

**CARACTERIZAÇÃO DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA PARA
RESISTÊNCIA À FERRUGEM POLISSORA E QUALIDADE DA
PIPOCA**

LUANA CRUZ VASCONCELOS

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2021**

CARACTERIZAÇÃO DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA PARA
RESISTÊNCIA À FERRUGEM POLISSORA E QUALIDADE DA
PIPOCA

LUANA CRUZ VASCONCELOS

“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. Dr. Marcelo Vivas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

V331

Vasconcelos, Luana Cruz.

CARACTERIZAÇÃO DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA PARA RESISTÊNCIA À FERRUGEM POLISSORA E QUALIDADE DA PIPOCA / Luana Cruz Vasconcelos. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

58 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.
Orientador: Marcelo Vivas.

1. P. polysora. 2. melhoramento genético de plantas. 3. banco de germoplasma . I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

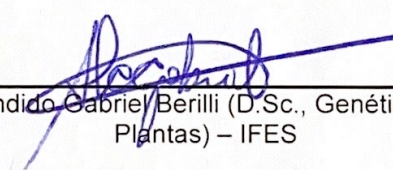
CARACTERIZAÇÃO DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA PARA
RESISTÊNCIA À FERRUGEM POLISSORA E QUALIDADE DA
PIPOCA

LUANA CRUZ VASCONCELOS

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 23 de fevereiro de 2021

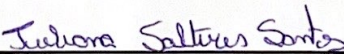
Comissão Examinadora



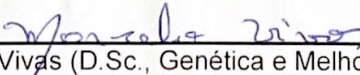
Prof^a. Ana Paula Candido Gabriel Berilli (D.Sc., Genética e Melhoramento de
Plantas) – IFES



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



Dr^a. Juliana Saltires Santos (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



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

A Deus, por todas as bênçãos concedidas a mim. Aos meus pais, Manoel Luiz Vasconcelos e Marlene Cruz Vasconcelos. À minha irmã, Aline Cruz Vasconcelos. À minha madrinha, Sueli Cruz Ferraz.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por ter me dado força e sabedoria, por conseguir mais essa vitória, mesmo com todas as dificuldades;

À minha família, em especial, à minha mãe, Marlene Cruz Vasconcelos, e ao meu pai, Manoel Luiz Vasconcelos, por sempre me ajudarem e, principalmente, me apoiarem, e à minha irmã, Aline Cruz Vasconcelos, e minha madrinha, Sueli Cruz, que sempre estiveram comigo nos momentos que mais precisei. Gratidão por ter vocês sempre comigo;

Ao Arthur Cavatti, por toda ajuda e paciência durante esse período;

À Débora Evellin França, em especial, pelos dois anos de caminhada morando juntas, por todos os momentos que passamos e pelos ensinamentos, vou sempre levar comigo o meu muito obrigada;

Às minhas amigas Gislayne Varela, Bianca Bernardo, Jaqueline Luber e Cintia Ephigênio e Miriz Olmo, que nunca deixaram de me escutar e me apoiar nos momentos que eu mais precisei;

A todos os meus amigos de caminhada, aos que já existiam e aos que adquiri ao longo desta jornada e que se fizeram presentes em todos os momentos. Em especial, a Mariana Zandomênico, Derivaldo Pureza, Yure Pequeno, Marcelo Moura, Rafael Almeida, Fernanda Valadares, Francielle Guimarães, Mayara Cazadini, Rysley Fernandes, Fábio Tomaz e Gleyce Kelly Ramos;

Aos amigos que pertencem ao laboratório de estatística 104 da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Ana Carolina, Ariane, Beatriz,

Fernanda, Gabriel, Helenilson, Juliana, Júlio, Kelly, Nayana, Rafael, Ramon e Marcelo, pelo apoio e companheirismo durante esses dois anos de mestrado;

Aos membros da banca, Ana Paula Candido Gabriel Berilli, Juliana Saltires Santos e Geraldo de Amaral Gravina, pela disponibilidade para fazerem parte da banca;

Em especial, gostaria de agradecer ao Rafael Cabral e Fernanda Valadares, por toda a paciência, dedicação e por todo o apoio ao longo da construção da minha dissertação;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Vivas, pela amizade, confiança, orientação e por todo seu empenho na realização deste trabalho e, principalmente, por todo ensinamento que adquiri ao seu lado ao longo do mestrado;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PGPV) e ao Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG), pela oportunidade de realização do mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001;

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu crescimento.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1.INTRODUÇÃO	1
2.1. Objetivo geral.....	Erro! Indicador não definido.
2. 2. Objetivos específicos	Erro! Indicador não definido.
3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1.Origem e botânica do milho	4
3.2.Milho especial: milho-pipoca.....	5
3.3.Desenvolvimento de cultivares de milho-pipoca a partir de linhagens.....	6
3.4.Caracterização da pipoca	7
3.5.Melhoramento genético em milho-pipoca	9
3.6.Ferrugem polissora	10
3.7.Resistência genética à ferrugem polissora	11
4.MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1.Material Vegetal Avaliado	13
4.2.Delineamento e condução experimental.....	15

4.3.Preparo da área, instalação e condução do experimento	16
4.4.Avaliações pré-colheita: ocorrência de ferrugem	16
4.5.Avaliações pós-colheita: Atributos da pipoca.....	18
4.6.Análise estatística	21
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.RESUMO E CONCLUSÕES.....	34
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

RESUMO

VASCONCELOS, Luana Cruz, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, fevereiro de 2021; Caracterização de linhagens de milho-pipoca para resistência à ferrugem polissora e qualidade da pipoca. Orientador: Prof. Marcelo Vivas.

O milho-pipoca (*Zea mays L.*) é considerado um tipo de milho especial por apresentar a característica de se expandir. A ocorrência de doenças é um dos principais problemas no cultivo de milho-pipoca acarretando perdas na produção. Entre os fungos incidentes na cultura, destaca-se o *Puccinia polysora*, agente causal da ferrugem polissora. A avaliação de materiais quanto à resistência a doenças e com boas características de pipocamento é uma importante etapa em programas de melhoramento do milho-pipoca. Diante disso, o presente trabalho teve o objetivo de caracterizar linhagens de milho-pipoca do banco de germoplasma da UENF quanto a características de pipocamento e resistência à ferrugem polissora. A pesquisa foi desenvolvida em Campos dos Goytacazes (RJ). O experimento foi implantado com 78 linhagens do banco de germoplasma da UENF em delineamento de blocos casualizados com 3 repetições e arranjo em sub-blocos ou sets (3 sets). As avaliações foram conduzidas em 2 safras. Avaliou-se a incidência e a severidade de *P.polysora*. Além disso, foi realizada a avaliação de rendimento de grãos (RG), peso de 100 grãos (P100), capacidade de expansão (CE), número de grãos não pipocados (NGNP), volume estimado para uma pipoca

estourada (VLOP), comprimento de grãos (CG), coloração de grãos (CG), coloração da pipoca (CP), formato da pipoca (FP) e formato de grãos (FG). Os dados foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de O'Neill Mathews em nível de significância de 5%. Para as variáveis de incidência e severidade de ferrugem, que não atenderam aos pressupostos da análise de variância, as médias dos tratamentos foram submetidas a comparação via teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. As características coloração de grãos, coloração da pipoca, formato da pipoca e formato de grãos foram apresentadas em forma de tabela considerando o valor mais frequente da linhagem. As demais características foram submetidas a análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi possível observar que há variabilidade genética entre as linhagens e que o ambiente influencia a resposta das linhagens para os caracteres avaliados. As linhagens P7, L61, L688 e L691 apresentaram os melhores resultados para CE (principal característica de interesse em milho-pipoca) na safra 1. Já, para a safra 2, as linhagens L205, L214, L506 e L594 se destacaram, indicando que há grupos de linhagens que divergem quanto à adaptação às diferentes épocas de cultivo. Para a característica da doença, observou-se que, na safra 1, a incidência foi menor quando comparada com a safra 2. Concluiu-se que as linhagens L688 e L205 apresentaram melhores médias para CE e reduzidas médias para incidência e severidade, sendo genótipos promissores para a utilização em programas de melhoramento visando resistência à *P. polysora* e, ainda, que a linhagem P7 obteve as melhores médias para os principais caracteres agrônômicos (RG, CE e VPOP) na safra de inverno, entretanto, não foi resistente.

ABSTRACT

VASCONCELOS, Luana Cruz, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, February 2021; Characterization of popcorn inbred lines for southern rust resistance and quality of popcorn. Advisor: Prof. Marcelo Vivas.

Popcorn (*Zea mays* L.) is a special type of corn as it has the characteristic of expanding. Diseases are one of the main problems in the popcorn crop, leading to production losses. Among the fungi affecting the crop, *Puccinia polysora* stands out as the causative agent of southern rust. The evaluation of genetic materials as to disease resistance and good popping characteristics is a key stage in popcorn breeding programs. Thus, this study characterized popcorn inbred lines from the UENF germplasm bank regarding the traits of popping and resistance to southern rust. The research was conducted in the municipality of Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro State, Brazil. The trial was implemented with 78 inbred lines from the UENF germplasm bank in a randomized block design with three replicates and arranged in 3 sets. Evaluations were conducted over two seasons. The incidence and severity of *P. polysora* were evaluated. In addition, grain yield (GY), 100-grain weight (W100), popping expansion (PE), number of unpopped grains, estimated volume for a popped popcorn (EVPP), grain length (GL), grain color (GC), popcorn color (PC), popcorn shape (PS), and grain shape (GS) were evaluated. Data were submitted to analysis of normality of residues by the Shapiro-Wilk test and to the

O'Neill Mathews test for homogeneity of variance at 5% significance level. For the traits of incidence and severity of rust, which did not meet the assumptions of the analysis of variance, the means of treatments were compared by the Kruskal-Wallis non-parametric test. Grain color, popcorn color, popcorn shape, and grain shape traits were presented in table format considering the most frequent value of the inbred line. The other traits were subjected to analysis of variance and Scott-Knott cluster test at 5% probability. It was observed that there is genetic variability among the inbred lines and that the environment influences the response of the lines for the traits evaluated. Inbred lines P7, L61, L688, and L691 presented the best results for PE (main trait of interest in popcorn) in harvest 1. In harvest 2, inbred lines L205, L214, L506, and L594 stood out, indicating that there are groups of inbred lines that differ in terms of adaptation to different growing seasons. For the disease characteristic, in 1, the incidence was lower when compared to harvest 2. It was concluded that lines L688 and L205 presented the best means for PE and reduced means for incidence and severity, being promising genotypes for use in breeding programs aiming at resistance to *P. polysora*. Inbred line P7 also obtained the best means for the main agronomic traits (GY, PE, and EVP) in the winter harvest; however it was not resistant.

1. INTRODUÇÃO

O milho-pipoca (*Zea mays L.*) é um tipo de milho especial que apresenta como principal característica a capacidade de se expandir quando seus grãos são aquecidos a temperatura elevada, o que o diferencia de outros tipos de milho (Faria Junior et al., 2018). Seu consumo tem sido crescente no Brasil e tem despertado interesse nos produtores de grãos. Além da comercialização do grão, a possibilidade de comercialização da pipoca em comércios faz com que esta cultura seja considerada importante para a economia do país (Moterle et al; 2012; Xavier et al., 2019).

O cultivo é considerado uma boa alternativa para produtores rurais por proporcionar a diversificação de suas atividades e pelos bons preços alcançados pelo produto, sendo até três vezes maior quando comparado aos do milho convencional (Sousa, et al., 2016). Estudos desenvolvidos pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) demonstram potencial para o cultivo e a comercialização de grãos de milho-pipoca nas Regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro (Xavier et al., 2019; Rodrigues et al., 2020).

O milho-pipoca apresenta uma alta variabilidade quanto ao formato e à coloração dos grãos, sendo as cores branca e amarela e o formato pérola os mais comuns. Tal classificação orienta que essas variedades e esses tipos de milho-pipoca vêm tendo uma boa aceitação quando comercializados (Zinsly e Machado, 1987). A característica de pipocamento é que torna o milho-pipoca diferente dos

demais tipos de milho, e essa diferença, por sua vez, lhe confere maciez e sabor bastante apreciados pelo homem (Vendruscolo et al., 2001).

Entre as características de importância para o melhoramento da cultura do milho-pipoca, destacam-se o rendimento de grãos e a capacidade de expansão dos grãos. Nesse sentido, o desenvolvimento de híbridos simples a partir de linhagens com boa capacidade de expansão tem demonstrado ser uma estratégia promissora na obtenção de cultivares superiores (Vieira, et al., 2009). A utilização de linhagens, a exemplo de programas de melhoramento de milho comum, possibilita, assim, tanto o desenvolvimento de híbridos quanto a geração de populações sintéticas a partir de parentais promissores (Hallauer, 1990; Troyer, 1994).

Segundo Sawazaki et al. (1997), o melhoramento do milho evoluiu, no Brasil, até a década de 1980, dando ênfase à produtividade de grãos e resistência a doenças e à redução do acamamento de plantas. Nos últimos anos, houve mudança no porte e ciclo da planta, predominando cultivares de porte baixo, ciclo precoce a superprecoce e adaptados a maior amplitude de ambientes. Neste sentido, uma boa cultivar de milho-pipoca deve aliar bons atributos agrônômicos, tais como alta produtividade e qualidade da pipoca bem como tolerância/resistência a pragas e a doenças, além de resistência a tombamento (Sousa et al., 2016).

