. Comparando os resultados obtidos nos dois ambientes, as linhagens que obtiveram as menores médias de severidade foram as linhagens: L261 - PARA 172, L266 - PARA 172 e L689 - UENF-14, todas desenvolvidas pela UENF (Tabela 4).

Em relação à incidência de espigas doentes (IED), no ambiente 1 houve a formação de três grupos, já no ambiente 2, não se observou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4). Para essa variável, 14,28% das linhagens ficaram alocadas no grupo de menores médias L266 - PARA 172 (UENF) L363 - PR 023 (UEM), L509 - PA 170 Roxo (UENF), L695 - UENF-14 (UENF) e P4 - Sul-americanas (UEM). A produtividade da cultura está relacionada também, ao número de espigas sadias, tendo em vista que quanto maior for a incidência de fungos nas sementes, maiores serão as perdas econômicas advindas da alta disseminação do patógeno e da baixa qualidade do produto no beneficiamento (Casa et al., 2007).

Para a característica incidência de espiga com *Fusarium* spp. (IEF), houve a formação de dois (no ambiente 1) e três (no ambiente 2) grupos. No ambiente 1, as linhagens L266, L363, L476, L509, L623, L683, L686, L689, L695 e P4 tiveram a menor incidência de *Fusarium* spp., o que corresponde a 28,57% das linhagens avaliadas no ambiente. Já no ambiente 2, apenas 8,57% das linhagens obtiveram menor incidência da doença (L266, L688 e L689). Das 35 linhagens avaliadas, destacam-se L266, L689, ambas desenvolvidas pela UENF, por apresentarem as menores médias de incidência nos dois ambientes (Tabela 4).

Em relação à característica incidência de espiga com bom empalhamento (IEBE), no ambiente 1, houve a formação de três grupos, sendo que apenas um genótipo apresentou média inferior a 40, compreendendo a linhagem L294. No ambiente 2, não houve diferenciação estatística entre as linhagens, assim formando apenas um único grupo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Características fitossanitárias avaliadas, das 35 linhagens de milho-pipoca cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ.

Genótipos	SFE		IED		IEF		IEBE	
	Amb.1	Amb.2	Amb.1	Amb.2	Amb.1	Amb.2	Amb.1	Amb.2
L203	88,23a	25,50d	100,00a	100,00a	100,00a	90,00a	61,35b	100,00a
L204	63,48b	45,13c	98,70a	100,00a	98,70a	97,22a	72,01b	91,32a
L261	28,59d	11,92e	95,92a	99,17a	94,17a	78,75b	88,80a	100,00a
L262	39,90c	9,50e	100,00a	98,54a	100,00a	75,31b	99,17a	100,00a
L263	40,78c	41,56c	95,75a	100,00a	94,57a	100,00a	100,00a	100,00a
L265	38,24c	9,44e	97,30a	100,00a	97,30a	68,37b	92,03a	100,00a
L266	19,60d	3,09e	75,06c	86,63a	74,06b	43,50c	99,00a	100,00a
L270	41,99c	44,25c	92,07a	100,00a	91,37a	95,83a	74,33b	100,00a
L292	46,28c	20,39d	93,63a	95,26a	90,28a	88,69a	63,85b	96,14a
L293	70,53a	37,30c	100,00a	98,61a	100,00a	90,28a	98,22a	100,00a
L294	39,90c	4,95e	92,75a	94,70a	90,90a	63,56b	38,79c	95,69a
L363	26,67d	17,69d	68,48c	95,83a	64,28b	70,83b	95,88a	100,00a
L476	27,41d	18,06d	84,83b	94,42a	68,13b	74,63b	98,91a	98,96a
L477	48,20b	36,75c	97,29a	100,00a	94,57a	100,00a	97,42a	100,00a
L509	35,14c	24,73d	69,76c	84,32a	60,06b	72,48b	91,96a	97,92a
L51	55,86b	79,01a	92,99a	100,00a	97,36a	100,00a	97,50a	94,17a
L55	56,41b	70,52b	93,57a	97,29a	90,84a	94,93a	86,74a	92,50a
L623	28,81d	47,37c	76,47b	95,34a	74,47b	85,96a	100,00a	100,00a
L624	63,60b	84,66a	95,76a	100,00a	95,02a	100,00a	97,80a	100,00a
L682	18,62d	16,48d	94,70a	96,25a	92,72a	85,08a	87,53a	98,61a
L683	17,80d	22,52d	82,90b	100,00a	75,56b	88,20a	73,28b	97,92a
L685	50,21b	60,36b	91,75a	94,74a	91,31a	86,41a	98,19a	100,00a
L686	21,24d	62,00b	88,19a	100,00a	77,76b	94,60a	97,12a	100,00a
L688	44,64c	3,36e	92,67a	97,50a	90,88a	39,87c	99,29a	100,00a
L689	13,17d	5,70e	78,34b	83,07a	68,06b	57,15c	96,13a	99,19a
L691	31,52c	21,02d	93,96a	100,93a	91,24a	89,82a	90,19a	100,00a
L692	80,01a	98,88a	104,35a	100,00a	96,20a	100,00a	98,86a	100,00a
L693	39,71c	40,48c	93,60a	99,39a	91,86a	89,10a	82,26a	99,39a
L695	13,51d	15,32d	67,47c	88,87a	58,77b	77,52b	100,00a	100,00a
L70	37,72c	20,63d	91,27a	97,75a	84,88a	90,27a	93,28a	100,00a
L71	63,75b	39,67c	99,19a	93,06a	99,19a	90,88a	92,55a	100,00a
L76	67,26b	79,89a	99,33a	100,00a	98,69a	97,92a	71,53b	97,59a
P2	53,10b	25,78d	97,97a	98,34a	97,21a	90,44a	90,72a	97,92a
P3	32,53c	20,32d	91,98a	95,97a	90,84a	69,85b	68,58b	91,94a
P4	19,59d	22,05d	72,71c	89,91a	68,15b	80,44a	98,22a	92,89a
Média	41,83	33,89	90,30	96,45	87,12	88,37	88,33	98,35

