



GIULIANA RAYANE BARBOSA DUARTE

**CARACTERIZAÇÃO DE PROGÊNIES F_{4:5} DE ALFACE
QUANTO À RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne incognita* E
CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS**

**LAVRAS-MG
2020**

GIULIANA RAYANE BARBOSA DUARTE

**CARACTERIZAÇÃO DE PROGÊNIES F_{4:5} DE ALFACE QUANTO À
RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne incognita* E CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes
Orientador

Dr. Renato Domiciano Silva Rosado
Coorientador

**LAVRAS-MG
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Duarte, Giuliana Rayane Barbosa.

Caracterização de progênies $F_{4:5}$ de alface quanto à resistência
ao *meloidogyne incognita* e características comerciais / Giuliana
Rayane Barbosa Duarte. - 2020.

51 p. : il.

Orientador(a): Luiz Antônio Augusto Gomes.

Coorientador(a): Renato Domiciano Silva Rosado.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Melhoramento genético. 2. Horticultura. 3. *Lactuca sativa*. I.
Gomes, Luiz Antônio Augusto. II. Rosado, Renato Domiciano
Silva. III. Título.

GIULIANA RAYANE BARBOSA DUARTE

**CARACTERIZAÇÃO DE PROGÊNIES F_{4:5} DE ALFACE QUANTO À
RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne incognita* E CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS**

**CHARACTERIZATION OF PROGENIES F_{4:5} OF LETTUCE AS TO RESISTANCE
TO *Meloidogyne incognita* AND COMMERCIAL CHARACTERISTICS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de junho de 2020.

Dr. Aurinelza Batista Teixeira Condé EPAMIG

Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira UFLA

Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes
Orientador

Dr. Renato Domiciano Silva Rosado
Coorientador

**LAVRAS-MG
2020**

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço por ter me guiado até esse caminho, sendo sempre minha fonte de aconchego e coragem.

À Universidade Federal de Lavras, por todos os amparos pessoais e de equipamentos. Me orgulho dessa UFLA!

Aos meus pais Lucinha e Chiquinho, por sempre me incentivarem a lutar pelos meus sonhos e por sempre estarem ao meu lado me dando forças e falando que tudo daria certo.

Aos meus irmãos Giulia, Roger e Ruan, que daquele jeito único e especial sempre estiveram me dando força e caminhando comigo, sempre me incentivando com palavras e gestos de conforto.

Ao Eduardo, que sempre está pronto para me escutar, me aconselhar, me acalmar, sempre me ajudando a alcançar o melhor, meu eterno agradecimento.

Ao Luiz Antônio, meu orientador de longa data, que sempre esteve me tutorando para as melhores escolhas e dando os melhores conselhos, demonstrando um espelho de profissional e de pessoa, meu muito obrigada.

Ao Renato, meu coorientador, que sempre manifestou total dedicação e paciência, sempre me auxiliando nas tomadas de decisões e na condução do experimento.

Ao laboratório de nematologia, ao setor de olericultura da UFLA e ao CDTT e, em especial, aos funcionários Tarlei, Vicente e Ronaldo, que sempre estavam prontos para ajudar.

À Sylmara, por estar sempre presente e de prontidão na condução dos experimentos e ainda sendo uma amiga nos momentos difíceis.

Aos amigos Karina, Parazinho, Dani e Pedro, que me ajudaram na condução dos experimentos.

Aos alunos da atividade vivencial, por sempre me ajudarem com muito empenho no que eu precisava.

A todos que me ajudaram e torceram para a realização dessa conquista.

MUITO OBRIGADA!

*“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada.
Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.” (Cora Coralina)*