O milho-pipoca é considerado menos resistente às doenças quando comparado ao milho comum, sendo importante o desenvolvimento de estratégias de controle de doenças para manter a rentabilidade da cultura, haja vista que a ocorrência de doenças causa queda na produtividade (Arnhold., 2008). Percebe-se que a ocorrência de doenças foliares na cultura do milho vem se agravando. Esse fato pode ser em decorrência de maior amplitude nas épocas de semeadura (safra e safrinha) bem como da suscetibilidade da cultura, proporcionando uma menor produtividade (Cunha et al., 2019). O impacto das doenças foliares na cultura do milho vem crescendo a cada ano, principalmente em razão do acréscimo das áreas irrigadas, o que tem levado a uma maior sobrevivência dos patógenos no campo.

Entre as doenças foliares que acometem a cultura, a ferrugem polissora causada pelo fungo *Puccinia polysora* Underw é uma das mais prejudiciais e destrutíveis (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). Dada a sua importância, faz-se necessário recorrer a medidas de controle para obter uma produção rentável, haja vista a maior suscetibilidade a doenças observada em

milho-pipoca. As principais medidas para o controle da ferrugem polissora no campo consistem no uso de variedades com resistência genética e de fungicidas foliares. O uso de fungicidas, além de gerar custos na produção, também apresenta como inconveniente a possibilidade de contaminação do ambiente e de agricultores. Desta forma, a identificação de variedades mais resistentes ao ataque de doenças é uma das alternativas viáveis para a redução dos impactos causados pelos patógenos.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar linhagens de milho-pipoca do banco de germoplasma da UENF visando identificar genótipos que reúnam características desejáveis de pipocamento e resistência à ferrugem polissora.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Origem e botânica do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta herbácea anual, monoica díclina (Vieira, 2010). Compete à classe Liliopsida, família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae, gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L. (Canechio Filho, 1985; Môro e Fritsche–Neto, 2017). Trata-se de uma planta anual C4, monocotiledônea, com ciclo que varia entre 110 e 180 dias. Cada planta desenvolve 20-21 folhas e, cerca de 65 dias após a emergência, ocorre o florescimento, atingindo a maturidade fisiológica em torno de 125 dias, dependendo da cultivar (Ritchie et al., 2003).

O milho possui $2n = 2x = 20$ cromossomos, é uma planta herbácea, monoica, portanto, há ocorrência dos dois sexos na mesma planta em inflorescências diferentes. É uma planta alógama, em que, preferencialmente, ocorre a fecundação cruzada, completando seu ciclo de quatro a cinco meses (Pons e Bresolin, 1981; Paterniani e Campos, 1999).

É um cereal que vem sendo cultivado há pelo menos 5.000 anos, considerando-se uma das culturas mais antigas do mundo (Borém e Miranda, 2013). É utilizada desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia e cultivada em diferentes climas e regiões (Demétrio et al., 2008; Sangoi et al., 2011). Constitui-se um dos principais insumos da cadeia produtiva brasileira, fornecendo matérias-primas utilizadas para indústria, especialmente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos (Severino., 2005). O Brasil é o quarto consumidor mundial de milho, sendo que, em produção mundial, ocupa o

terceiro lugar, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América e da China (Fiesp, 2018; Conab, 2019).

Seu centro de diversidade genética está situado no continente americano, principalmente Américas Latina e Central (Veasey et al., 2011). Existem diversas teorias sobre sua origem, a mais aceita é a defendida por Beadle (1978), que sugere que o milho tenha se originado de forma direta e unicamente do teosinto por intermédio de intensa seleção praticada pelo homem.

A hipótese defendida por Weatherwax (1922) acredita que o milho, o teosinto e o *Tripsacum* spp. originaram-se de um ancestral comum. Já, a hipótese defendida por Mangelsdorf (1974) consta que o teosinto tenha se originado do milho; portanto, o milho seria o genoma ancestral. A teoria da sua origem confunde-se com a de outros tipos de milho, pois sabe-se que, segundo Gama et al. (1990), os índios das Américas Central e do Sul já tinham o hábito de aquecer e estourar milhos.

3.2. Milho especial: milho-pipoca

Além do milho comum, existem tipos especiais de milho, os quais pertencem a um nicho de mercado bem definido, a exemplo do milho-pipoca, que apresenta como principal destino a alimentação humana (Morô e Fritsche-Neto, 2017). Estes são provenientes da espécie *Zea mays var. everta* S., subespécie *mays*, e apresentam como características marcantes as sementes duras, pequenas e destacadamente, a capacidade de pipocamento ou expansão dos grãos, quando aquecidos (Pereira Filho et al., 2010).

Este produto tem uma boa aceitação e alto valor agregado, por atingir melhores preços de mercado quando comparado ao milho comum. Tal fato mostra que o cultivo do milho-pipoca pode ser uma boa alternativa para os pequenos produtores rurais e as empresas alcançadas pelo produto, sendo até três vezes maior quando comparado ao milho comum (Souza et al., 2016). A cultura apresenta elevado potencial para cultivo e comercialização nas Regiões Norte e Noroeste Fluminense (Xavier et al., 2019; Rodrigues et al., 2020).

As principais diferenças entre o milho-pipoca e o milho comum constituem-se em apresentarem um menor porte, colmo mais fino e fraco; serem mais suscetíveis a pragas; e possuírem maior prolificidade, menor número de folhas e de grãos (Zinsly e Machado., 1987, Sawazaki., 2001). No entanto, as plantas são

mais superprecoces na maturação e na secagem dos grãos, além de produzirem perfilhos com maior frequência (Fantin et al., 1991). A característica mais marcante que difere o milho-pipoca dos demais tipos de milho é a capacidade de expansão dos grãos (Silva et al., 1993; Sawazaki, 2001).

De acordo com Freire (2015), o milho-pipoca apresenta as mesmas condições e épocas de cultivo do milho comum. Para essa cultura, a temperatura e a precipitação são consideradas importantes (Aspiazú., 1971). Apesar de informações de que as condições de cultivo são as mesmas que as do milho comum, há poucos estudos que tentam definir as melhores condições para cultivo desse tipo especial de milho. Há, portanto, a necessidade de pesquisas voltadas para a cultura, que definam o manejo mais adequado (Faria Junior., 2018).

Dada a importância que o milho-pipoca assume no cenário nacional e mesmo no regional bem como a sua alta rentabilidade, se comparado ao milho comum, são necessários estudos que visem o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes regiões do Brasil e que apresentem alta produtividade, capacidade de expansão e resistência às principais doenças da cultura.

3.3. Desenvolvimento de cultivares de milho-pipoca a partir de linhagens

O sucesso no desenvolvimento de um programa de melhoramento consiste na identificação de fontes de variabilidade genética que aliem alelos favoráveis aos caracteres desejáveis, possibilitando, assim, a obtenção de linhagens promissoras. Tais linhagens podem ser obtidas por populações melhoradas e/ou mesmo pela autofecundação de híbridos comerciais que apresentem alelos favoráveis já fixados, incrementando, deste modo, a eficiência do programa de melhoramento (Amorim e Souza., 2005).

Então, busca-se com o melhoramento de milho o desenvolvimento de híbridos e/ou de populações melhoradas. Desta forma, a obtenção e avaliação de linhagens é um passo muito importante, visto que o emprego de linhagens está associado à busca de vigor de um híbrido (heterose), fenômeno que proporciona alta produtividade em híbridos provenientes de cruzamentos de parentais que exibem divergência entre si (Paterniani et al., 2008).

Entretanto, os ganhos são obtidos quando se utilizam linhagens oriundas de populações com maior distância genética. Tal fato permite que os alelos sejam fixados nas linhagens e transferidos para os híbridos, aumentando a probabilidade

de obter maior concentração de alelos favoráveis da linhagem selecionada no híbrido obtido (Hallauer et al., 2010).

Dado o exposto, há a necessidade de caracterização das linhagens em disponíveis para estudo. Uma boa caracterização será crucial para o desenvolvimento de novas cultivares em programas de melhoramento, permitindo a exploração do potencial genético da cultura para produção. Esse ganho genético pode ser obtido por meio da seleção direta para produção ou com base na seleção de diversos caracteres agronômicos relacionados com a produtividade (Santos e Vencovski., 1986).

Cultivares de milho-pipoca com uma boa produtividade são uma das principais exigências do mercado. Por outro lado, a qualidade da pipoca, notadamente a capacidade de expansão, é uma das principais exigências do consumidor. E para os pequenos produtores rurais e melhoristas, a resistência genética a doenças torna-se uma alternativa favorável pois, junto com os atributos supracitados, permite maior rentabilidade. Pelo exposto, percebe-se a importância cada vez maior dos programas de melhoramento e pré-melhoramento da cultura.

3.4. Caracterização da pipoca

O milho-pipoca possui um valor comercial superior quando comparado ao do milho comum; é um dos lanches mais populares entre os consumidores e em todo o mundo. O consumo de pipoca vem crescendo gradualmente ao longo dos anos, o que o torna uma cultura econômica e atrativa para os produtores (Ribeiro et al., 2016). A espécie é um tipo especial de milho que suporta uma pressão interna e uma maior temperatura, permitindo, assim, a capacidade de estourar formando flocos (Cretors., 2001). A capacidade de expansão é calculada pela razão entre o volume de pipoca expandida e o peso inicial dos grãos quando expostos em altas temperaturas (Miranda et al., 2002).

A demanda pelo crescimento de pesquisas com pipoca tem sido muito notada por acadêmicos, produtores e comerciantes focados em melhorar o desempenho da produção na indústria. Com o aumento do volume de expansão e na redução de grãos não estourados, que leva a um aumento de cerca de 75% na produção quando comparado a anos atrás (Foer., 2005).

O milho-pipoca apresenta uma alta variabilidade quanto ao formato (redondo, chato, pontiagudo) e à coloração (amarela, branca, roxa, rosa, creme,

vermelha, preta, azul etc.) dos grãos, sendo as cores branca, amarela e creme as mais comuns (Zinsly e Machado., 1987).

Entre as características, tem-se ainda formas distintas dos grãos de milho-pipoca: tipo arroz e pérola. Os do tipo arroz têm uma ponta afiada no topo e são comercialmente pipocas brancas, já os grãos tipo pérola são redondos sem a ponta afiada no topo e são pipocas amarelas a creme (Ziegler et al., 2001 ; Ceylan et al., 2001). Em estudos com os tipos de grão de maior aceitação comercial, o do tipo pérola, com o endosperma amarelo e alaranjado, ganhou maior importância na indústria (Ziegler e Ashman., 1985).

Além disso, o milho-pipoca pode classificar a pipoca tipo comercial bem como sua aparência após pipocada, visto que a ainda não tem padrões estabelecidos e específicos da indústria para um grão de pipoca já estourado, sendo denominada floco ou caracterizada pelo tipo cogumelo e borboleta. Existem, no mercado, nichos estabelecidos para os tipos de pipoca, sendo classificados como grãos dos tipos borboleta e cogumelo. Os grãos do tipo borboleta são caracterizados por terem vários apêndices que se espalham por várias direções. Preferencialmente, no uso doméstico, é caracterizada como pipoca salgada; já a pipoca cogumelo é usualmente utilizada em mercados comerciais de pipoca doce (gourmet), pois, quando estourados, seus flocos são menos suscetíveis à quebra durante seu preparo para a indústria (Sweley et al., 2013).

Um fator de grande importância para a qualidade da pipoca é o rendimento, tendo a necessidade de quantificar as relações de características de qualidade da pipoca com os caracteres agronômicos, sendo eles aliados a vários indicadores de qualidade, desde uma boa cor a uma boa expansão e maciez. O volume de expansão da pipoca é de extrema importância para os consumidores, pois os grãos ainda não estourados são vendidos pelo peso e, após sua expansão (estouro), os flocos de pipoca são vendidos por volume (Shimoni et al., 2002; Borrás, 2006).

O rendimento de grãos e o volume de pipoca são características agronômicas muito importantes na pipoca, e o fator que mais afeta essas características é o genótipo escolhido para sua produção (Sakin et al., 2005). Portanto, o desenvolvimento de cultivares com características desejáveis é fundamental para promover a qualidade da pipoca, tornando-a comercialmente mais atrativa.

3.5. Melhoramento genético em milho-pipoca

No melhoramento do milho-pipoca, preconiza-se aumentar atributos agronômicos, tais como tolerância/resistência a pragas e a doenças; resistência a tombamento; e alta produtividade à qualidade da pipoca. Os programas de melhoramento genético de milho apresentam algumas alternativas, como a obtenção de populações melhoradas e a obtenção de híbridos.

A seleção na população tende ao aumento da frequência de alelos favoráveis para o caráter que se deseja melhorar na obtenção do híbrido, ocorrendo primeiro a obtenção de linhagens endogâmicas que, quando em combinações adequadas, produzirão híbridos superiores às populações de origem (Paterniani e Miranda Filho., 1978).

A seleção recorrente é um método utilizado para aumentar gradualmente a frequência de alelos desejáveis para características quantitativas por meio de repetidos ciclos de seleção, sem reduzir a variabilidade genética (Borém et al., 2017), visto que, quanto maior a frequência de alelos favoráveis de uma população, maior será a probabilidade de extração de linhagens superiores (Hallauer e Miranda Filho, 1988).