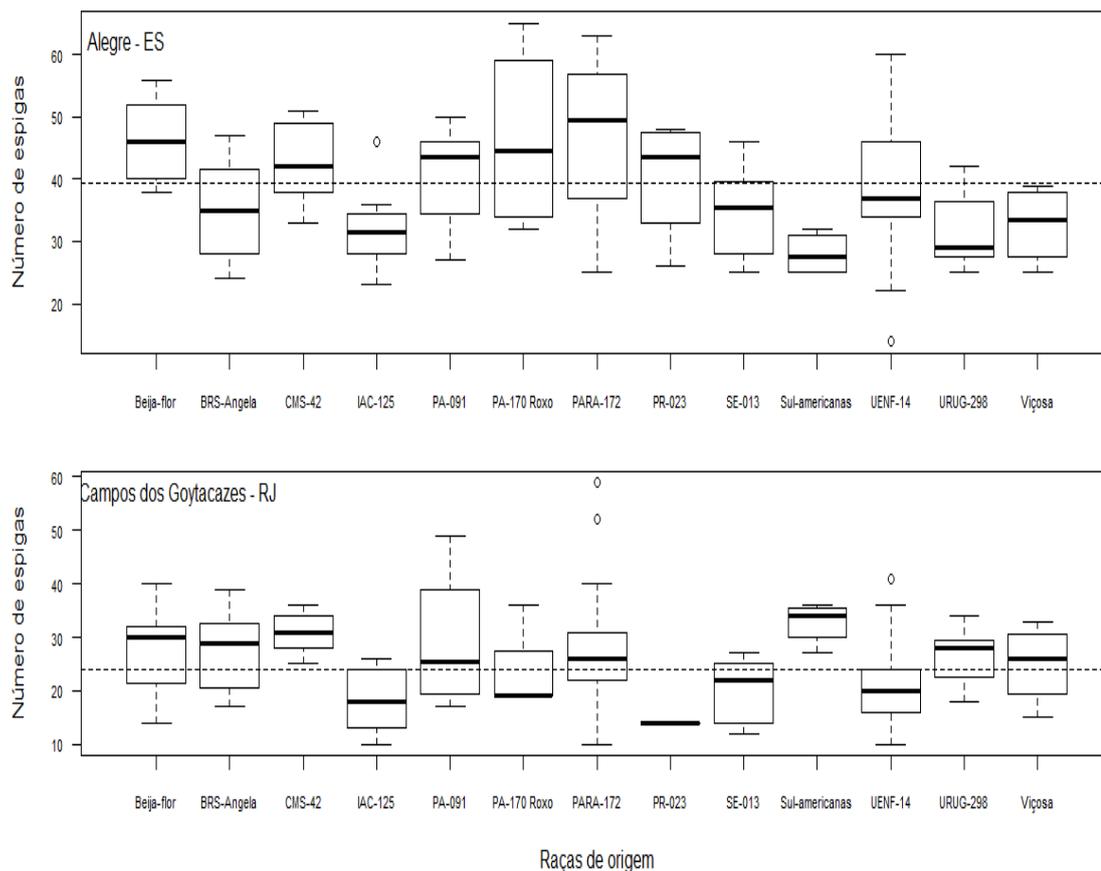
Amb.1: Alegre-ES. Amb.2 Campos dos Goytacazes-RJ; SFE: severidade de *Fusarium* spp. na espiga; IED: incidência de espigas doentes; IEF: incidência espigas com *Fusarium* spp. e IEBE: incidência de espigas com bom empalhamento. \*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott 5% de probabilidade.

A qualidade dos grãos de milho pode ser avaliada pela incidência de grãos ardidos, o que interfere na qualidade e produtividade do produto. A incidência de espiga com *Fusarium* spp. está diretamente relacionada ao grau de empalhamento da espiga e de forma indireta está relacionada à ocorrência ao

ataque de pragas, além de contribuir na sua conservação da espiga (Magalhães e Durães, 2010), ou seja, espiga mal empalhada é uma condição favorável para o aparecimento da doença.

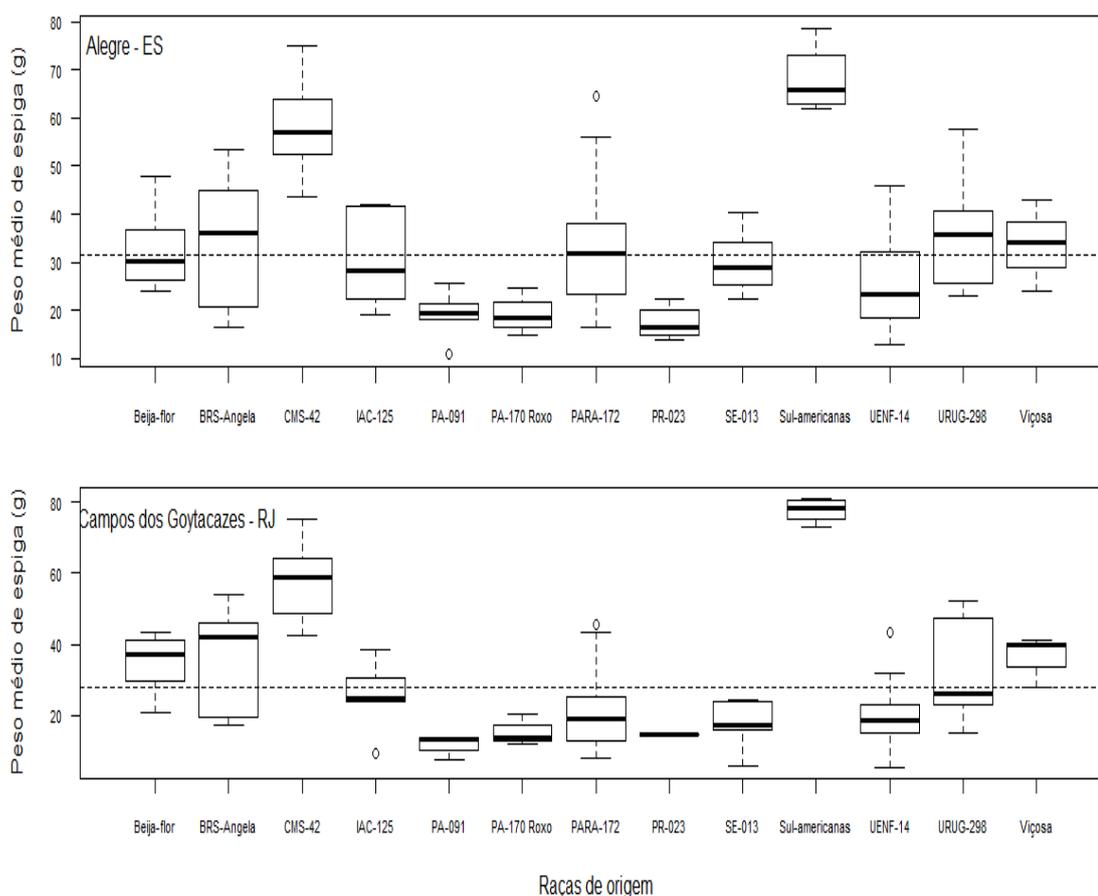
### **5.5 Genealogias das linhagens**

As trinta e cinco linhagens avaliadas, são provenientes de 13 genealogias (Tabela 1). Os gráficos Boxplot foram construídos para descrever a dispersão do conjunto de dados avaliados de acordo a genealogia de procedência. Para a característica número total de espiga (NTE) no ambiente 1, a amplitude foi de 51, variando de 14 a 65 espigas. A maior parte das genealogias apresentou a mediana próxima de 40 espigas, destacando-se as linhagens oriundas da genealogia Beija-flor. No ambiente 2, a amplitude foi 57, variando de 2 a 59 espigas. A maior parte das genealogias apresentou a mediana próxima de 22 espigas tendo destaque as linhagens provenientes da genealogia CMS-42 e Sul-americanas. Em relação aos dois ambientes, a maioria das genealogias obtiveram resultados acima de 20 espigas (Figura 1).