RESUMO

A alface se destaca no mercado por ser a principal hortaliça folhosa cultivada, tanto em área, quanto em volume de produção. Por ser originária de clima temperado, normalmente apresenta algumas limitações de cultivo em regiões tropicais, como é o caso do Brasil. Estas limitações podem estar associadas às condições climáticas, como o pendoamento precoce, provocado por temperaturas elevadas, mas também a problemas com fitopatógenos, destacando-se o ataque por fitonematoides, principalmente os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp) que atacam as células radiculares, causando clorose e redução da área foliar, podendo levar à redução do volume e da qualidade do produto final. Além da busca por resistência, os programas de melhoramento se preocupam também com as características comerciais desejáveis, tais como cor, tipo de borda, tipo de limbo e tipo comercial, o que normalmente requer o estudo de muitas variáveis, dificultando a seleção. Uma alternativa seria a utilização da análise multivariada, que permite maior percepção geral dos genótipos estudados. Os métodos de agrupamentos são uma ótima ferramenta para dar direcionamento ao programa de melhoramento, pois permitem agrupar indivíduos mais semelhantes e formar um ou mais grupos com os menos parecidos. Além dos agrupamentos, conhecer bases genéticas ligadas a expressão das características-alvo é de crucial importância, tornando-se possível por meio dos estudos de parâmetros genéticos. Outro aspecto que facilita, no âmbito do melhoramento, é o estudo das correlações entre as variáveis, possibilitando avaliações mais rápidas e com a mesma precisão. Assim, em programas de melhoramento de alface, a resistência ao nematoide das galhas, associada às características comerciais, são um grande foco nas pesquisas, e para nortear os programas os melhoristas utilizam das análises *per se* e multivariada para as tomadas de decisão. Desta forma, neste trabalho procurou-se utilizar estes métodos visando a identificação de genótipos superiores de alface. Foi possível identificar cinco progênies com potencial para desenvolvimento de novas linhagens de alface do tipo americana, resistentes ao *Meloidogyne incognita*.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. Nematóide das galhas. Melhoramento genético.

ABSTRACT

Lettuce stands out in the market as it is the main leafy vegetable grown, both in area and in volume of production. As it originates from a temperate climate, it usually presents some limitations of cultivation in tropical regions, as is the case of Brazil. These limitations may be associated with climatic conditions, such as early stemming, but also with problems with phytopathogens, especially the attack by the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* that attack the root cells, causing chlorosis and reduction leaf area, which may lead to a reduction in the volume and quality of the final product. In addition to the search for resistance, breeding programs are also concerned with desirable commercial characteristics, such as color, type of border, type of limbus and commercial type, which normally requires the study of many variables, making selection difficult. An alternative would be the use of multivariate analysis, which allows a greater general perception of the studied genotypes. The grouping methods are a great tool to guide the breeding program, as it allows grouping more similar individuals and forming one or more groups with less similar ones. In addition to the clusters, knowing genetic bases linked to the expression of the target characteristics is of crucial importance, becoming possible through studies of genetic parameters. Another aspect that facilitates, in the scope of improvement, is the study of the correlations between the variables, enabling faster and more accurate assessments. Thus, in lettuce breeding programs, the resistance to root-knot nematodes associated with commercial characteristics is a major focus in research, and to guide the programs, breeders use per se and multivariate analysis for decision making. Thus, in this work, we tried to use these methods in order to identify superior lettuce genotypes. It was possible to identify five progenies with the potential to develop new strains of the iceberg lettuce type, resistant to *Meloidogyne incognita*.

Keywords: *Lactuca sativa*. Root-knot nematode. Plant breeding.

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------|---|
| PRIMEIRA PARTE | |
| 1 | INTRODUÇÃO 10 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO 12 |
| 2.1 | Alficultura mundial 12 |
| 2.2 | Melhoramento de alface..... 13 |
| 2.3 | Nematoide (<i>Meloidogyne incognita</i>) 14 |
| 2.4 | Melhoramento envolvendo aspectos comerciais 16 |
| 2.5 | Parâmetros genéticos e correlações 17 |
| 2.6 | Agrupamentos e componentes principais..... 18 |
| | REFERÊNCIAS 20 |
| | SEGUNDA PARTE – ARTIGO *..... 23 |
| | ARTIGO - SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE ALFACE RESISTENTES AO NEMATOIDE DAS GALHAS E COM CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS..... 24 |
| 1 | INTRODUÇÃO 26 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS 27 |
| 2.1 | Área experimental 27 |
| 2.2 | Enumeração das progênies F_{4:5} de alface 27 |
| 2.3 | Implantação, condução e avaliação 28 |
| 2.3.1 | Experimento para resistência ao nematoide das galhas (<i>Meloidogyne incognita</i>)..... 28 |
| 2.3.2 | Experimento para caracterização comercial de progênies F_{4:5} de alface..... 30 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO 32 |
| 3.1 | Caracterização quanto resistência ao nematoide das galhas <i>Meloidogyne incognita</i> 32 |
| 3.2 | Caracterização comercial de progênies F_{4:5} de alface 40 |
| 4 | CONCLUSÃO 48 |
| | REFERÊNCIAS 49 |

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A alface está entre as hortaliças de maior importância quanto à área de plantio e ao volume de produção, sendo a folhosa de maior aceitação pelo mercado consumidor brasileiro. Devido sua alta perecibilidade, o seu cultivo situa-se, normalmente, próximo aos grandes centros consumidores, o que facilita a comercialização adequada (KAWAMOTO, 2019). Apesar de ser cultivada no Brasil desde os primórdios da colonização, seu cultivo ainda enfrenta alguns problemas relacionados à adaptabilidade, destacando-se, por exemplo, a resistência a patógenos, o que torna importante a realização de estudos relacionados a este assunto.