Os primeiros experimentos executados de plantas autofecundadas e cruzadas de espécies iguais foram conduzidos por Darwin (1877). Beal (1880) fez hibridações em variedades de polinização aberta, alcançando produtividade do híbrido intervietal superior à dos parentais, mostrando a hibridação como método de aumentar a produtividade do milho. Grande parte do melhoramento é representada pela hibridação das cultivares e linhagens, o que permite a recombinação da variabilidade existente (Ramalho et al., 1993).

Dessa forma, com o cruzamento entre esses indivíduos, espera-se gerar progênes superiores, uma vez que a hibridação poderá encontrar indivíduos desejáveis e indesejáveis (Allard., 1971). Há, portanto, duas alternativas a serem exploradas, ou seja, a obtenção de híbridos ou populações melhoradas.

Entre os híbridos de milho-pipoca, cita-se o registro de IAC 125, híbrido oriundo do cruzamento do IAC 112 com um sintético obtido de um híbrido norte-americano. O híbrido IAC 112 é o híbrido de melhor sanidade de espiga, no entanto, apresenta resistência às principais doenças foliares. Entre as cultivares de milho-pipoca, destaca-se a RS-20, a qual apresenta qualidade de pipoca equivalente aos híbridos, porém com baixos valores de produção. Outra cultivar que se destaca é a

BRS ANGELA, oriunda de ciclos de seleção recorrente do composto CMS-43, da EMBRAPA/CNPMS (Pacheco et al., 2000). BRS ANGELA é uma variedade produtiva e com boa qualidade de pipoca, apesar de seus grãos serem brancos, limitando sua difusão no mercado (Sawazaki., 2001). Utilizando a estratégia de seleção recorrente, foi obtida a UNF-14, que agrega características desejáveis para produtividade e capacidade de expansão, no entanto, há a necessidade de estudos para avaliar sua resistência a doenças foliares, notadamente, a ferrugem polissora.

3.6. Ferrugem polissora

O agente causal da ferrugem polissora é o fungo Basidiomiceto, *Puccinia polysora Underw* " um parasita biotrófico. (Kimati et al., 2012). Essa é considerada a mais destrutiva das ferrugens que afetam o milho, tendo sido relatada em muitas áreas tropicais e subtropicais do mundo onde se cultiva o milho. A ferrugem polissora veio crescendo em grande escala no Brasil e em regiões com baixa altitude e clima quente e úmido, pelo aumento da incidência e severidade na cultura (Costa et al., 2009; 2010).

Atualmente, é dita como a mais agressiva entre as demais doenças que ocorrem na cultura do milho, podendo causar uma variação de perdas de 50 até 65% em lavouras pelo aumento de incidência e severidade na cultura (Oliveira et al., 2004). Seus danos vêm sendo causados pela redução da área foliar, vigor, e por senescência precoce das plantas (Teixeira et al., 2017).

Para tanto, tem-se observado a caracterização dos sintomas da doença pela presença de pústulas circulares a ovais, de coloração marrom canela clara a alaranjada, medindo 0,2 a 2,0 mm de comprimento, intensamente distribuídas, principalmente, na face superior das folhas (Dudienas et al., 2013).

O desenvolvimento da ferrugem polissora é favorecido por condições de alta umidade relativa e temperaturas na faixa de 23 a 28 °C (Costa et al., 2009). O fungo geralmente infecta as folhas de acordo com o seu desenvolvimento ao longo da planta. Em cultivares suscetíveis, é comum a ocorrência de morte prematura da planta, ocorre em virtude de a destruição foliar eliminando a sua capacidade fotossintética (Kimati et al., 2012).

Como forma de controle para essa doença, existem algumas opções, como as seguintes: utilização de rotação de culturas; eliminação de plantas infestantes; escolha da época e local de plantio; e aplicação de fungicidas (Machado, Cassetari,

Neto, 2007). Entretanto, o desenvolvimento de cultivares resistentes é considerado o método mais eficiente, além da sua menor agressão ao meio ambiente, ao agricultor e ao consumidor (Bespalhok; Guerra; Oliveira., 2007).

3.7. Resistência genética à ferrugem polissora

O impacto dessa doença vem crescendo gradativamente a cada ano, especialmente em função das áreas irrigadas sob o cultivo do milho, o que tem levado a um maior aumento do número de patógenos no campo. Dessa forma, é necessário identificar variedades resistentes ao ataque das doenças, uma das alternativas mais viáveis para a redução dos impactos causados pelos patógenos (Fidelis et al., 2016).

Os programas de melhoramento genético de milho têm buscado desenvolver linhagens resistentes a doenças foliares (Silveira et al., 2006), visto que tem sido o meio eficaz de controle de doenças (Von Pinho et al., 1999). Segundo Mesquita Neto (2000), o melhoramento de milho para resistência a doenças deve proceder de maneira semelhante ao melhoramento para rendimento, caracteres agrônômicos ou caracteres morfológicos. Contudo, deve ser levada em consideração a variabilidade do patógeno, uma vez que se deve buscar a obtenção de genótipos, cuja resistência seja a mais durável possível.

No entanto, para o melhoramento de milho, já foram estudados os dois tipos de resistência, horizontal e vertical. Ullstrup (1977) demonstrou a existência de 11 monogenes de resistência, todas raça-específicas. Também já foi relatada a resistência chamada poligênica, que tem como característica a redução da taxa da epidemia, que se dá pela diminuição do número e tamanho das lesões, pela diminuição da produção de esporos e pelo aumento do período de latência. (Brunelli, Silva e Camargo., 2002). Isso faz com que a população do patógeno seja reduzida, diminuindo a quantidade de inóculo da doença (Scott e Zummo., 1989; Holland et al., 1998). Ainda de acordo com Von Pinho et al. (1999), algumas dessas características possuem cerca de 87% de herdabilidade, sendo considerada alta, o que indica que a seleção pode ser efetiva.

São conhecidas 13 raças de *Puccinia polysora* (Robert, 1962; Yeh, 1986). Assim, o uso da resistência horizontal tem sido mais eficiente no controle das ferrugens do milho (Robinson., 1987; Smith e White., 1988; Parlevliet., 1993). Essa resistência caracteriza-se por adiar o avanço da doença no campo (Scott e

Zummo., 1989). A busca da resistência horizontal nas plantas é de fundamental interesse para o melhorista, pois, à medida que se encontram genótipos com vários genes condicionando a resistência, a probabilidade de o patógeno vencer ou "quebrar" a resistência por seus mecanismos naturais de geração de variabilidade é muito pequena, por isso a resistência horizontal é caracterizada pela estabilidade e durabilidade (Matiello, Barbieri e Carvalho., 1997). Porém, o desenvolvimento de cultivares resistentes é um trabalho intenso, uma vez que envolve desde a identificação de fontes de resistência e estudo do controle genético até a elaboração e execução de estratégias eficientes na transferência dos alelos de resistência para as linhagens elites de milho que participam dos híbridos comerciais (Souza et al., 2004).

Ainda há poucas informações que tratam de resistência a doenças em milho-pipoca, tornando-se importante o desenvolvimento de estudos na área, visando a eficiência na produção e obtenção de genótipos favoráveis, ou seja, linhagens que tenham características favoráveis para a obtenção de híbridos resistentes. Apesar dos avanços no melhoramento da cultura, existe ainda uma grande carência de cultivares com características agronômicas desejáveis, havendo a necessidade de intensificar estudos que objetivem a obtenção de híbridos (Rangel et al., 2011; Kist et al., 2016).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material Vegetal Avaliado

As linhagens que foram utilizadas no presente estudo encontram-se na sétima geração de autofecundação (S₇) e têm sido desenvolvidas desde o início dos trabalhos com milho-pipoca no programa de melhoramento da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). As linhagens são multiplicadas a cada três, dois ou um ano, dependendo da demanda de utilização no desenvolvimento de novos materiais. Devido a isso, parte das linhagens foram multiplicadas durante a safra 2018/2019, a fim de que pudessem ser plantadas sementes com maior vigor germinativo para as fases de avaliação, iniciada no período de segunda safra de 2019.

Foram caracterizados, em nível agrônomo, cerca de 40% das linhagens de milho-pipoca disponíveis no banco de germoplasma da UENF, correspondente a um total de 78 linhagens de 19 genealogias distintas (Tabela 1).

Tabela 1. Listagem das linhagens de milho-pipoca do banco de germoplasma da UENF avaliadas no estudo e suas respectivas genealogias.

Genealogia	Origem	N° Linhagens	ID no Banco
IAC 125	Campinas, São Paulo (Brasil)	13	L201 a L230
BOZM.260	Bolívia (CIMMYT)	2	L231 a L260
PARA 172	Paraguai (CIMMYT)	6	L261 a L290
URUG.298	Uruguai (CIMMYT)	2	L291 a L320
Barão de Viçosa	UFV, Viçosa (Brasil)	2	L321 a L350
PR 023	UEM, Maringá, Paraná (Brasil)	5	L351 a L380
SAM	América do Sul/EUA	6	L381 a L410
SE 013	Maringá, Paraná (Brasil)	7	L471 a L500
PA 170 ROXO	Paraguai (CIMMYT)	8	L501 a L530
Beija-Flor	UFV, Viçosa (Brasil)	3	L51 a L59
ARZM 07.049	Argentina (CIMMYT)	1	L531 a L560
ARZM 05 083	Argentina (CIMMYT)	1	L561 a L590
RS 20	IPAGRO, Porto Alegre, RS (Brasil)	1	L591 a L620
BRS-Angela	Sete Lagoas, Embrapa (Brasil)	4	L61 a L71
PA 091	Maringá, Paraná (Brasil)	4	L621 a L650
ARZM 13 050	Argentina (CIMMYT)	1	L651 a L680
UENF 14	UENF, Rio de Janeiro (Brasil)	4	L681 a L710
Viçosa-Viçosa	UFV, Viçosa (Brasil)	4	L74 a L88
Raças Sul-Americanas	UEM, Maringá, Paraná (Brasil)	1	P4
Zaeli	UEM, Maringá, Paraná (Brasil)	1	P7
IAC 112	UEM, Maringá, Paraná (Brasil)	2	P9 a P10
Total		78	

4.2. Delineamento e condução experimental

Os experimentos foram conduzidos no período de maio a agosto de 2019 (safra 1) e de outubro 2019 a janeiro de 2020 (safra 2). Os ensaios de competição foram instalados na área experimental do Colégio Agrícola Estadual Antônio Sarlo, situado a 21° 45' latitude sul e 41° 20' longitude oeste e altitude de 11 m (Fontes, 2002), localizado em Campos dos Goytacazes (RJ).

Foram avaliados 78 tratamentos dispostos em delineamento de blocos casualizados com 3 repetições e arranjo em sub-blocos ou sets. Para isso, utilizaram-se três sets, sendo alocados, em cada set, 25 linhagens distintas. Adicionalmente, os sets receberam 3 linhagens em comum utilizadas para cálculo da variação resultante dos efeitos originados pela localização dos sets dentro da área experimental, possibilitando a correção dos efeitos de set. A unidade experimental foi constituída de uma linha com 3 m de comprimento contendo 15 plantas cada, espaçadas 0,20 m entre plantas e 0,90 m entre linhas (Figura 1).

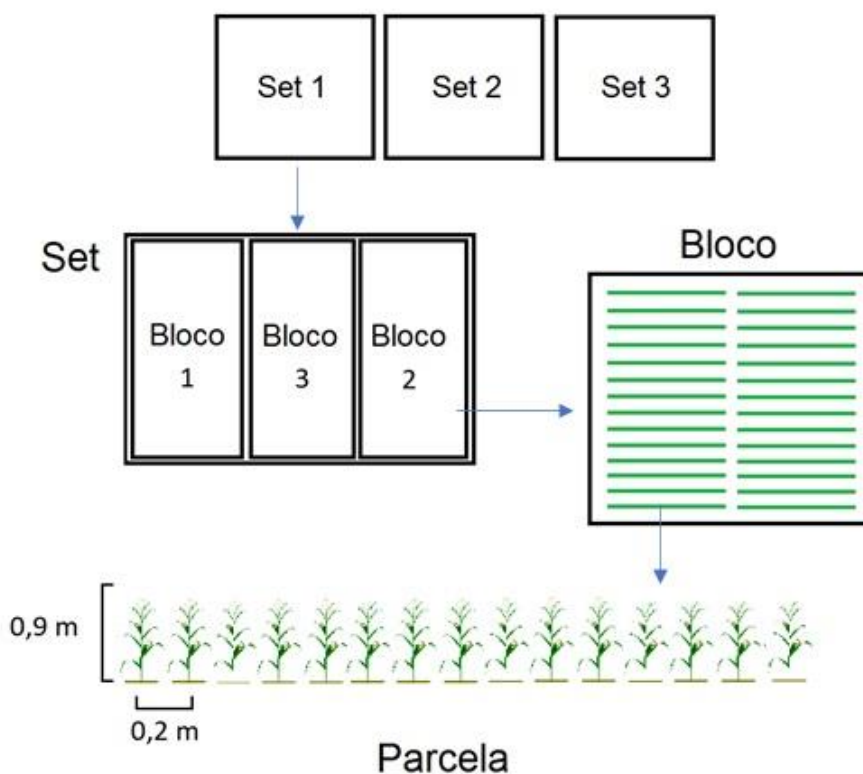


Figura 1 – Croqui do arranjo experimental adotado para avaliação de linhagens de milho-pipoca quanto à resistência à ferrugem.