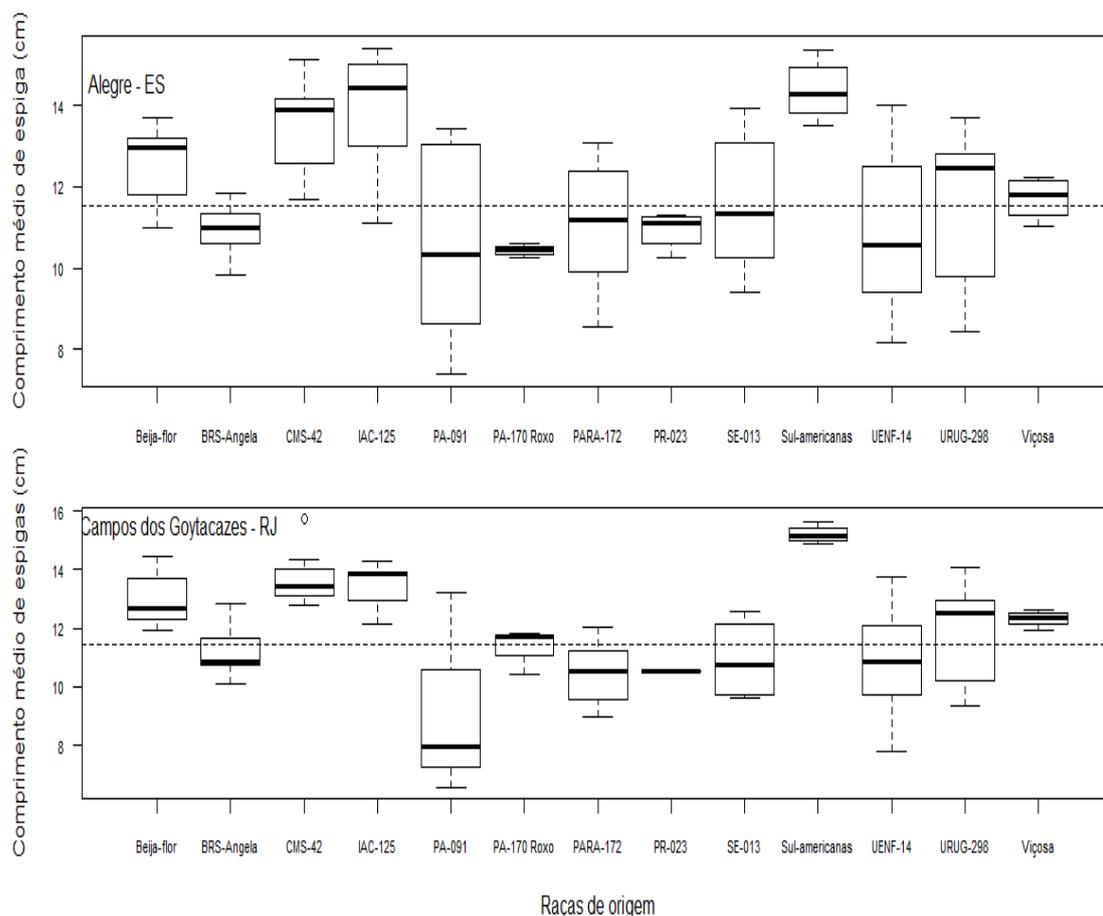
**Figura1.** Distribuição das 35 linhagens de milho-pipoca quanto ao número total de espigas (NTE) cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ, agrupadas de acordo com as genealogias.

Em relação ao peso médio de espiga (PME) no ambiente 1, observou-se que a amplitude foi de 67, variando de 11 a 78 g. As genealogias que apresentaram as maiores medianas foram: CMS-42 e Sul-americanas, e as genealogias PA-091, PA-170 roxo e PR-023, foram as que apresentaram medianas abaixo de 30g. No ambiente 2, a amplitude foi de 77,5, variando de 3,5 a 81 g. As genealogias que apresentaram as maiores medianas foram: CMS-42 e Sul-americanas, enquanto que PA-091 e PR-023, apresentaram as menores. Em ambos os ambientes, as genealogias que obtiveram as maiores medianas foram as CMS-42 e Sul-americanas (Figura 2).



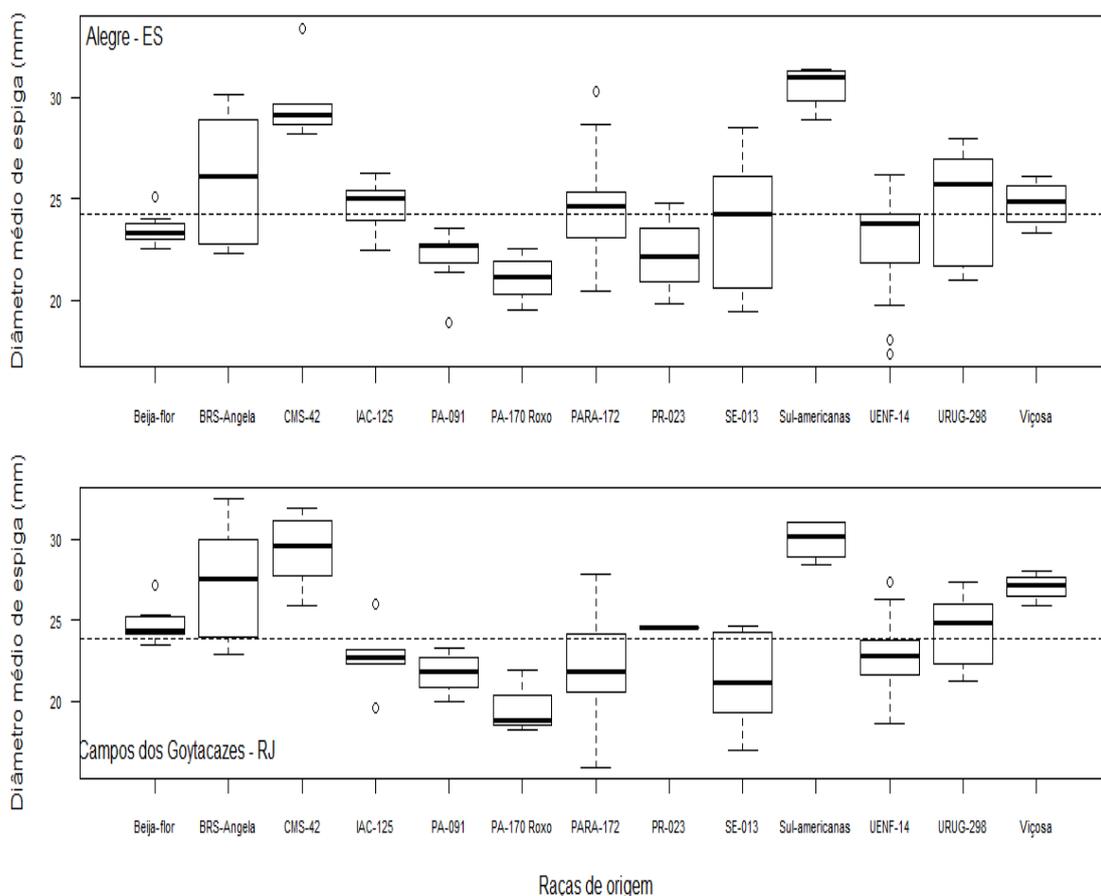
**Figura 2** - Distribuição das 35 linhagens de milho-pipoca quanto ao peso médio de espiga (PME) cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ, agrupadas de acordo com as genealogias.