O melhoramento genético desta espécie vem sendo uma das mais importantes ferramentas utilizadas quando se trata da busca de ganhos em sua produção agrícola. A obtenção de materiais mais resistentes, adaptados e eficientes na produção vem crescendo a cada dia. Assim, os programas de melhoramento genético de alface têm se voltado, principalmente, para o desenvolvimento de cultivares com maior resistência a patógenos, associada a características comerciais desejáveis, visando a obtenção de novas cultivares mais adaptadas às condições brasileiras, aspecto de grande importância para o sucesso dos cultivos.

Entre os fitopatógenos que causam grandes danos, com prejuízos aos alfacicultores, estão os nematoides das galhas. Estes atacam o sistema radicular das plantas e afetam a absorção de água e nutrientes, resultando em plantas de menor porte, reduzindo assim, no caso da alface, seu valor de mercado. Diferentes métodos são utilizados no manejo dos nematoides, tais como o alqueive, a solarização e/ou a inundação dos solos, o controle biológico, a utilização de produtos naturais com efeito nematicida, a aplicação de produtos químicos, além da utilização de cultivares resistentes. Este último tem sido o mais interessante do ponto de vista ambiental e econômico. Além de não causar danos ao ambiente, como é o caso do controle químico, tem um custo menor, pois o agricultor investe apenas nas sementes. Desta forma, a estratégia para uma produção mais sustentável e econômica deste tipo de fitopatógeno na cultura da alface tem sido o desenvolvimento de cultivares resistentes.

Além da resistência, os melhoristas também se preocupam com as características comerciais, pois isto está diretamente relacionado com a aceitação destas novas cultivares pelo mercado. Sendo assim, materiais que apresentem aparência, coloração e tipo comercial atrativos ao mercado são de suma importância em programas de melhoramento. Como são utilizadas inúmeras variáveis para caracterização de progênies de alface em programas de melhoramento, gerando um grande número de dados, torna-se importante o uso de métodos, como a análise

multivariada, para auxiliar o melhorista na sua tomada de decisão. Cruz (2005) relata que para a seleção de um genótipo realmente superior, é necessário que o mesmo reúna, concomitantemente, uma série de características favoráveis quanto ao rendimento e quanto a satisfação do consumidor.

A correlação e os parâmetros genéticos devem ser observados em estudos genéticos. O primeiro item retrata a interação dos pares de combinações de variáveis, já o segundo corresponde às fontes de variação, herdabilidade e à razão do coeficiente de variação genético e experimental. Desta forma, é possível prever quais variáveis permitem o maior ganho de seleção, e ainda, determinar os caracteres mais importantes na avaliação de genótipos de alface no sentido de se economizar trabalho, tempo e custos, nos programas de melhoramento (AZEVEDO *et al.*, 2013).

Portanto, objetivou-se com o estudo caracterizar progênies $F_{4.5}$ de alface oriundas do cruzamento entre as cultivares ‘Salinas 88’ e ‘Colorado’, quanto à resistência ao nematoide das galhas (*Melodogyne incognita*) e quanto à caracteres agronômicos (aspecto comercial), utilizando análise *per se*, e técnicas multivariadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Alficultura mundial

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma planta da família *Asteraceae*, de clima temperado, de ciclo anual e uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo (HENZ; SUINAGA, 2009). Segundo a Conab (2019), em dezembro de 2018 foram comercializadas aproximadamente 4.600 toneladas de alface, valor superior se comparado ao mesmo período do ano anterior, que foi de 4.300 toneladas. O aumento do consumo é notório, por isso, desenvolver genótipos que sejam mais produtivos, mais resistentes a patógenos e com aspecto comercial que proporcione maior aceitabilidade pelos consumidores, se torna uma boa estratégia no manejo da produção de alface.