4.3. Preparo da área, instalação e condução do experimento

Para as duas safras de avaliação, a área de plantio foi arada, gradeada e sulcada com o auxílio de um sulcador mecânico no espaçamento desejado entre fileiras. Após isso, foi realizada uma adubação de plantio (N-P-K, 4-14-8; 800 kg ha⁻¹), conforme recomendado para a cultura. No plantio, distribuíram-se, manualmente, 3 sementes por sulco com 0,5 m de profundidade. Aos 15 dias após a emergência das plântulas, foram efetuados desbastes, mantendo-se uma planta a cada 20cm, correspondente à densidade de 55.555 plantas ha⁻¹.

Aos 30 dias após o desbaste, realizou-se a primeira capina para a eliminação das plantas invasoras. Posteriormente, foram feitas duas adubações de cobertura: a primeira, aos 30 dias após o plantio, com 300 kg ha⁻¹ do formulado N P K (20-00-20), e a segunda adubação, aos 45 dias após o plantio, via aplicação de 20g de ureia (45% N) por metro linear, correspondente a 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio. As plantas foram irrigadas periodicamente via aspersão, de acordo com as necessidades hídricas.

4.4. Avaliações pré-colheita: ocorrência de ferrugem

Na pré-colheita, foram avaliadas incidência e severidade de ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) nas folhas. A inoculação do patógeno ocorreu de forma natural, dado que a área possui histórico de ocorrência da doença (Mafrá et al., 2018; Santos et al., 2020). A reação das linhagens à doença foliar foi quantificada por meio da estimativa de severidade dos sintomas; para tanto, adotaram-se duas estratégias de obtenção das estimativas pela aferição da porcentagem dos sintomas. A incidência foi estimada pelo percentual de folhas visivelmente infectadas ao longo da planta. Obteve-se a severidade pela estimativa do percentual de área foliar acometida pelo fungo, avaliada na folha imediatamente abaixo da primeira espiga.

Foram realizadas três avaliações em intervalos de dez dias a partir da época de florescimento. A data de florescimento foi considerada a partir da abertura de pendão (órgão reprodutor masculino) de, pelo menos, 50% dos genótipos avaliados. Foram avaliadas, em cada parcela, as quatro plantas centrais à incidência e severidade de *P. polysora*, sendo eliminadas das avaliações as duas primeiras plantas iniciais da parcela.

Para avaliação de incidência de *P. polysora*, foi utilizada a escala diagramática adotada pela Agroceres (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 2). Tal metodologia foi adotada na avaliação da incidência de folhas com sintoma do patógeno.

Para a avaliação de severidade de ferrugem polissora na folha da primeira espiga, foi utilizada a escala diagramática de Cobb modificada (Chester, 1950) com gradação variado de 5 a 100% (Figura 3).

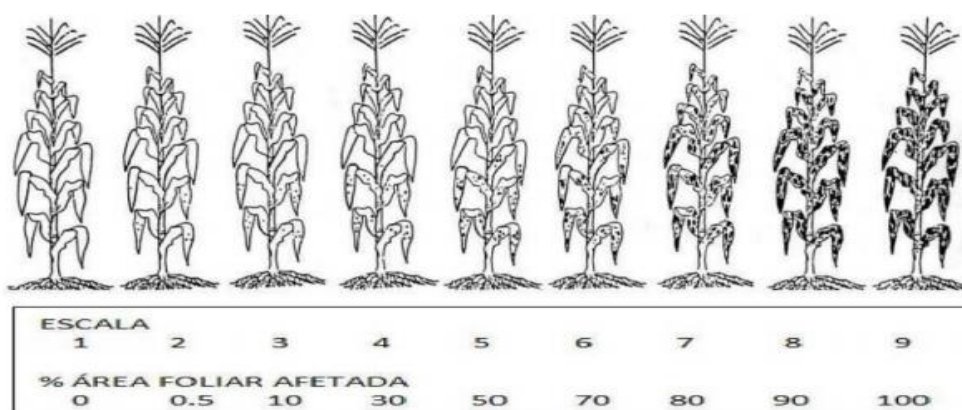


Figura 2. Escala diagramática para avaliação da incidência de moléstias com base na planta adotada pela Agroceres (1996).

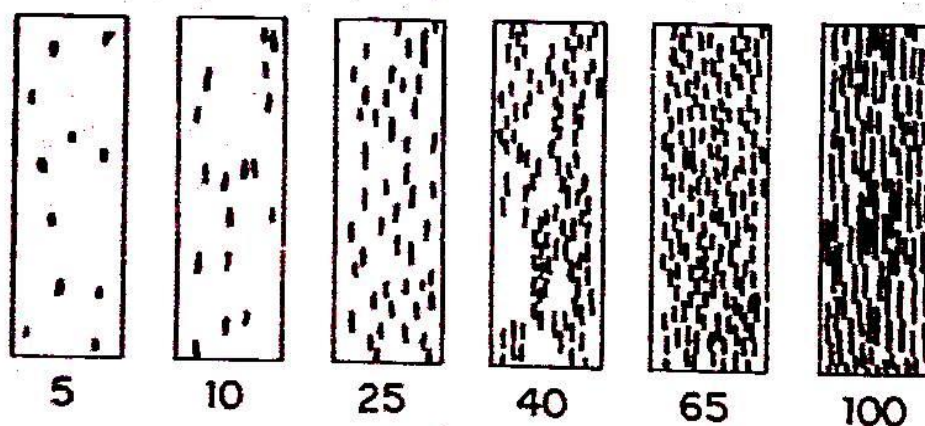


Figura 3. Escala diagramática para avaliação da severidade de ferrugem polissora em folhas de milho proposto por (Chester 1950).

4.5. Avaliações pós-colheita: Atributos da pipoca

No período pós-colheita, foram analisados atributos agronômicos relacionados a características de pipocamento. Essas características foram estimadas a partir dos experimentos avaliados no campo e, em seguida, levados para o laboratório para a realização das respectivas análises. Foram examinados os seguintes caracteres:

1) Rendimento de grãos (RG): referente à avaliação da estimativa da massa de grãos produzidos em 1 ha de plantio, consideradas as correções da massa de grãos para o estande final e para umidade em torno de 13%, expresso em kg ha^{-1} . O método de correção de estande utilizado seguiu a metodologia proposta por Zuber (1942).

2) Massa de 100 grãos (M100): massa de 100 grãos (em gramas) obtida por meio da pesagem em balança de precisão, com precisão de centésimos de grama, (considerando três casas decimais), nas quais foram tomados 100 grãos sadios de cada de parcela. As medidas foram obtidas em duplicatas.

3) Capacidade de expansão (CE): capacidade de expansão dos grãos ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) estimada pela relação entre volume de pipoca expandida e massa de grãos, obtidos após submissão de 30g de milho-pipoca ao aquecimento. Os grãos foram acondicionados em sacolas especiais e levados ao aquecimento em forno micro-ondas marca Brastemp modelo single, com capacidade de 18 litros, potência máxima de 1200 watts e frequência operando a 1000 W de potência. Foi estabelecido o tempo de 2 min e 15 segundos a uma temperatura de 270 °C para o pipocamento. A capacidade de expansão de cada unidade experimental foi estimada a partir da média de 2 duplicatas de grãos pipocados. A fim de reduzir erros devido à perda de potência dos fornos micro-ondas, a cada 6 amostras aquecidas cada forno foi desligado por 30 minutos para resfriamento.

4) Número de grãos não pipocados (NGNP): referente ao número de grãos não pipocados (“piruá”) em cada amostra, contados após o pipocamento.

5) Volume estimado para uma pipoca (VPOP): referente à estimativa do volume médio de uma pipoca estimado de acordo com a fórmula:

$$VPOP = \frac{\text{Volume total de pipoca da amostra}}{\text{Número de grãos pipocados}}$$

de modo que o número de grãos (NG) pipocados foi estimado para cada amostra a partir da fórmula:

$$NG \text{ pipocados} = NG \text{ aquecidos} - NG \text{ Não pipocados}$$

sendo ainda o número de grãos aquecidos estimado pelo cálculo:

$$NG \text{ aquecidos} = \frac{30}{P100} \times 100 ,$$

em que P100 é a massa de 100 grãos sadios da amostra.

6) Comprimento do grão (CG): comprimento, em mm, de 10 grãos por amostra mensurado com o uso de paquímetro digital.

7) Largura do grão (LG): largura de 10 grãos por amostra mensurada com o uso de paquímetro digital em escala de mm considerando como ponto de média a porção mediana do grão.

8) Coloração do grão (CG): grãos analisados visualmente quanto à coloração do pericarpo: roxo, branco ou amarelo (Figura 4).



Figura 4. Características visuais da coloração de grãos em linhagens de milho-pipoca a) roxo b) branco c) amarelo

9) Coloração de pipoca (CP): determinada pela análise visual da coloração predominante na pipoca: branca, creme ou branca/creme (Figura 5).

10) Formato de pipoca (FP): referente à avaliação visual das amostras de pipoca, em que foram definidos o formato predominante: borboleta ou cogumelo (Figura 6).

Borboleta: caracterizada como tendo apêndices espalhados em várias direções e tipicamente preferida para consumo doméstico, por possuir textura mais macia e pedaços de casco menos proeminentes do que a pipoca em forma de cogumelo.

Cogumelo: convencionalmente usada em mercados comerciais, pelos flocos estalados serem menos suscetíveis e quebrarem menos do que a pipoca em forma de borboleta durante a mistura, o revestimento e a embalagem.



Figura 5. Características visuais da coloração da pipoca em linhagens de milho-pipoca a) branca/creme b) creme c) branca

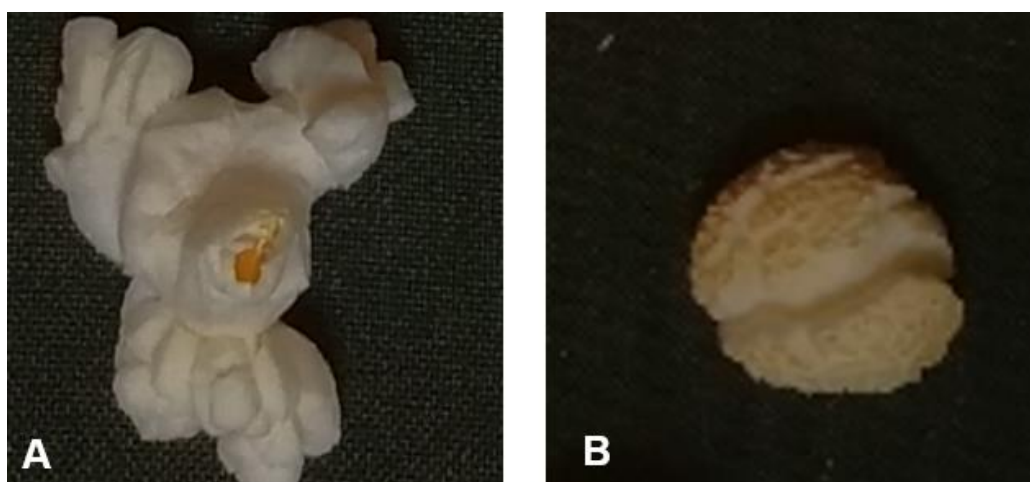


Figura 6. Característica visual do formato da pipoca em linhagens de milho-pipoca a) borboleta b) cogumelo

11) Formato de grão (FG): referente à avaliação visual de cada amostra em laboratório, do formato do grão predominante na amostra: tipo arroz ou tipo pérola, conforme os descritores para a cultura (Figura 7).

Arroz: os grãos do tipo de arroz têm núcleos longos com uma ponta afiada no topo. Pérola: os grãos tipo pérola são mais esféricos e não têm pontas afiadas no topo. Os grãos de pipoca do tipo pérola são os predominantes encontrados atualmente na produção comercial de milho.



Figura 7. Característica visual do formato de grão das linhagens de milho-pipoca a) arroz b) pérola.

4.6. Análise estatística

A partir da média das testemunhas de cada um dos sets, foram obtidos os efeitos de set e estimados fatores de correção (FC) para cada um dos sets. Em seguida, os tratamentos regulares (que não se repetem em diferentes sets) tiveram seus valores corrigidos pelos fatores de correção do respectivo set. O ajuste foi feito segundo a seguinte expressão: $y_{\text{ajustado}} = y + FC$; em que y é o valor observado na parcela.

Os dados foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de O'Neill Mathews em nível de significância de 5%.

Para as variáveis de incidência e severidade de ferrugem que não atenderam aos pressupostos da análise de variância, as médias dos tratamentos foram submetidas à comparação via teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para as demais variáveis em que os pressupostos da análise de variância foram atendidos, procedeu-se à análise via teste F em nível de significância de 5% considerando o modelo estatístico em blocos casualizados para múltiplos ambientes:

$$Y_{ijk} = \mu + B/E_{k(j)} + E_j + G_i + GE_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} é o valor observado na parcela que recebeu o efeito do i -ésimo tratamento (genótipo) da k -ésima repetição no j -ésimo ambiente; μ é a constante geral; $B/E_{k(j)}$ é o efeito do k -ésimo bloco (repetição) dentro do j -ésimo ambiente; E_j é o efeito fixo do j -ésimo ambiente; G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo; GE_{ij} é o efeito da interação entre o i -ésimo genótipo e o j -ésimo ambiente; e ε_{ijk} é o erro aleatório associado à observação Y_{ijk} .