Quanto à característica comprimento médio de espiga (CME), no ambiente 1, a amplitude foi de 8, variando de 7,4 a 15,4 cm, sendo que três genealogias obtiveram as maiores medianas, CMS-42 (13,52 cm), IAC-125 (13,93 cm) e Sul-americanas (14,36 cm). No ambiente 2, a amplitude foi de 10,24, variando de 5,52 a 15,76 cm, sendo destacadas as genealogias CMS-42 (13,71 cm), IAC-125 (12,94 cm) e Sul-americanas (15,21 cm). Comparando os ambientes, as genealogias que apresentaram as maiores medianas no ambiente 1, foram as mesmas resultantes do ambiente 2 (Figura 3).



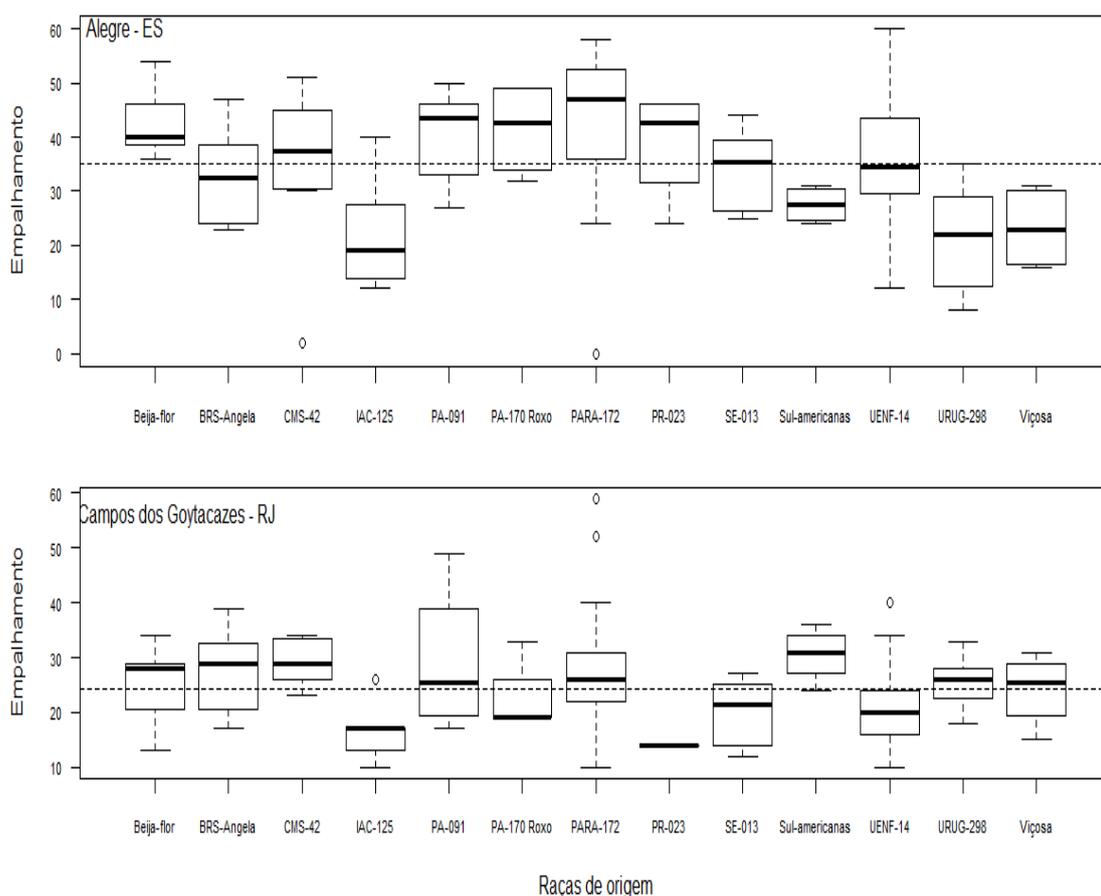
**Figura 3** - Distribuição das 35 linhagens de milho-pipoca quanto ao comprimento médio de espiga (CME) cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ, agrupadas de acordo com as genealogias.

Para a característica diâmetro médio de espiga (DME), no ambiente 1, a amplitude foi de 16, variando de 17,38 a 33,38 mm. As genealogias CMS-42 e Sul-americanas apresentaram as maiores medianas. Já no ambiente 2, a amplitude foi de 17,92, variando de 14,6 a 32,52 mm. As genealogias de destaque foram CMS-42 e Sul-americanas. Das 13 genealogias avaliadas, destacam-se duas para ambos os ambientes, por apresentarem as maiores medianas, CMS-42 e Sul-americanas (Figura 4).