Advinda de espécies silvestres, ainda encontradas em regiões de clima temperado no sul da Europa e Ásia Ocidental, a alface é uma planta herbácea, delicada, com caule pequenino no qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em formato de roseta em volta do caule, podem ser lisas ou crespas, formar ou não ‘cabeça’ e possuir coloração em vários tons de verde ou roxo, conforme a cultivar (FILGUEIRA, 2008). Encontram-se no mercado diferentes cultivares que apresentam formatos, cores e tamanhos diversificados, que podem ser classificadas como americana, lisa, crespa, mimosa, romana, crocante e roxa/vermelha (SALA; COSTA, 2016).

Por ser um produto consumido fresco, a alface é escolhida no comércio pela sua aparência, ou seja, pelo tamanho, formato, coloração e ausência de defeitos perceptíveis. (AZEVEDO *et al.*, 2015). Em busca da redução desses defeitos, ou seja, valorização do produto, surgiram diversos programas de melhoramento genético envolvendo a resistência a vários patógenos e a adaptação de genótipos que sejam produtivos em nossas condições climáticas, garantindo assim, um melhor retorno aos produtores. Há uma preocupação importante com estudos voltados às condições climáticas, tendo em vista que em clima tropical a alface apresenta menor produção de folhas, o que afeta diretamente a receita do produtor (HENZ; SUINAGA, 2009).

2.2 Melhoramento de alface

A década de 60 pode ser considerada um marco importante no melhoramento da alface para o Brasil, pois foi quando o pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas, Hiroshi Nagai, iniciou seus trabalhos de melhoramento genético de alface, com o intuito de obter genótipos resistentes a doenças e mais adaptados as condições de calor (MELO; MELO, 2003). As instituições responsáveis pelas pesquisas iniciais em melhoramento da alface nesta época foram as públicas, se destacando o Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ).

O método de melhoramento mais utilizado em alface é o genealógico ou *pedigree*. Isto ocorre, porque o método de retrocruzamento, apesar de ser muito preferido para espécies autógamias, no caso da alface pode apresentar alguma dificuldade no momento de identificar plantas realmente oriundas do retrocruzamento, em função da ocorrência da cleistogamia nesta espécie. Isto pode levar a um certo número de sementes que seriam oriundas de autofecundação. Em vista disso, quando não se dispõe de algum tipo de marcador, dá-se preferência pelo método genealógico. A escolha do método a ser utilizado vai depender ainda do objetivo do programa, dentre outros aspectos. Quanto às técnicas de seleção utilizadas, ocorrem diferenças a depender do caráter com o qual se está trabalhando, que depende de aspectos, como exemplo, o número de genes envolvidos, o tipo de interação alélica, tipo de controle genético, dentre outros. Algumas seleções vêm sendo feitas de forma subjetiva pelos melhoristas, porém, sempre atentos às escolhas e aceitações pelos consumidores, produtores e comerciantes (SALA; COSTA, 2016).

Quando se refere a um programa de melhoramento de alface, os melhoristas devem levar em consideração alguns fatores, dentre eles: o conhecimento prévio das cultivares comerciais de maior importância, de suas principais características, tais como cor, textura e formato; quais as recomendações de cultivo, ou seja, cultivo convencional ou orgânico; nível de resistência existente nesses materiais genéticos; se apresentam alguma desordem fisiológica e; além disso, é importante estar atento às demandas de mercado (SALA; COSTA, 2016).

No Brasil, o principal enfoque para o melhoramento da alface está associado ao desenvolvimento de alfices tropicalizadas e que sejam resistentes às principais doenças que aqui ocorrem (SALA; COSTA, 2016). As altas temperaturas e os altos índices pluviométricos frequentes no país podem acarretar em perdas de até 60%, devido ao maior ataque de fungos e bactérias (SALA, 2011).

Embora haja inúmeras cultivares mais bem adaptadas às condições tropicais, ainda existem muitos problemas que persistem no cultivo da alface, tornando o melhoramento genético uma ferramenta para o desenvolvimento de novos genótipos competitivos sendo uma das estratégias mais importantes para o sucesso do cultivo (CARVALHO FILHO *et al.*, 2011b). Sendo assim, os programas de melhoramento de alface encontram-se voltados para o desenvolvimento de novas cultivares mais produtivas, mais bem adaptadas aos ambientes tropicais e que sejam resistentes a doenças, acrescentando-se ainda, nos dias de hoje, a ênfase na biofortificação, para melhorar o conteúdo nutricional da olerícola (SILVA, 2017).