Identificada a existência de diferenças significativas entre, pelo menos, um dos tratamentos, as médias foram agrupadas de acordo com algoritmo de Scott-Knott em nível de significância de 5%. As médias foram plotadas em gráficos de dispersão, sendo as diferentes safras de plantio plotadas em diferentes eixos.

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Genes (Cruz, 2013) e do programa R a partir da interface RStúdio utilizando funções disponíveis no pacote base.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta mostrou diferença significativa para as fontes de variação genótipo, ambiente e interação genótipo x ambiente em todos os caracteres avaliados. Assim, é possível observar que há variabilidade genética entre as linhagens e que o ambiente influencia na resposta das linhagens para os caracteres avaliados (Tabela 2).

Em estudos com milho-pipoca, é relatada a presença da interação genótipos por ambientes (Cabral et al., 2015), assim, esses resultados sugerem que existe performance diferenciada em resposta às mudanças ambientais, uma vez que um fator atua sobre o outro. A presença desta interação pode explicar o motivo de existirem poucas variedades nacionais lançadas no mercado adaptadas a diferentes ambientes ou regiões (Amaral Júnior et al., 2013).

Analisando-se os coeficientes de variação experimental (CVe), verificou-se que os valores oscilaram entre 6,89% de LG e 41,60% piruá (Tabela 2). Este fato demonstra que houve precisão experimental de acordo com a classificação proposta por Scapim et al. (1995). Para coeficiente de determinação genotípico (H^2), foram encontrados valores elevados para todas as características, que variaram de 84,29%, para piruá, a 97,07%, para RG. Essa estimativa explica a proporção da variância genotípica, que é de origem genética, ou seja, o grau de correlação entre o fenótipo e o genótipo (Hallauer et al., 2010; Cruz et al., 2014).

Tabela 2. Análise de variância conjunta para sete características agrônômicas e estimativas dos parâmetros genéticos em 78 linhagens de milho-pipoca avaliadas nos períodos de safra 1 (2019) e safra 2 (2019/2020) em Campos dos Goytacazes.

FV	GL	Quadrados médios						
		RG (kg ha ⁻¹)	CE (cm ³ g ⁻¹)	P100 (g)	VPOP (ml)	PIRUÁ (und)	CG (mm)	LG (mm)
Bloco/Amb	4	12858,00	4,91	0,69	0,01	191,15	0,01	0,12
Genótipo (G)	77	1996342,83**	165,56**	27,15**	3,98**	611,03**	2,72**	1,27**
Ambiente (A)	1	6220515,76**	2955,07**	176,56**	50,23**	12770,10**	22,08**	47,46**
G x A	77	311439,70**	50,60**	7,36**	1,07**	354,63**	0,53**	0,24**
Resíduo	308	58376,49	5,74	1,22	0,29	95,95	0,25	0,12
Média		920,29	21,85	11,33	3,17	23,54	6,51	5,22
CVe (%)		26,25	10,96	9,79	17,02	41,60	7,78	6,89
Parâmetros genéticos								
H ²		97,07	96,52	95,48	92,68	84,29	90,55	89,85
CVg		61,75	23,61	18,33	24,73	39,34	9,84	8,36
Iv		2,35	2,15	1,87	1,45	0,94	1,26	1,21
Acc		0,99	0,98	0,98	0,96	0,92	0,95	0

** = significativo em nível de 1% de acordo com o teste F. RG = rendimento de grãos; CE = capacidade de expansão; P100 = peso de 100 grãos; VPOP = volume de uma pipoca expandida; piruá= número de grãos não estourados; CG = comprimento do grão; LG = largura do grão; H² = coeficiente de determinação genotípico; CVg = coeficiente de variação genotípico; Iv = índice de variação (CVg/CVe); acc = acurácia seletiva

No parâmetro coeficiente de variação genotípico (Cvg), foram encontrados valores variando de 8,36, para LG, a 61,75, para RG. Tal parâmetro é o resultado das diferenças genéticas entre os indivíduos. Um valor elevado desse componente é indicativo de ampla variabilidade genética para o caráter, sendo de importância na identificação de genótipos superiores (Cruz., 2005).

Foram encontrados altos valores para o índice de variação (Iv), tendo variado de 0,94%, para piruá, a 2,35%, para RG. Esse parâmetro tem um papel fundamental na seleção de genótipos superiores; isso dependerá de sua magnitude, quanto mais próximo da unidade, maior chance de sucesso na seleção (Cruz et al., 2014).

Para a acurácia (Acc), foram encontrados valores acima de 0,92 para todas as características avaliadas, sendo considerado como classe de precisão muito alta. Tal parâmetro pode ser utilizado para inferir a precisão na avaliação genotípica (Resende e Duarte., 2007). Em relação aos parâmetros genéticos, estes são indicativos de variabilidade genética nos genótipos em estudo e contribuem ainda para as tomadas de decisão quanto aos genótipos mais promissores.

Entre as linhagens avaliadas nesse estudo, resultados mostram que, para a característica CG na safra 1, as linhagens L231, L261, L292, L353, L359, L363, L366 e L480 (Figura 8 a) foram as que apresentaram maiores médias. A linhagem L363 revelou maior média para CP nas duas safras. As linhagens L353, L359, L363 e L366 são oriundas da genealogia PR 023. Segundo Scapim et al. (2006), essa população é derivada de híbridos norte-americanos e argentinos desenvolvida na Região Noroeste do Paraná. Possivelmente, ao longo do processo de desenvolvimento desses híbridos, ocorreu a seleção favorável ao comprimento de grãos. Já, para a LG, as linhagens L363, L471, L474, L531, L63, L692, L231, L232 e P4 foram as que apresentaram maiores médias para as duas safras (Figura 8b).

De acordo com a característica P100 grãos na safra 1, as linhagens L232, L353, L363 e L531 foram as que evidenciaram maiores médias. Já, na safra 2, as linhagens L231, L232, L261, L292, L353, L389, L503, L531, L63, L69 e P4 foram as que mostraram maiores médias. Nas duas safras, as linhagens L232, L353 e L531 apresentaram maiores médias de P100 grãos (Figura 8c). Em relação à safra que mais contribuiu para os melhores resultados quanto a essas características citadas no parágrafo acima, temos a safra 1 como a que obteve melhores resultados para LG e P100 grãos (Figura 8b e 8c). De acordo com Cabral et al.

(2016), o CP e a LG de milho-pipoca têm influência direta negativa sobre a CE, assim, como a associação entre os caracteres não é elevada, provavelmente a seleção simultânea não teria altos ganhos genéticos.

Na característica RG na safra 1, as linhagens P7, L63, L69, L70, L76, L261, L292 e L503 foram as mais produtivas. Na safra 2, apenas a linhagem P4 apresentou maior produtividade para RG; contudo, destacou-se para as duas safras (Figura 9a).

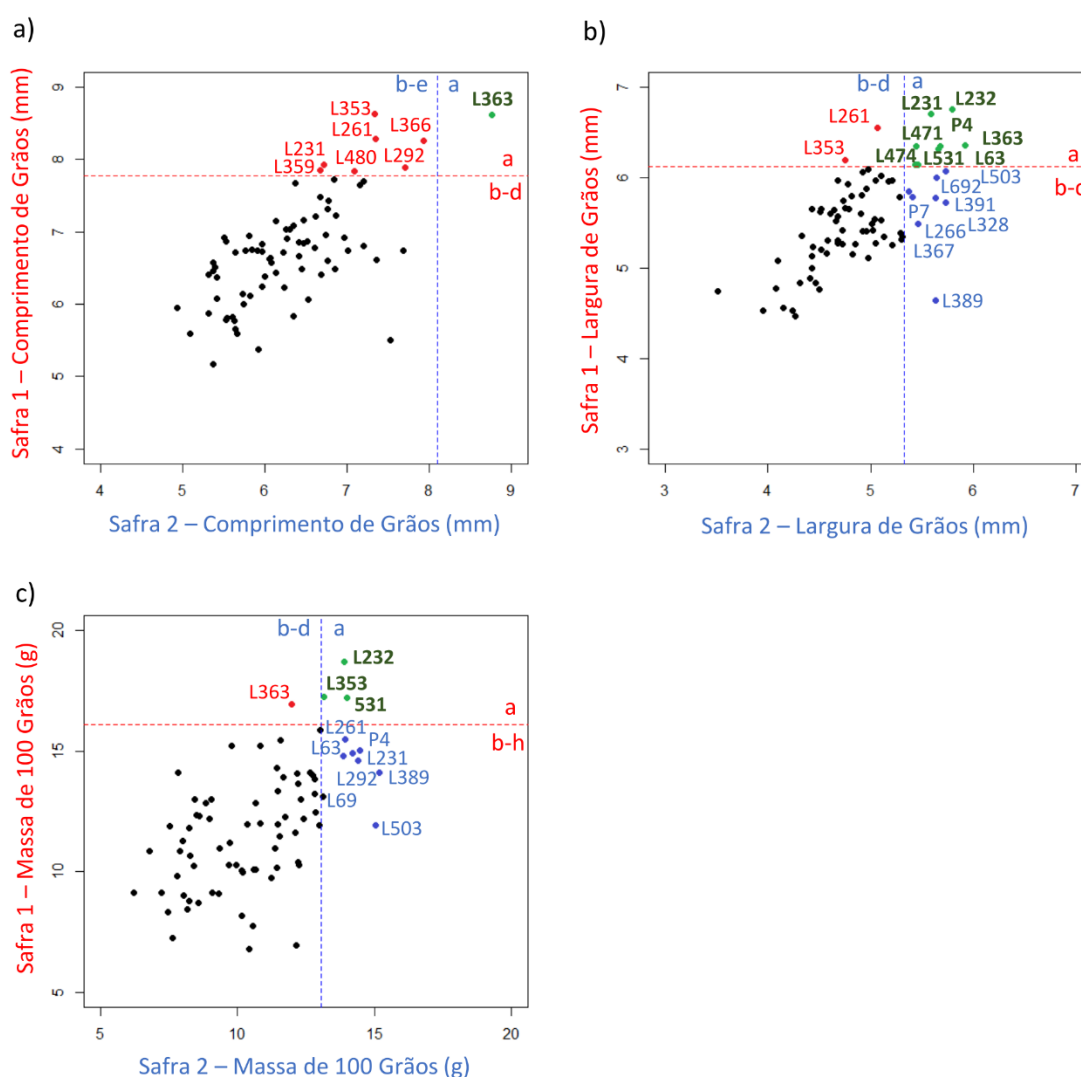


Figura 8. Gráfico de dispersão das 78 linhagens de milho-pipoca para a safra 1 e a safra 2. a) comprimento de grãos. b) largura de grãos. c) massa de 100 grãos. Linhas pontilhadas representam os limites de separação dos grupos de média de maior interesse de acordo com o teste de Scott-Knott para a safra 1 (vermelho) e a safra 2 (azul).

As linhagens P7, L61, L688 e L691 apresentaram os melhores resultados para CE na safra 1, sendo as linhagens L688 e L691 oriundas da genealogia UENF 14, desenvolvida a partir de cinco ciclos de seleção recorrente da população UNB-2U, variedade de polinização aberta, que apresentam bom desempenho agrônomo, boa produtividade e CE (Amaral Junior, et al., 2013). Já, para a safra 2, destacaram-se as linhagens L205, L214, L506 e L594; entretanto, não houve nenhuma linhagem que se destacou para CE nas duas safras (Figura 9b). Isso pode ser um indicativo de que, no Banco de Germoplasma de milho-pipoca da UENF, há grupos de linhagens que divergem quanto à adaptação às diferentes épocas de cultivo. Isso pode ser um fator que dificulta o desenvolvimento de cultivares adaptadas às duas épocas de plantio em Campos dos Goytacazes.