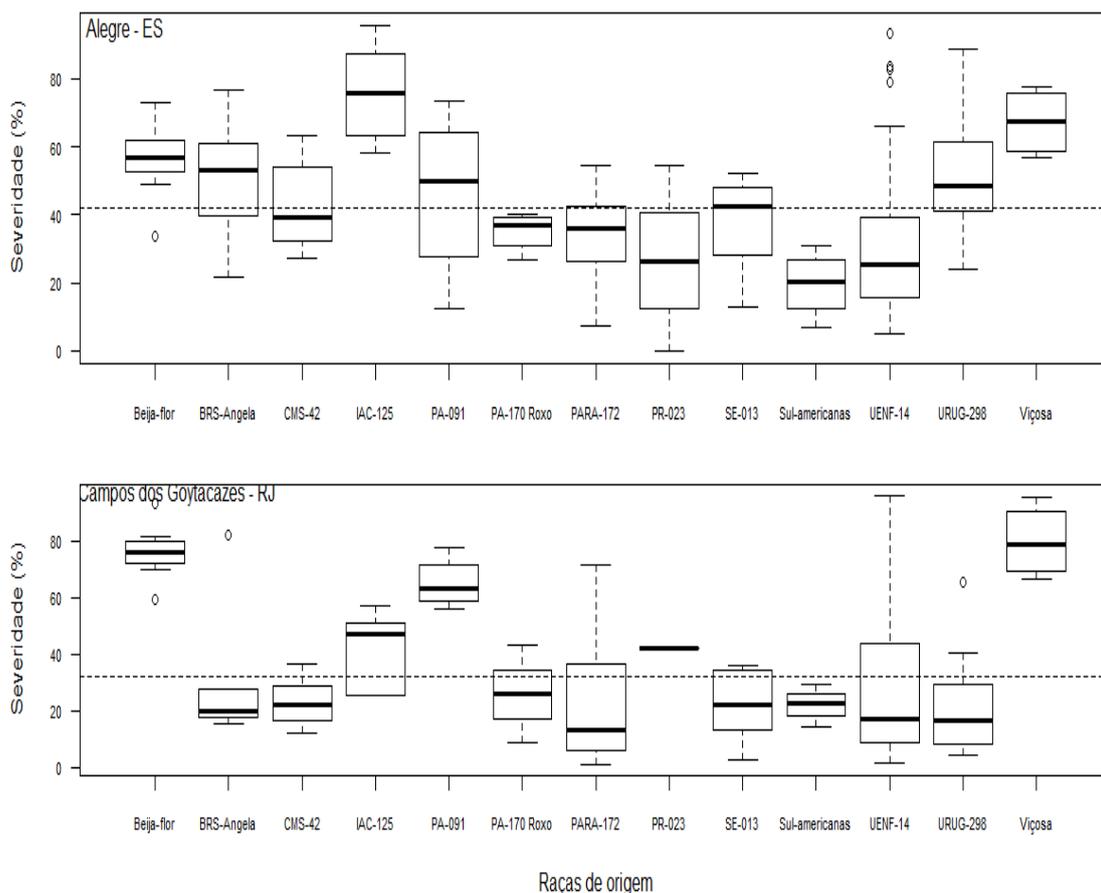
**Figura 4** - Distribuição das 35 linhagens de milho-pipoca quanto ao diâmetro médio de espiga (DME) cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ, agrupadas de acordo com as genealogias.

Em relação à característica de incidência de espiga com bom empalhamento (IEBE), no ambiente 1, a amplitude foi de 58, variando de 2 a 60 espigas. A maioria das medianas se situa entre 30 a 40 espigas. Pode-se destacar a genealogia Beija-flor, que apresentou a maior mediana. No ambiente 2, observou-se que a amplitude foi de 57, variando de 2 a 59 espigas. As maiores medianas encontradas são das linhagens provenientes das genealogias, CMS-42 e Sul-americanas. Em ambos os ambientes as medianas ficaram próximas da média (Figura 5).



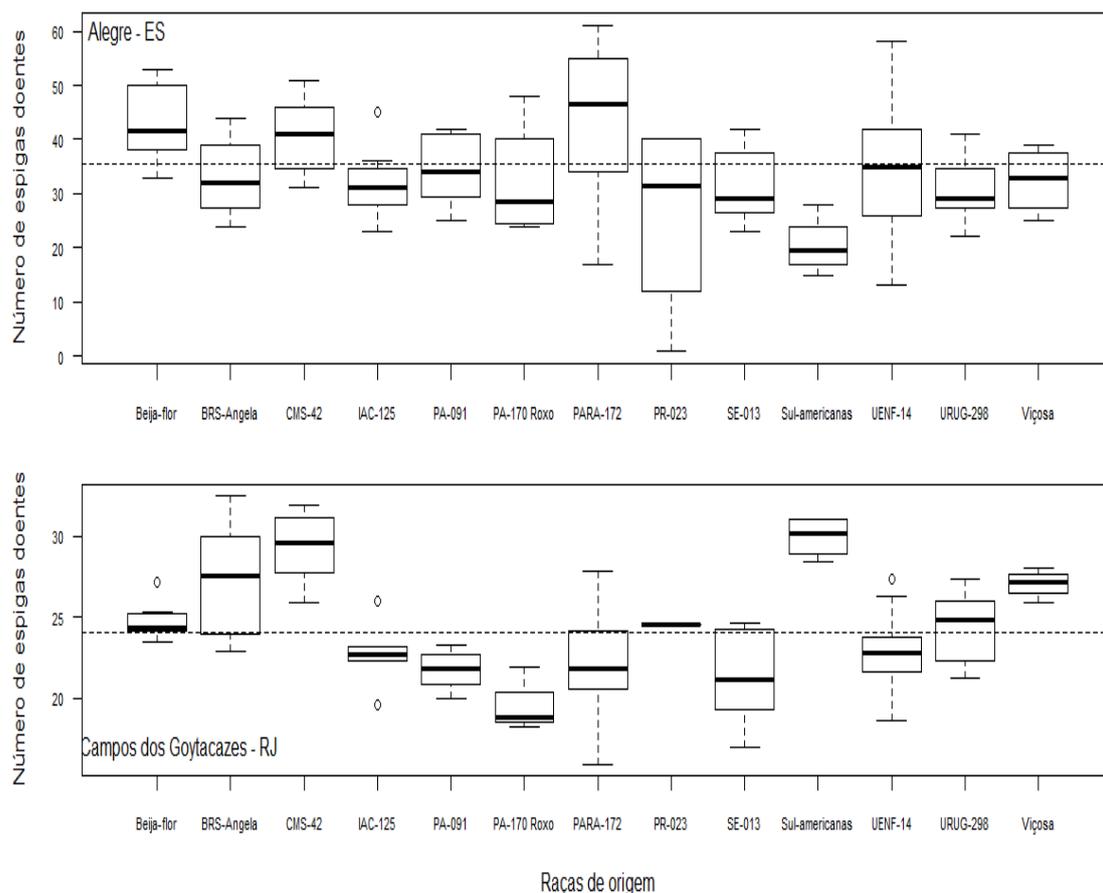
**Figura 5** - Distribuição das 35 linhagens de milho-pipoca quanto ao número de espigas com bom empalhamento (NEBE) cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ, agrupadas de acordo com as genealogias.

Quanto às avaliações fitossanitárias, observou-se que para a característica severidade de *Fusarium* spp. na espiga (SFE), no ambiente 1, a amplitude foi de 75,06, variando de 13,17 a 88,23%. A média das diferentes genealogias ficou em torno de 41%. A presença de *outliers* em dois das trezes genealogias, mostra que houve dispersão dos dados. A genealogia Sul-americanas foi a que apresentou a menor dispersão, identificado pelo posicionamento do menor e maior valor observado. No ambiente 2 a amplitude foi de 95,79, variando de 3,09 a 98,88%. A média das diferentes genealogias ficou em torno de 33%. Houve a presença de *outliers* em três das trezes genealogias. As genealogias BRS-Angela e Sul-americanas foram as que apresentaram a menor dispersão. Comparando os ambientes, a genealogia UENF-14, foi a que apresentou a maior dispersão dos valores obtidos (Figura 6).