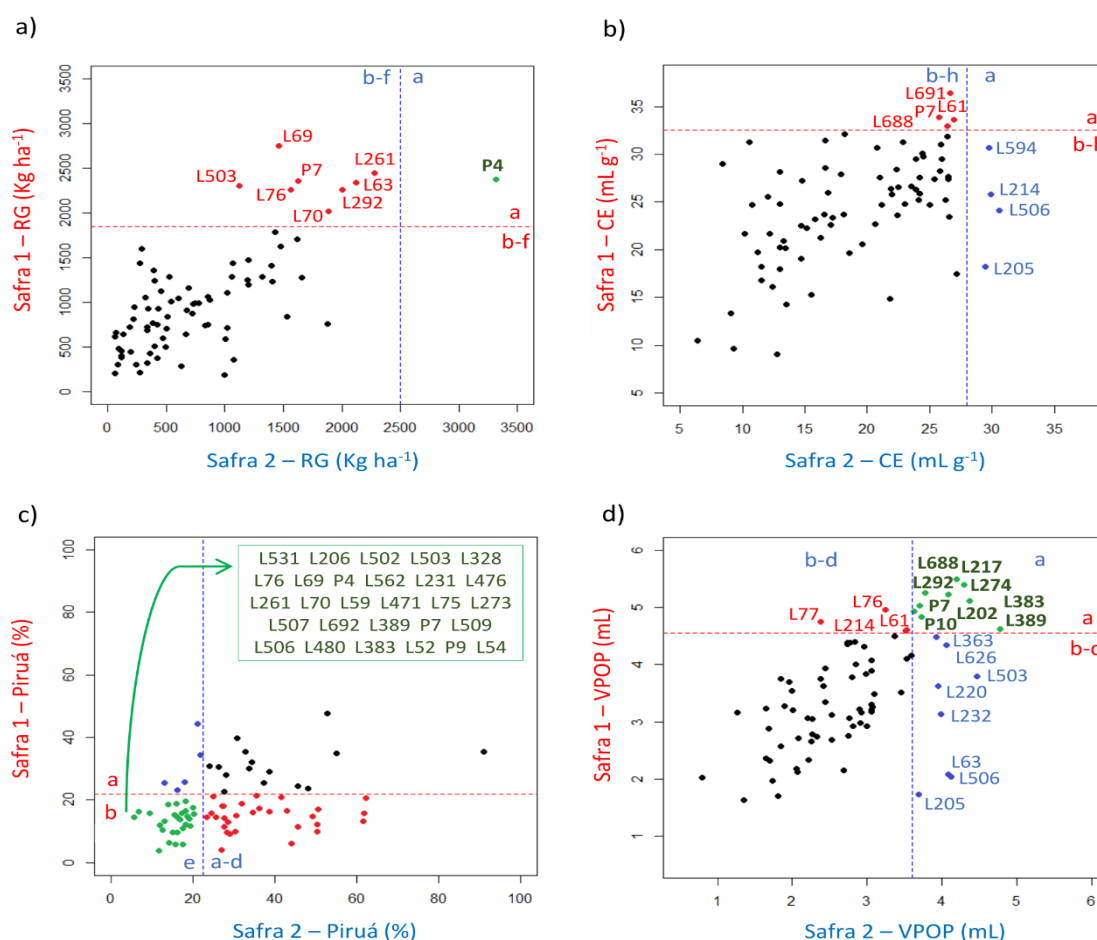


Figura 9. Gráfico de dispersão das 78 linhagens de milho-pipoca para a safra 1 e a safra 2. a) rendimento de grãos. b) capacidade de expansão. c) piruá. d) volume de uma pipoca. Linhas pontilhadas representam os limites de separação dos grupos de média de maior interesse de acordo com o teste de Scott-Knott para a safra 1 (vermelho) e a safra 2 (azul).

A CE é o caráter mais importante da cultura do milho-pipoca, especialmente quando o objetivo é aumentar a competição entre cultivares nacionais e cultivares estrangeiras, principalmente as cultivares americanas (Silva et al., 2015). Entretanto, a RG é outro caráter que merece atenção nos programas de melhoramento, sobretudo devido à correlação genética negativa com a CE (Cabral et al., 2016). Fortalecer a dependência do uso de cultivares nacionais é um desafio dos programas de melhoramento de milho-pipoca no Brasil.

Em se tratando da característica piruá, cerca de 36% das linhagens apresentaram um baixo número de grãos não estourados para as duas safras (Figura 9c). As linhagens L214, L61, L76 e L77 foram as que mostraram melhor VPOP somente na safra1. As linhagens L205, L220, L232, L363, L503, L506, L63 e L626 obtiveram um melhor desempenho na característica do VPOP somente na safra 2 (Figura 9d). Considerando as duas safras, as linhagens P7, P10, L202, L217, L274, L292, L383, L389 e L688 foram as que apresentaram um maior volume individual de pipoca (VLOP) quando expandidas (Figura 9d).

As linhagens L383, L389 e P7 exibiram, além de bom VPOP, baixo percentual de grãos não estourados (piruá), fator desejável para os programas de melhoramento de milho-pipoca. As linhagens L383 e L389 pertencem à população SAM, a qual corresponde a uma variedade de polinização aberta desenvolvida pelo North American Landrace (USA) – South American Variety (Vittorazzi et al., 2013). As linhagens L688, L217, L292, L274, L202 e P10, embora tenham demonstrado um bom VPOP, não resultaram em elevados valores de CE, devido ao elevado percentual de piruá.

Considerada a análise das duas safras, das 78 linhagens de milho-pipoca para *P. polysora* na safra 1, 42 delas apresentaram menores médias para incidência. Já, para incidência na safra 2, 45 linhagens exibiram menores médias (Figura 10a). Para a severidade na safra 1, 65 linhagens mostraram menores médias. Na safra 2, foram encontradas 54 linhagens com baixa severidade (Figura 10b). Assim como neste trabalho, Schmitt et al. (2019) e Santos et al. (2020) encontraram fontes de resistência a *P. polysora* analisando também as linhagens de milho-pipoca pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da UENF.

As linhagens L205, L209, L212, L214, L217, L220, L231, L232, L261, L266, L270, L274, L324, L366, L382, L383, L386, L391, L471, L472, L474, L483, L507, L52, L54, L562, L623, L625, L626, L656, L688, L691, L692, L75, L76 e L80 foram

as que apresentaram menores médias de incidência e severidade nas duas safras (Figuras 10a e 10b).

De forma geral, observa-se que, na safra 1, a incidência foi menor, com aproximadamente 50%, quando comparada com a safra 2. Quanto à severidade, nenhuma safra contribuiu para aumentar ou diminuir essa característica. Costa et al. (2019) relatam que a maior ocorrência da doença se dá em áreas de clima quente e úmido, caracterizando, assim, a segunda safra, que ocorreu no verão, período mais quente, corroborando os resultados aqui encontrados. Santos et al. (2013) mostram também que ferrugem é uma doença com predominância em áreas com maior umidade e altas temperaturas e considera-se uma das principais doenças incidentes agronomicamente importante, como no milho.

Em se tratando da característica formato de grão (Tabela 3), 17 genealogias exibiram formato pérola, uma genealogia (PR 023) apresentou formato arroz e uma genealogia (UENF 14), dois tipos de formato, pérola e arroz.

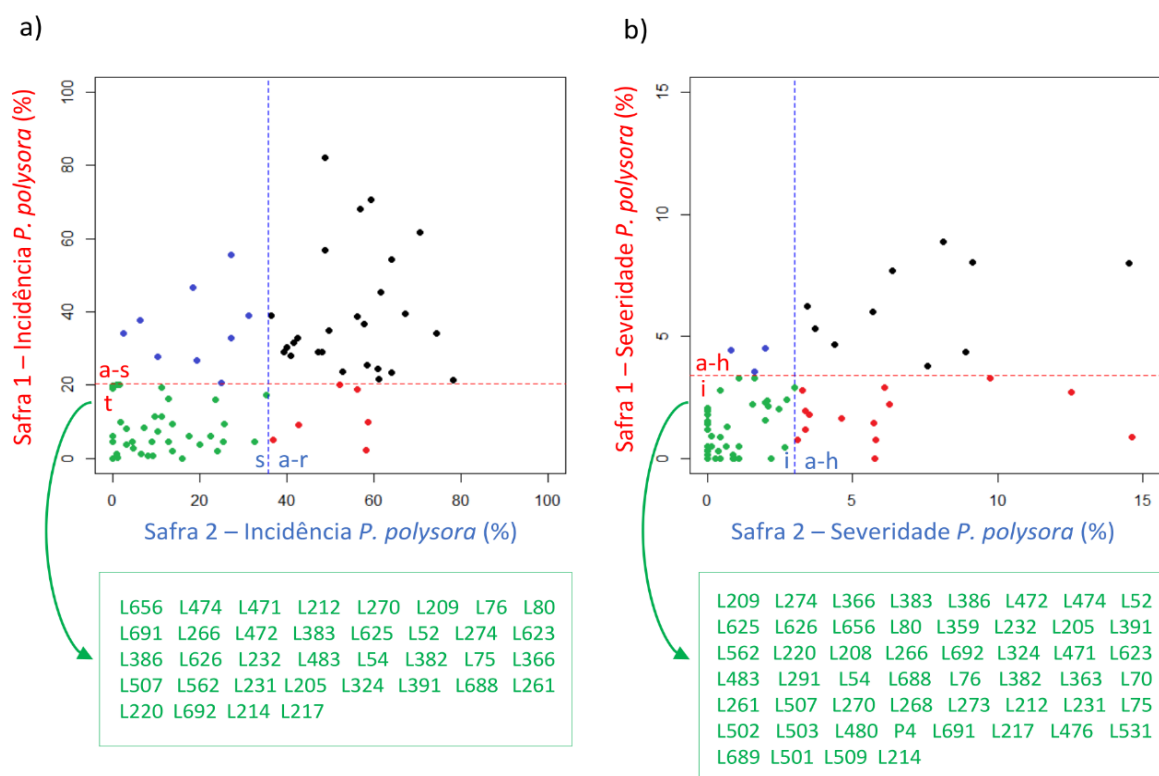


Figura 10. Gráfico de dispersão das 78 linhagens de milho-pipoca para a safra 1 e a safra 2 para incidência e severidade de *P. polysora*. Linhas pontilhadas representam os limites de separação dos grupos de média de maior interesse de acordo com o teste de Kruskal Wallis para a safra 1 (vermelho) e a safra 2 (azul).

Para a coloração de grãos, obtiveram-se três tipos de coloração, sendo elas amarela (14 genealogias), branca (3 genealogias) e roxa (1 genealogia PA 170 ROXO). Para a genealogia (PA 170 ROXO), houve o aparecimento das três cores, sendo 62,5% das linhagens dessa genealogia apresentando a coloração roxa; 12,5%, coloração branca; e 12,5%, coloração amarela. Para a genealogia SE 013, as linhagens exibiram as cores branca e amarela, sendo 29% e 71%, respectivamente, de cada coloração nas linhagens.

Na característica coloração da pipoca, apareceram duas cores: creme e branca. Contudo, houve genealogias em que algumas linhagens apresentaram a coloração creme, e outras, branca. Ainda, houve genealogias em que suas linhagens mostraram cores misturadas dentro de um mesmo genótipo.

Para a coloração branca, quatro genealogias (BRS-Angela, ARZM 05 083, ARZM 13 050 e Barão de Viçosa). Também para a coloração creme, quatro genealogias (ARZM 07 049, RS 20, Zélia e PA 091). Nas colorações branca e creme, quatro genealogias (BOZM 260, IAC 125, PARA 172 e Viçosa-Viçosa). Já, para as genealogias em que as linhagens apresentaram as duas cores ao mesmo tempo, houve um total de sete genealogias (Beija-Flor, PA 170 ROXO, PR 023, SAM, SE 013, UENF 14 e URUG 298).

Tabela 3. Dados qualitativos de grãos de pipoca de 78 linhagens endogâmicas de milho-pipoca do Banco Ativo de Germoplasma da UENF.

Linhagem	Genealogia	Formato do grão	Cor do grão	Cor da pipoca	Formato borboleta (%)	Formato cogumelo (%)
L562	ARZM 05083	pérola	branco	branca	100,0	0,0
L531	ARZM 07049	pérola	amarelo	creme	96,7	3,3
L656	ARZM 13050	pérola	amarelo	branca	99,7	0,3
L324	B. Viçosa	pérola	amarelo	branca	99,2	0,8
L328	B. Viçosa	pérola	amarelo	branca	100,0	0,0
L52	Beija-Flor	pérola	amarelo	creme	91,3	8,7
L54	Beija-Flor	pérola	amarelo	cre*/bra	99,8	0,2

Tabela 3. Cont.

Linhagem	Genealogia	Formato do grão	Cor do grão	Cor da pipoca	Formato borboleta (%)	Formato cogumelo (%)
L59	Beija-Flor	pérola	amarelo	creme	98,5	1,5
L231	BOZM 260	pérola	branco	creme	100,0	0,0
L232	BOZM 260	pérola	branco	branca	98,3	1,7
L61	BRS-Angela	pérola	branco	branca	93,6	6,4
L63	BRS-Angela	pérola	branco	branca	100,0	0,0
L69	BRS-Angela	pérola	branco	branca	96,7	3,3
L70	BRS-Angela	pérola	branco	branca	96,4	3,6
L202	IAC 125	pérola	amarelo	creme	76,7	23,3
L203	IAC 125	pérola	amarelo	creme	99,8	0,2
L204	IAC 125	pérola	amarelo	creme	95,0	5,0
L205	IAC 125	pérola	amarelo	creme	98,3	1,7
L206	IAC 125	pérola	amarelo	branca	100,0	0,0
L208	IAC 125	pérola	amarelo	branca	96,7	3,3
L209	IAC 125	pérola	amarelo	creme	97,5	2,5
L212	IAC 125	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L214	IAC 125	pérola	amarelo	creme	96,7	3,3
L215	IAC 125	pérola	amarelo	creme	98,8	1,2
L216	IAC 125	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L217	IAC 125	pérola	amarelo	creme	93,2	6,8
L220	IAC 125	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L623	PA 091	pérola	amarelo	creme	99,2	0,8
L625	PA 091	pérola	amarelo	creme	99,3	0,7
L626	PA 091	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L628	PA 091	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L501	PA170Roxo	pérola	branco	branca	99,3	0,7
L502	PA170Roxo	pérola	roxo	branca	99,2	0,8
L503	PA170Roxo	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L506	PA170Roxo	pérola	roxo	branca	96,7	3,3
L507	PA170Roxo	pérola	roxo	branca	100,0	0,0
L508	PA170Roxo	pérola	roxo	bra*/cre	100,0	0,0
L509	PA170Roxo	pérola	roxo	branca	99,2	0,8
L513	PA170Roxo	pérola	roxo	branca	100,0	0,0
L261	PARA 172	pérola	amarelo	branca	96,7	3,3
L266	PARA 172	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L268	PARA 172	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L270	PARA 172	pérola	amarelo	branca	100,0	0,0
L273	PARA 172	pérola	amarelo	branca	100,0	0,0
L274	PARA 172	pérola	amarelo	branca	100,0	0,0
L353	PR 023	arroz	amarelo	cre*/bra	100,0	0,0
L359	PR 023	arroz	amarelo	branca	91,7	8,3
L363	PR 023	arroz	amarelo	bra*/cre	96,2	3,8

Tabela 3. Cont.