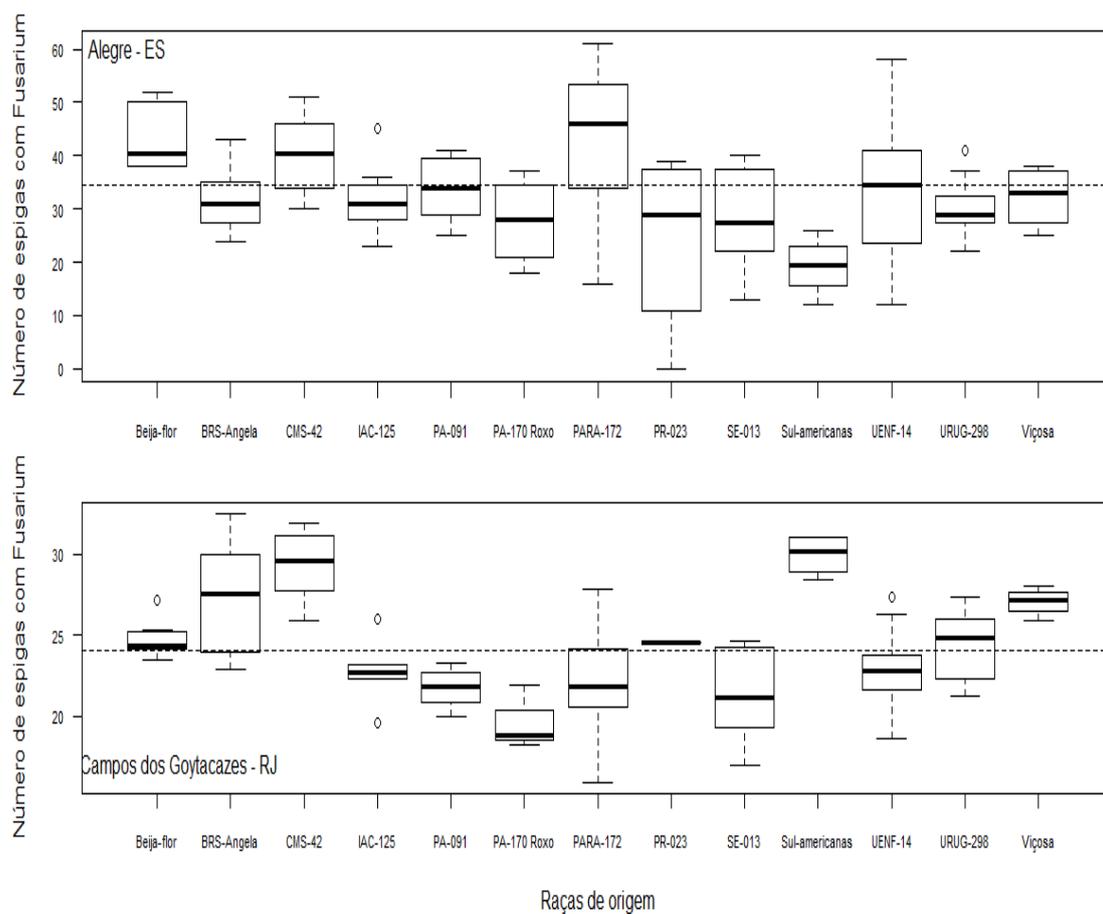
**Figura 6** - Distribuição das 35 linhagens de milho-pipoca quanto à severidade de *Fusarium* spp. na espiga (SFE) cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ, agrupadas de acordo com as genealogias.

Em relação ao número de espigas doentes (NED), no ambiente 1, a amplitude foi de 60, variando de 1 a 61 espigas, com média de aproximadamente 35 espigas. A genealogia que obteve a menor amplitude foi Sul-americanas. No ambiente 2, a média foi de aproximadamente 23 espigas, e a genealogia que obteve o menor número de espigas doentes foi a PA-172 roxo (Figura 7).



**Figura 7** - Distribuição das 35 linhagens de milho-pipoca quanto ao número de espigas doentes (NED) cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ, agrupadas de acordo com as genealogias.

Em relação ao número de espigas com *Fusarium* spp. (NEF), no ambiente 1, a média foi de aproximadamente 35 espigas, a genealogia que obteve a menor amplitude foi Sul-americanas. No ambiente 2, a média foi de aproximadamente 23 espigas, e a genealogia que obteve a menor amplitude foi PA-172 roxo. Em relação aos ambientes avaliados, a genealogia CMS-42 apresentou as maiores medianas (Figura 8).



**Figura 8** - Distribuição das 35 linhagens de milho-pipoca quanto ao número de espigas com *Fusarium* spp. (NEF) cultivadas em Alegre-ES e Campos dos Goytacazes-RJ, agrupadas de acordo com as genealogias.

## 6. CONCLUSÕES

Foi possível identificar com base nas avaliações realizadas em diferentes ambientes linhagens promissoras como fonte de resistência ao patógeno *Fusarium spp.*

As linhagens L261 (PARA-172), L266 (PARA-172) e L689 (UENF-14) apresentaram os menores níveis de severidade de *Fusarium spp.*

As linhagens L266 (PARA-172) e L689 (UENF-14) apresentaram os menores níveis de incidência do patógeno.

Para atributos agronômicos as linhagens que apresentaram os maiores valores para as características avaliadas foram: P2 (Sul-americanas), P3 (Composto CMS-42) e P4 (Composto CMS-42).

É possível obter linhagens produtivas e resistentes da raça PARA 172.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, D. E.; Creech, R. G. (1997) Breeding special industrial and nutritional types. In: Sprague, G. F.; Fuccillo, D. A. *Corn and corn improvement*. 3. ed, Madison: American Society of Agronomy, 363-386.
- Amaral Júnior, A. T., Ribeiro, R. M., Santos, P. H., Poltronieri, T. P., Vivas, J. M., Gerhardt, I. F., Carvalho, B.M., Freitas, C.S., & Miranda, S. B. (2016). Genetic variability affecting *Exserohilum turcicum* resistance in popcorn lines grown under high and low phosphorus conditions. *Genetics and molecular research: GMR*, (4) 15.
- Amaral Junior, A. T., Gonçalves, L. S. A., Freitas Júnior, S. P., Candido, L. S., Vittorazzi, C., Pena, G. F., Ribeiro, R. M., Silva, T. R. C., Pereira, M. G., Scapim, C. A., Viana, A. P., Carvalho, G. F. (2013) UENF 14: a new popcorn cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. Viçosa, 13:218-220.
- Anuário Brasileiro do Milho (2018) Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, p. 88. ISSN 1808-3439.
- Araujo, J.R. (2014) Uso de topcross como indicador do potencial de híbrido de milho para extração de linhagens. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Lavras - MG, Universidade Federal de Lavras - UFLA, 46p.