Linhagem	Genealogia	Formato do grão	Cor do grão	Cor da pipoca	Formato borboleta (%)	Formato cogumelo (%)
L366	PR 023	arroz	amarelo	creme	97,5	2,5
L367	PR 023	pérola	amarelo	creme	99,2	0,8
L594	RS 20	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L382	SAM	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L383	SAM	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L386	SAM	pérola	amarelo	cre*/bra	100,0	0,0
L389	SAM	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L391	SAM	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L394	SAM	pérola	amarelo	creme	95,8	4,2
L471	SE 013	pérola	branco	branca	100,0	0,0
L472	SE 013	pérola	amarelo	branca	100,0	0,0
L474	SE 013	pérola	branco	branca	100,0	0,0
L476	SE 013	pérola	amarelo	branca	98,0	2,0
L480	SE 013	pérola	amarelo	cre*/bra	100,0	0,0
L481	SE 013	pérola	amarelo	branca	100,0	0,0
L483	SE 013	pérola	amarelo	branca	97,8	2,2
L688	UENF 14	pérola	amarelo	creme	99,8	0,2
L689	UENF 14	pérola	amarelo	cre*/bra	98,3	1,7
L691	UENF 14	arroz	amarelo	bra*/cre	97,3	2,7
L692	UENF 14	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L291	URUG 298	pérola	amarelo	bra*/cre	94,7	5,3
L292	URUG 298	pérola	amarelo	cre*/bra	96,0	4,0
L75	Viçosa	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L76	Viçosa	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L77	Viçosa	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
L80	Viçosa	pérola	amarelo	branca	97,9	2,1
P4	Zélia	pérola	amarelo	creme	96,7	3,3
P7	Zélia	pérola	amarelo	creme	96,7	3,3
P9	Zélia	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0
P10	Zélia	pérola	amarelo	creme	100,0	0,0

Quanto à característica formato da pipoca (FP), três linhagens apresentaram uma maior porcentagem para o formato cogumelo (L202, com 23,3%; L52, com 8,7%; e L359, com 8,3%). A pipoca do tipo cogumelo é convencionalmente usada para mercados comerciais pré-preparados, porque os flocos estourados são menos suscetíveis à quebra durante a mistura, o revestimento e a embalagem do que a pipoca em forma de borboleta (Sweley et al., 2013).

De forma geral, os resultados deste trabalho demonstraram que, entre as 51 linhagens baixa severidade de *P. polysora*, as linhagens L70, L76, L261 e L503 foram superiores em RG na safra 1, enquanto a linhagem P4 apresentou elevado RG nas duas safras. Com exceção das linhagens L261 (população PARA 172) e L503 (população PA 170 ROXO), as demais anteriormente citadas são oriundas de populações que já passaram por processo de melhoramento genético (populações BRS-Angela, Viçosa-Viçosa e Composto de Raças Sul-Americanas).

Ainda entre as 51 linhagens que demonstraram baixa severidade *P. polysora*, as linhagens L691 e L688 (UENF 14) apresentaram valores superiores para CE na safra 1, e as linhagens L205 e L214 (Híbrido IAC 125) exibiram elevados valores de CE na safra 2. As populações UENF 14 e IAC 125 são variedades que já passaram por processo de melhoramento visando o aumento da CE. Isso demonstra a importância do pré-melhoramento de populações para garantir a extração de linhagens superiores em CE.

Embora tenha demonstrado boa performance para CE e RG na safra 1, a linhagem P7 não apresentou resistência à *P. polysora*. Logo, a utilização da linhagem P7 para desenvolvimento de híbridos exigirá que outro genitor seja resistente à *P. polysora*.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

A linhagem P4 destacou-se para as duas safras quanto ao RG e obteve uma baixa média para severidade de *P. polysora*. Duas linhagens, L688 e L205, apresentaram melhores médias para CE e reduzidas médias para incidência e severidade. As linhagens citadas anteriormente são genótipos promissores para utilização em programas de melhoramento visando resistência à *P. polysora*.

As linhagens P7, P10, L202, L217, L274, L292, L383, L389 e L688 foram as que apresentaram um maior VPOP. Cerca de 36% das linhagens exibiram um baixo número de piruá.

A linhagem P7 obteve as melhores médias para os principais caracteres agronômicos (RG, CE e VPOP) na safra 1 (inverno), entretanto, não foi resistente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrocerec (1996). Guia Agrocerec de Sanidade. São Paulo: Sementes Agrocerec. 72p.
- Allard, R.W. (1971) Princípios do melhoramento genético das plantas. 1. ed. São Paulo: Edgard Blüchne, 381 p.
- Amaral Júnior, A.T., L.S.A. Gonçalves, F. Júnior, S. de Paiva, L.S. Candido, C. Vittorazzi, G.F. Pena, R.M. Ribeiro, T. R.C. Silva M.G. Pereira. (2013). UENF 14: a new popcorn cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 13: 218-220.
- Amorim, E. P.; Souza, J. C. (2005). Híbridos de milho inter e intra populacionais obtidos a partir de populações S0 de híbridos simples comerciais. *Bragantia*, v. 64, n. 3, p. 561- 567.
- Arnhold, E. (2008). Seleção para resistência a doenças foliares em famílias S1 de milho-pipoca. *Revista Ceres*, v.55, n.2, p. 89-93.
- Aspiazú, C. (1971). Prognóstico de fases em cultivos de maiz dentado mediante sumas de temperaturas. *Revista de la Facultad de Agronomia y Veterinaria de Buenos Aires*, vol. 19, n. 1-2, p. 61-69.
- Beal, W. J. (1880). In Rept. Michigan Bd. Agric. p. 287-288.

- Beadle GW. (1978) Teosinte and the origin of maize. In: Walden, D.B. (ed.) Maize breeding and genetics. New York, Jhon Wiley e Sons, p. 113-141.
- Bespalhok, J. C.; Guerra, E. P.; Oliveira, R. (2007). Melhoramento de Plantas. Curitiba: UFPR. Disponível em: <www.bespa.agrarias.ufpr.br/conteúdo>. Acessado em: 25/02/2017.
- Borém, A.; Miranda, G.V. (2013). Melhoramento de plantas. 4. ed. Viçosa: UFV,523p.
- Borém, A.; Miranda, G.V.; Fritsche-Neto, R. (2017). Melhoramento de Plantas. 7.ed. Viçosa: Editora UFV, 296p.
- Borras FS, Seetharaman K, Yao N, Robutti J.L, Percibaldi N.M, Eyherabide G.H (2006). Relationship between popcorn composition and expansion volume and discrimination of corn types by using zein properties. *Cereal Chem* 83: 86-92.
- Brunelli, K. R.; Silva, H, P.; Camargo, L. E. A. (2002) Mapeamento de genes de resistência quantitativa a *Puccinia polysora* em milho. *Fitopatologia Brasileira*. 27(2), mar – abr.
- Cabral, P. D.; Amaral Júnior, A. T.; Freitas, I. L. J.; Ribeiro, R. M.; Silva, T. R. C. (2016). Relação de causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão do grão em milho-pipoca. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 1, p. 108.
- Cabral, P.D.S., A.T. Amaral Júnior, A.P. Viana, H.D. Vieira, I.L. de Jesus Freitas, C. Vittorazzi, M. Vivas. (2015). Combining ability between tropical and temperate popcorn lines for seed quality and agronomic traits. *Australian Journal of Crop Science*, 9: 256.
- Canechio Filho, V. (1985). Cultura do milho. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 38p.
- Ceylan, M.; Karababa, E. (2001). Comparison of sensory properties of popcorn from various types and sizes of kernel. *J. Sci. Food Agric*, 82, 127–133.
- Chester, K.S. (1950). Plant disease losses: their appraisal and interpretation. *Plant Disease Reporter Supplement*, 193:189-362.

- Conab (2019) Companhia Nacional de Abastecimento Acompanhamento de safra brasileira de grãos. V. 7 – Safra 2019/20 – Nº 2 – Segundo Levantamento. Brasília, CONAB p. 1-125.
- 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., 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 Milho e Sorgo-Circular Técnica* (INFOTECA-E).
- Costa, R.V.; Casela, C. R.; Cota, L.V. (2009) Doenças. In: Cruz, J.C. (Ed.). Cultivo de milho. 6. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, (Sistemas de produção).
- Costa, R.V.; Costa, L.V. (2009). Controle químico de doenças na cultura do milho: aspectos a serem considerados na tomada de decisão sobre aplicação de fungicidas. EMBRAPA. Sete Lagoas. Circular Técnica 125. Dezembro.
- Costa, R.V.; Cota, L.V.; Silva, D.D.; Parreira, D.F.; Rocha, I. M. P.; Guimaraes, L.J.M.; Guimaraes, P.E.; Parentoni, S.N.; Machado, J.R. de A. (2010). Epidemias severas da Ferrugem Polissora do milho na Região Sul do Brasil na safra 2009/2010. Sete Lagoas: *Embrapa Milho e Sorgo*.6p. (Circular Técnica, 138).
- Cretors, C. (2001). Popcorn products. In E. W. Lusas L. W. Rooney (Eds.), *Snack foods processing*. Lancaster, USA: *Technomic Publishing*. pp. 385–420.
- Cruz, C. D. (2005). Princípios de genética quantitativa. Viçosa, MG: UFV. Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S., Regazzi, A.J. (2014). Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. UFV, Viçosa, 2012, 668p.
- Cruz, C.D. (2013). GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. v.35, n.3, p.271-276.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S., Regazzi, A.J. (2014) Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. UFV, Viçosa, 2012, 668p.

- Cunha, B. A. D.; Negreiros, M. M. D.; Alves, K. A., & Torres, J. P. (2019). Influência da época de semeadura na severidade de doenças foliares e na produtividade do milho safrinha. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 45, n. 4, p. 424-427.
- 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.
- Darwin, C. (1877) the effects of Cross-and Self-Fertilization in the vegetable kingdom. D. *Appleton and company*. New York, 482 p.
- Demétrio, C. S.; Fornasieri Filho, D.; Cazetta, J. O.; Cazetta, D. A. (2008). Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 1, p. 1691–1697.
- 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 phytopathol.* vol.39 n.1.
- Fantin, G.M.; Sawazaki, E.; Barros, B.C. (1991). Avaliação de genótipos de milho pipoca quanto a resistência a doenças e qualidade da pipoca. *Summa Phytopathologica*, v.17, n. 2, p.90-99.
- Faria Junior, C. A., Freitas, P. S. L. Dallacort, R., Voroniak, J. M., Souza, A. C. S., Mito, L. S., Barbieri, J. D. (2018). Calibration of genetic coefficients and simulation of the productivity of popcorn of second crop season for Tangará da Serra, Brazil. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(2): 475-483.
- Federação Das Indústrias Do Estado De São Paulo – FIESP (2018) Safra Mundial de Milho 2018/19 - 1º Levantamento do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA, Maio/2018. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2018/05/file-20180514143657-347-boletimmilhomaio2018.pdf>> Acesso em: 14 de janeiro, 2021.

- Fidelis, R. R.; Santos, G. R.; Santos, M. M.; Tavares, T.C.O. (2016). Reação de Cultivares de Milho a Ferrugem (*Puccinia polysora*) sob estresse de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.22, ns.1/2, p. 80-88.
- Foer, J. (2005). Arming nature's grenade. *Discover Magazine*, 26, 24–25.
- Fontes, P.S.F. (2002). Adubação nitrogenada e avaliação de cultivares de banana (*Musa spp*) no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Tese (Mestrado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 54p.
- Freire, I.A. (2015). Avaliação da capacidade de expansão de milho-pipoca pelas técnicas de espectrometria no infravermelho próximo, composição química e microscopia eletrônica. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Lavras - MG, Universidade Federal de Lavras, Lavras - UFLA 53p.
- Gama, E. E., Magnavaca, R., Silva, J. B., Sans, L. M. A., Viana, P. A., Parentoni, S. N., Pacheco, C. A. P., Correa, L. A., Fernandes, F. T. (1990). Milho pipoca. *Embrapa Milho e Sorgo*.
- Hallauer, A. R.; Carena, J. M.; Miranda Filho, J. B. de. (2010). Quantitative genetics in maize breeding. New York: Springer, 500 p.
- Hallauer, A. R.; Miranda Filho, J. B. (1988). Quantitative genetics in maize breeding. Ames: Iowa State University Press, 468p.
- Hallauer, A.R. Method used in developing maize inbreds. (1990) *Maydica*, v. 35, n. 1, p. 1-16.
- Hallauer, A.R., Carena, M.J., Miranda Filho, J.B. (2010). Quantitative genetics in maize breeding. 3 ed. Springer: Berlin, 2010, 500p.
- Holland, J.B.; Uhr, D.V.; Jeffers, D.; Goodman, M.M. (1998). Inheritance of resistance to southern corn rust in tropical-by-corn-belt maize populations. *Theoretical and Applied Genetics* 96:232-241.
- Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L.E.A.; Rezende, J.A.M. (2012). Manual de fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas. 4º ed. São Paulo: Ceres, v. 2, 2012. 663p.

- Kist, B. B.; Santos C. E. E Beling, R. R. (2016). Anuário brasileiro do milho Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz LTDA., 2016. 96 p.
- Machado, A.Q.; Cassetari Neto, D, (2007). Mais produtividade. Revista Cultivar – Grandes Culturas. Caderno Técnico. n.100, p.05-07.
- Mafra, G. S., Amaral Junior, A. T. D., Vivas, M., Santos, J. S. D., Guimarães, A. G., Pena, G. F. (2018). The combining ability of popcorn S7 lines for *Puccinia polysora* resistance purposes. *Bragantia*, v.77, n. 4, p. 519-526.
- Matta, F. P.; Viana, J. M. S. (2001). Testes de capacidade de expansão em programas de melhoramento de milho pipoca. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 845-851.
- Matiello, R. R.; Barbieri, R. L.; Carvalho, F. I. F. de. (1997). Resistência das 29 plantas a moléstias fúngicas. *Ciência Rural*, v. 27, n. 1.
- Mesquita Neto, D.R. (2000). Valor genético de populações de milho para resistência a doenças. 211 f. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Miranda, G. V. Coimbra, R. R. Godoy, C. L. Souza, L. V. Guimaraes, L. J. M. Melo, A. V. (2002) Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho- pipoca *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.6, p. 681 – 688.
- Morô, G. V., & Fritsche-Neto, R. (2017). Importância e uso do milho no Brasil. In G. João Carlos Cardoso, A. Borém, & M. A. Pimentel (Eds.), *Milho do plantio a colheita* (2nd ed., pp. 9–24). Viçosa: Editora UFV.
- Moterle, L. M., Braccini, A. L., Scapim, C. A., Pinto, R. J. B., Gonçalves, L. S. A., Rodrigues, R., Amaral Júnior, A. T. (2012). Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits. *Euphytica*, v. 185, n. 3, p. 337-347.
- Nihei, T. H., Ferreira, J. M. (2012). Análise dialélica de linhagens de milho com ênfase na resistência a doenças foliares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.3, p.369-377.

- Oliveira, E.; Fernandes, F. T.; Casela, C. R.; Pinto, N. F. J. A.; Ferreira, A. S. (2004) Diagnóstico e controle de doenças da cultura do milho. In: Galvão, C.C.J.; Miranda, G. V. (Org). *Tecnologias de Produção do Milho*. Viçosa, MG: UFV, 2004. cap.7, p. 227-268.
- Parlevliet, J. E. (1993). What is durable resistance: a general outline. In: Jacobs, T. H.; Parlevliet, J. E. (Ed.). *Durability of disease resistance*. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 23-39.
- Paterniani, E.; Campos, M.S. (1999) Melhoramento do milho. In: Borém, A. (Ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa - MG: UFV. P. 429-485.
- Paterniani, M. E. A. G. Z.; Guimarães, P. S.; Lüders, R. R.; Gallo, P. B.; Souza, A. P.; Laborda, P. R.; Oliveira, K. M. (2008). Capacidade combinatória, divergência genética entre linhagens de milho e correlação com heterose. *Bragantia*, v. 67, n. 3, p. 639-648.
- Pereira Filho, I.A., Pacheco, C.A.P., Cruz, J.C. (2010). *A cultura do milho-pipoca*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Coleção Plantar p.79, 67.
- Pons, A. E.; Bresolin, M. A. (1981). *Cultura do milho, trigo e soja*. Porto Alegre, n.57, p.631.
- Ramalho, M.A.P.; Santos, J.B. dos; Zimmermann, M.S. de O. Interação dos genótipos x ambientes. In: Ramalho, M.A.P.; Santos, J.B. dos; Zimmermann, N.S. de O. (1993). *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação no melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Editora UFG, 131-169p.
- Rangel, R. M., Amaral Júnior, A.T., Freitas Junior, S.P., (2011). Associação entre características agronômicas e capacidade de expansão em população de milho-pipoca sob seleção recorrente. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 225-233.
- Resende, M. D. V., Duarte, J. B. (2007). Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*.37(3): 182-194.
- Ribeiro, R.M., Amaral Júnior, A.T., Pena, G. F., Vivas, M., Kurosawa, R.N., Gonçalves, L.S.A. (2016). History of northern corn leaf blight disease in the

seventh cycle of recurrent selection of an UENF-14 popcorn population. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.38, p.447-455.

Ritchie, S.W.; Hanway, J.J. Benson, G.O. (2003) Como a planta de milho se desenvolve. Arquivo do agrônomo. Potafos. Informações Agronômicas nº 103, 425 setembros, 2003. Disponível em: < [http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/81A0BBD6E936445D83257AA0003A842792E/\\$FILE/Encarte103.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/81A0BBD6E936445D83257AA0003A842792E/$FILE/Encarte103.pdf) > Acesso em: 29 de janeiro, 2021.

Robert, A. L. (1962) Host ranges and races of the corn rusts. *Phytopathology*, St. Paul, v. 52, p. 1010-1017, Oct.

Robinson, R. A. (1987) Host management in crop pathosystems. New York: Macmillan, 263 p.

Rodrigues, D.L.; Kamphorst, S.H.; Carvalho, C. M.; Silva, R.M.R.; Silva Junior, S. B.; Figueiredo, J.S.M.; Lima, V.J.; Amaral Junior, A.T. (2020) O milho-pipoca como opção de cultivo para os agricultores de Campos dos Goytacazes. *Revista de Extensão da UENF*, v. 4, p. 36-55.

Sakin M.A., Gökmen S., Yıldırım A., Belen S., Kandemir N. (2005). Effects of cultivar type on yield and quality of popcorn (*Zea mays var. everta*). *New Zealand J. of Crop and Horticultural Sci.* 33:17-23.

Sangoi, L.; Schweitzer, C.; Ferreira da Silva, P. R.; Schmitt, A.; Vargas, V. P.; Trezzi Casa, R.; Arruda de Souza, C. (2011). Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 6, p. 609–616.

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*, v. 60, n. 4.

Santos, J.; Vencovsky, R. (1986) Correlação fenotípica e genética entre alguns caracteres agronômicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Ciência e Prática*, São Paulo, v.10, n.3, p.265-272.

- Santos, J. S., de Souza, Y. P., Vivas, M., do Amaral Junior, A. T., de Almeida Filho, J. E., Mafra, G. S., Ferreira, F. R. A. (2020). Genetic merit of popcorn lines and hybrids for multiple foliar diseases and agronomic properties. *Functional Plant Breeding Journal*, v.2, n.2, p. 33-47.
- Sawasaki, E.; Dudienas, C.; Paterniani, M.; Galvão, J.C.C.; Castro, J.L.; Pereira J. (1997) Reação de cultivares de milho à mancha de *Phaeosphaeria* no estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32: 224-232.
- Sawazaki, E. (2001) A cultura do milho-pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, v.53, n.2, p. 11–13.
- Scapim, C. A.; Pinto, R. J. B; Amaral Junior, A.T.; Mora, F.; Dandolini, T. S. (2006) Combining ability of white grain popcorn populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6:136-146.
- Scapim, C. A.; Carvalho, C. G. P.; Cruz, C. D. (1995). Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 30 (5): 683-686.
- Schmitt, K. F. M., Lima, V. J., do Amaral Júnior, A. T., Santos, J. S., Mafra, G. S., Vivas, M., Vivas, J. M. S. (2019). Combining ability of popcorn lines for resistance to the fungus *Puccinia polysora* (Pucciniaceae). *Genetics and Molecular Research*. v.18.
- Smith, D. R.; White, D. G. (1988) Diseases of corn. In: SPRAGUE, G. F.; Dudley, J. W. (Ed.). *Corn and corn improvement*. 3. ed. Madison: American Society of Agronomy Press, p. 687-766.
- Scott, G.E.; Zummo, N. (1989) Effect of genes with slow-rusting characteristics on southern corn rust in maize. *Maize Newsletter*. 70:50-54.
- Severino, F. J. (2005) Supressão da infestação de plantas daninhas pelo sistema de produção de integração lavoura-pecuária. 113 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- Shimoni E, Dirks EM, Labuza TP (2002). The relation between final popped volume of popcorn and thermal– physical parameters. *Food Science Technol* 35: 93-98.
- Silva, W.J., Vidal, B.C., Martins, M.E.Q., Vargas, H., Pereira, A.C., Zerbetto, M., Miranda, L.C. (1993). What makes popcorn. *Nature*, 362:417.
- 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 Agrícola*, v.58, n.04, p.777-783.
- Silva, T. A., Cantagalli, L. B., Saavedra, J., Lopes, A. D., Mangolin, C. A., da Silva, M. D. F. P., Scapim, C. A. (2015). Population structure and genetic diversity of Brazilian popcorn germplasm inferred by microsatellite markers. *Electronic Journal of Biotechnology*, 18(3), 181-187.
- Silveira, F.T.; Junqueira, B.G.; Silva, P.C. dá; Moro, J.R. (2006). Comportamento de linhagens elites de milho para resistência aos enfezamentos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.5, p.431-442.
- Sousa, H. M.V.; Câmara, T. M. M.; De Oliveira, N.N. S.; Da Silva, C. R. N. (2016). Desempenho agrônômico de genótipos de milho pipoca no nordeste do estado do Pará. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.15, n.2, p. 305-317.
- Souza, I.R.P.; Schuelter, A.R.; Guimarães, C.T. (2004) Genética da resistência a doenças, com ênfase na virose mosaico-comum do Milho. In: Oliveira, E. e Oliveira, C.M. Doenças em milho. Mollicutes, vírus, vetores e mancha por *Phaeosphaeria*. Brasília, DF, p. 227-252.
- Sweley, J. C.; Rose, D. J.; Jackson, D. S. (2013) Quality traits and popping performance considerations for popcorn (*Zea mays everta*). *Food reviews international*, v. 29, n. 2, p. 157-177.
- 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.

- Troyer, A. F. O. Breeding early corn. In.: Hallauer, A. R. (1994). Specialty corns. Ames: CRC, p. 342-396.
- Ullstrup, A.J. (1877) Disease of corn. In: Sprague, G.F. (Ed.) Corn and Corn Improvement. *Madison American Society of Agronomy Press*. pp 391-500
- Weatherwax P. (1922). Popping of corn. New York, USA p.199- 253.
- Veasey E.A., Piotto, F.A., Nascimento W.F. do, Rodrigues J.F., Mezette T.F., Borges, A., Biguzzi, F.A., dos Santos, F.R.C., Sobierajski, G. da R., Recchia, G.H., Mistro, J.C. (2011) Processos evolutivos e a origem das plantas cultivadas. *Ciência Rural*, Santa Maria. v.41, n.7.
- Vieira, R. A., de Araújo Rodovalho, M., Scapim, C. A., Tessmann, D. J., Teixeira do Amaral Júnior, A., Souto Bignotto, L. (2009). Desempenho agrônômico de novos híbridos de milho-pipoca no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Agronomy*. 31:29-36.
- Vieira, R.A. (2010). Melhoramento genético da resistência à helmintosporiose comum, cercosporiose e ferrugem polissora em milho-pipoca. 2010. 86f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Vittorazzi, C., Amaral Júnior, A.T. do, Gonçalves, L.S.A., Candido, L.S., Silva, T.R. da C. (2013) Seleção de pré-cultivares de milho-pipoca baseado em índices não paramétricos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 2, p. 356-362.
- 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.
- Vendruscolo, E.C.G.; Scapim, C.A.; Pacheco, C.A.P.; Oliveira, V.R.; Braccini, A. 34 de L.; Gonçalves-Vidigal, M.C. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de 21 1 cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36 (1):123-130.

- 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.
- Xavier, K. B.; Kamphorst, S. H.; Carvalho, C. M.; Silva, R. M. R.; Silva Junior, S. B.; Lima, V. J.; Amaral Júnior, A.T. (2019) Comércio de Milho-Pipoca na Região Norte Fluminense e Características Apreciadas no Produto. *Revista de Extensão UENF*, v. 4, p. 22-35.
- Yeh, C. C. (1986) Studies on rusts of maize. *Journal of Agricultural Research of China*, Wufeng, v. 35, n. 1, p. 81-93.
- Ziegler, K. E., Ashman, R. B., White, G. M., e Wysong, D. B. (1985). Popcorn production and marketing. Cooperative Extension Service, Purdue University, West Lafayette, IN, A Publication of the National Corn Handbook Project NCH-5.
- Ziegler, K. E. Popcorn. In Specialty Corn; Hallauer, A. (2001) Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL; pp 199–234.
- Zinsly, J.R., Machado, J.A. (1987) Milho-pipoca. In: Paterniani, E., Viegas, G.P. (org) Melhoramento e produção do milho. Campinas, Fundação Cargill, p.413-421.
- Zuber, M. S. (1942). Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniform trial data. *Journal of the American Society of Agronomy*, Madison, v. 34, n. 1, p. 30-47.