- Beadle, G. W. (1978) Teosinte and the origin of maize. In: Walden, D.B. (ed.) *Maize breeding and genetics*. New York, John Wiley & Sons, p. 113-141.
- Borém, A.; Miranda, G.V. (2017) *Melhoramento de plantas*. 7ª ed. Viçosa, UFV. 543p.
- Brito, A.H. (2010) Controle genético e químico de doenças foliares e grãos ardidos em milho. Tese (Doutor em Agronomia) – Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras, 89p.
- 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*, 07: 19-31.
- Brodgers, K. D. et al. (2007) Evaluation of *Fusarium graminearum* associated with corn and soybean seed and seedling disease in Ohio. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 91, n. 3, p. 1155-1160.
- Cabral, P.D.S., Amaral Júnior, A.T. do., Freitas, I.L. de J., Ribeiro, R.M., Silva, T.R. da C. (2016) Cause and effect of quantitative characteristics on grain expansion capacity in popcorn. *Revista Ciência Agronômica* 47: 108–117.
- Camargo, L.E.A. (1995) Análise Genética da Resistência e da Patogenicidade. In: Bergamin Filho, A., Kimati, H., Amorin, L. *Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos*. Piracicaba - SP: Ceres, p. 470-492.
- Casa, R.T., Moreira, E.N.M., Bogo, A., Sangoi, L. (2007) Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento da densidade de plantas. *Summa Phytopathologica*. Botucatu 33:353-357.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (México, México) (1985). Managing trials and reporting data for CIMMYT's international: maize testing program. México, 20 p.
- Coan, M.M.D., Pinto, R.J.B., Scapim, C.A. (2018) Melhoramento de Milho Especiais. In: De LIMA, R.O, Borém, A. *Melhoramento de Milho*. Ed. UFV, Viçosa, MG. p.396.

- CONAB - Companhia Nacional De Abastecimento. Disponível <<http://www.conab.gov.br/imprensa-noticia.php?id=39303> >. Acesso em: 13/05/2019.
- Costa, D.M.; Machado, L.C.; Bittencourt, F.; Pereira, L.C (2013). Qualidade do milho para nutrição animal comercializado a varejo e métodos para determinação da umidade. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v.5, n.2, p.25-34.
- Cota, L. V.; Costa, R. V.; Silva, D. D. (2015) Manejo de doenças. In: Borém, a.; Galvão, J. C. C.; Pimentel, M. A. *Milho: do plantio à colheita*. 1. ed. Viçosa: UFV. cap. 13, p. 294-322.
- Cruz, C.D. (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35: 271 -276.
- Davis, R. L. (1927) Report of the plant breeder, *Annual Report Agricultural Experiment Station University of Porto Rico*, Rio Piedras, p.14-15.
- Ematné, H. J., Souza, J. C. D., Biudes, G. B., Nunes, J. A. R., & Guedes, F. L. (2012). Genetic progress of phenotypic recurrent selection in popcorn. *Ciência e Agrotecnologia*, 36: 25-30.
- Embrapa Milho e Sorgo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006) *Doenças na Cultura do Milho*. Versão Eletrônica – 1. ed. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ\\_83.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_83.pdf) > Acesso em: 20/05/2019.
- Fantin, G. M.; Sawakazi, E.; Barros, B. C. (1991) Avaliação de genótipos de milho pipoca quanto à resistência a doenças e à qualidade da pipoca. *Summa Phytopathologica*, Jaguariuna, v. 17, n. 2, p. 91-104.
- Fernandes, M. D. O., Bianchi, P. A., Silva, L. R. A. D., Vianna, L. S., Santos, E. A., & Moulin, M. M. (2018). Morpho-agronomic characterization and analysis of genetic divergence among accessions of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciência Rural*, 48(11).

- Freitas Júnior, S. 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*, 9: 1-7.
- Galinat, W. C. (1974) Intergenomic mapping of maize, teosinte and *Tripsacum*. *Evolution*, 27:644-55.
- Galinat, W. C. (1977) The origin of corn. In: Sprague, G.F *improvement*. 1. ed, New York: Academic Press, p.1-48.
- Hallauer, A.R. (2001) Specialty corns. CRC Press, 496p.
- IPGRI. (2000) Descritores para o milho. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- 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*, 23: 34-41.
- Junior, D.R.S (2019) Capacidades combinatórias de linhagens de milho-pipoca para resistências à ferrugem polissora e à helmintosporiose, estimadas via testcrosses. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes- RJ, 101p.
- Koo, D.H., Jiang, J. (2008) Extraordinary Tertiary Constrictions of *Tripsacum dactyloides* Chromosomes: Implications for Karyotype Evolution of Polyploids Driven by Segmental Chromosome Losses. *Genetics* 179: 1119–1123.
- Kurosawa, R. D. N. F., Vivas, M., Amaral, A. T. D., Ribeiro, R. M., Miranda, S. B., Pena, G. F., Leite. J.T. & Mora, F. (2018). Popcorn germplasm resistance to fungal diseases caused by *Exserohilum turcicum* and *Bipolaris maydis*. *Bragantia*, v. 77, n. 1, p. 36-47, 2018.
- Kurosawa, R. N. F., Amaral Junior, A. T., Silva, F. H., Santos, A. D., Vivas, M., Kamphorst, S. H., & Pena, G. F. (2017). Multivariate approach in popcorn genotypes using the Ward-MLM strategy: morpho-agronomic analysis and

incidence of *Fusarium* spp. *Genetics and Molecular Research*, v. 16, n. 1, p. 1-12.

Kurosawa, R. D. N. F., Amaral Junior, A. T. D., Vivas, J. M. S., Guimarães, A. G., Miranda, S. B., Dias, V. M., & Scapim, C. A. (2017). Potential of popcorn germplasm as a source of resistance to ear rot. *Bragantia*, V. 76, n. 3, p. 378-385, 2017.

Kurosawa, R.N.F. (2015) Fontes de resistência a doenças foliares, podridões de espiga e divergência genética entre genótipos de milho pipoca. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes- RJ, 117p.

Lanza, F. E., da Silva, D. D., Cota, L. V., Guimarães, E. A., Aguiar, F. M., Gomes, G. R., & de Menezes, C. B (2016). Avaliação da resistência cruzada de genótipos de milho à podridão do colmo e a acumulação de fumonisinas totais nos grãos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*,4p.

Lima, J. S. de S.; Silva, S. A.; Oliveira, R. B.; Cecílio, R. A.; Xavier, A. C. (2008) Variabilidade mensal da precipitação mensal de Alegre-ES. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 39, n.2, p.327 – 332.

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*, 55: 269-273.

Lima, V.J., do Amaral Junior, A.T., Kamphorst, S.H., Pena, G.F., Leite, J.T., Schmitt, K.F.M., Vittorazzi, C., de Almeida Filho, J.E., Mora, F. (2016) Combining ability of S3 progenies for key agronomic traits in popcorn: comparison of testers in top-crosses. *Genet Mol Res*. doi: 10.4238/gmr15049319.

Magalhães, P. C.; Durães, F. O. M. *Cultivo do Milho - Ecosifologia*. Embrapa Milho e Sorgo, setembro 2010. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª Edição. Acesso em: 12/06/2019.

Mangesldorf, P.C. (1974) *Corn its origin, evolution and improvement*. Cambridge: Harvard University Press, 262p.

- Marasas, W.F..O; Nelson, P.E. & Tousson, T.A. (1984), Toxigenic species of *Fusarium*: Identity and mycotoxicology: *Pennsylvania State University Press*, pp.216-246.
- Mendes, M.C., Pinho, R.G.V., Pinho, E.V.R.V., Faria, M.V. (2012) Comportamento de híbridos de milho inoculados com os fungos causadores do complexo grãos ardidos e associação com parâmetros químicos e bioquímicos. *Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, 8:275-292.
- Michereff, S. J. (2001) *Fundamentos de Fitopatologia*. 1. ed, Recife: UFRPE, 133p.
- Miranda Filho, J.B., Parterniani, E., Viegas, G.P. (1987) *Melhoramento e produção de milho*. 2.ed.396p.
- Munhoz, A.T., Carvalho, R.V., Querales, P.J., Gonçalves, F.P., Camargo, L.E.A. (2015) Relação entre resistência de linhagens tropicais de milho à podridão de espiga e ao acúmulo de fumonisinas provocados por *Fusarium verticillioides*. *Summa Phytopathologica*, 41(2):44-148.
- Newman, K. (2000) The biochemistry behind esterified glucomannans – titrating mycotoxins out of the diet. In: *Biotechnology in the feed Industry*, Proceedings of Alltech's 16th Annual Symposium, p.369-382.
- Oz, A., Kapar, H. (2011) Determination of grain yield, some yield and quality traits of promising hybrid popcorn genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 16: 233-238.
- Paes, M.C.D. (2006) Circular Técnica 75: Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, 6p.
- Parlevliet, J.E. (1979) Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annu Rev Phytopathol*, 17:203-222.
- Paterniani, E., Campos, M.S. (2005) Melhoramento do milho. In: Borém, A. (org) *Melhoramento de espécies cultivadas*. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, p. 491-552.

- Pimentel Gomes, F. (1990). *Curso de estatística experimental*. 12. ed. São Paulo: Nobel, 467p.
- Pinto, N.F.J.A. (2001) *Qualidade sanitária de grãos de milho*. Comunicado Técnico 30, Sete Lagoas – MG: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 4p.
- Pinto, N.F.J.A. (2007) *Reação de cultivares com relação à produção de grãos ardidos em milho*. Comunicado técnico 144, Sete Lagoas – MG: Embrapa, 4p.
- Rangel, M.M., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Freitas Júnior, S.P., Candido, L.S. (2011) Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. *Revista Ciência Agronômica* 42:473-481.
- Resh, F.S., Scapim, C.A., Mangolim, C.A., Machado, M.F.P.S, Amaral Junior, A.T. (2015). Genetic diversity of popcorn genotypes using molecular analysis. *Genetic and Molecular Research*, 14 (3): 9829-9840.
- Sabato, E.O., Pinto, N.F.J.A., Fernandes, F.T. (2013) *Identificação e controle de doenças na cultura do milho*. Brasília: Embrapa, 198p.
- Sabato, E.O.; Teixeira, F.F. (2015) *Processos para Avaliação da Resistência Genética de Genótipos de Milho aos Enfezamentos Causados por Molicutes*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Circular Técnica 210, versão eletrônica- 1ª edição, Embrapa, 8p.
- Santos, G. R., Gama, F.R., Gonçalves, C.G., Rodrigues, A.C., Leão, E.U., Cardon, C.H., Bonifacio, A. (2013) Severidade de doenças foliares e produtividade de genótipos de milho em resposta à adubação nitrogenada. *Revista Ceres*, 60: 505-513.
- Santos, J.S., Teixeira, A., Amaral, D.O., Vivas, M., Vivas, J.M.S., Nascimento, R., Kurosawa, F., Felipe, S. (2016) Características culturais e patológicas de *Bipolaris maydis* em diferentes meios de cultura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 15(3):461-469.

- Santos, R.M., Valadares, F.V., Pirovani, A.A.V., Venancio, D.F.V., Moulin, M.M. (2016) Caracterização morfoagronômica e físico-química de germoplasma de citrus. *Revista Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.13 n.23; p.1398.
- Sawazaki, E. (2001) A cultura do milho-pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, Campinas, 53: 11-13.
- Sawazaki, E., Paterniani, M.E.A.Z., Galvão, J.C.C., Miranda, G. V. (2004) *Evolução dos cultivares de milho no Brasil*. In: Tecnologias de produção do milho, ed. Da UFV. Viçosa: p. 13-53.
- Scapim, C. A.; Carvalho, C. G. P. De; Cruz, C. D. (1995) Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686.
- Scapim, C.A.; Pacheco, C.A.P.; Tonet, A.; Braccini, A.L.; Pinto, R.J.B. (2002) Análise dialélica e heterose de populações de milho-pipoca. *Bragantia*, Campinas, v.61, p.219-230.
- Schuelter, A.R., Souza, I.R.P., Tavares, F.F., Santos, M.X., Oliveira, E., Guimarães, C.T. (2003) Genetic control of maize resistance to *phaeophaeria* leaf spot. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 02:80-86.
- Schwantes, I.A., do Amaral Júnior, A.T., Vivas, M., de Almeida Filho, J.E., Kamphorst, S.H., Guimarães, A.G., Khan, S. (2018) Inheritance of resistance to Fusarium ear rot in popcorn. *Crop Breed Appl Biotechnol*. 18: 81-88.
- Schwantes, I.A. (2016) Habilidade de combinação para a incidência e severidade de *fusarium* spp. na espiga em milho-pipoca. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 84p.
- Schwantes, I.A., Amaral Junior, A.T., Gerhardt, I.F.S., Vivas, M., Silva, F.H.L., Kamphorst, S.H. (2017) Diallel analysis of resistance to *Fusarium* ear rot in Brazilian popcorn genotypes. *Tropical Plant Pathology*, 42:70-75.

- Seifert, A. L., Carpentieri-Pípolo, V., Ferreira, J. M., & Gerage, A. C. (2006). Análise combinatória de populações de milho-pipoca em testcrosses. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (5), 771-778.
- Silva, W. J.; Vidal, B. C.; Martins, M. L. L.; Vargas, H.; Pereira, A. C.; Zerbetto, M.; Miranda, L.C.M. (1993) What Makes Popcorn Pop? *Nature*, 362: 417.
- Souza Junior, R.C.L. (2001) Melhoramento de espécies alógamas. In: *Recursos genéticos e melhoramento de plantas*. Rondonópolis: p. 159–199.
- Vencovsky, R., Barriga, P. (1992) *Genética Biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 486p.
- Von pinho, R.G., Ramalho, M.A.P., Resende, I.C., Silva, H.P., Pozar, G. (2001) Reação de híbridos comerciais de milho às ferrugens polissora e tropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.3, p.439-445.
- Weatherwax, P. (1954). *Indian corn in old America*. New York, USA: The MacMilan Co, 253p.
- Ziegler, K.E., Ashman, B. (1994) Popcorn. In: Hallauer, A. *Specialty corns*. 7. ed, Iowa: CRC Press, p.189-223.
- Zinsly, J.R., Machado, J.A. (1978) Milho-pipoca. In: Fundação Cargil. *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Piracicaba, ESALQ, p.339-347.