Costa e Pinto (1977) enfatizam que ao se trabalhar com melhoramento é de fundamental importância que se conheça a herança dos caracteres. Saber quais o(s) gene(s) envolvidos(s) bem como o tipo de interação alélica, é essencial nos avanços das progênies, podendo resultar em maior ganho de seleção. Sala e Costa (2016), reafirmam que o sucesso do melhoramento ocorre quando já se conhece a herança genética das características a serem selecionadas.

Além da herança, Carvalho Filho *et al.* (2011a), relatam que, para auxiliar na tomada de decisão quanto ao prosseguimento do programa de melhoramento, é importante que se estime os parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais. Além destes, os autores propõem a obtenção dos coeficientes de correlação das variáveis, visto que permitem ao melhorista estimar com maior precisão os ganhos de seleção de caráter de difícil mensuração, utilizando-se de característica relacionada e de fácil avaliação.

2.3 Nematóide (*Meloidogyne incognita*)

Os nematoides das galhas são parasitas de uma grande gama de hospedeiros. Estes vermes são mais comuns em solos mais arenosos e quentes. Plantas consideradas como hospedeiras são aquelas que expressam uma alta capacidade de multiplicação desses fitopatógenos (ANWAR; MCKENRY, 2010). Quando se busca uma produção mais sustentável, a estratégia mais viável para o controle de nematoides fitoparasitas é a utilização de cultivares resistentes, ou seja, que tenha uma baixa taxa de multiplicação destes, em contraponto à utilização de produtos químicos aplicados diretamente no solo. Porém, nem sempre existe cultivares resistentes que atendam às exigências do mercado (FERREIRA *et al.*, 2013).

Em regiões brasileiras produtoras de alface, as maiores infestações de nematoides são causadas pelo nematóide das galhas, *Meloidogyne* spp., principalmente o *M. incognita* e *M.*

javanica, devido ao fato destes terem uma alta capacidade reprodutiva em solos com temperaturas mais elevadas. Menos importantes, mas que também podem causar danos em algumas áreas específicas são os *M. hapla* e *M. arenaria* (PINHEIRO *et al.*, 2013).

Os danos causados pelos fitonematoides são caracterizados por destruição das células radiculares, clorose e redução da área foliar e, além disso, no caso da alface, a redução da qualidade do produto final, acarretando a diminuição na produtividade (GALATTI *et al.*, 2013). Os parasitas debilitam intensamente a planta, formando em seu sistema radicular, galhas que obstruem a absorção de água e, principalmente, nutrientes do solo (CARVALHO FILHO *et al.*, 2011b), atrapalhando o desenvolvimento pleno da planta.

Há tempos já é relatado a incidência de nematoides na cultura da alface, especialmente quando ocorrem cultivos sucessivos em estufas, chegando a causar perdas significativas aos produtores (CAMPOS, 1995). Os fitonematoides são de difícil controle, pois geralmente ficam no solo ou no interior de raízes ou em outros órgãos das plantas. Desta maneira, em alguns casos, utiliza-se o controle químico, porém, os produtos são muito tóxicos e apresentam longo efeito residual nas folhas, além de serem pouco eficientes. Além disso, por se tratar de uma cultura de ciclo muito curto, a melhor maneira de fazer o controle da população desses fitonematoides é por meio de cultivares resistentes (FERREIRA *et al.*, 2011). Outros autores relatam também, que o controle de nematoides deve ser planejado com a integração de vários métodos e apresentar baixo custo, sendo recomendados, com frequência, a rotação de culturas, o uso de genótipos resistentes e o controle químico e biológico (ALMEIDA *et al.*, 2005).

O estudo da herança do caráter de resistência a nematoides, tomando como princípio os cruzamentos entre as cultivares ‘Regina 71’ (suscetível a *M. incognita*, folhas lisas) e Grand Rapids (resistente a *M. incognita*, crespa), mostrou que o caráter é controlado por um único loco gênico. Sabendo disso, nomeou-se o alelo presente na cultivar ‘Grand Rapids’ como *Me*, sendo o responsável pela resistência ao *M. incognita* e *M. javanica* (GOMES; MALUF; CAMPOS, 2000). Outro estudo comprovou que a resistência também poderia ser conferida pelo alelo *Me2* presente na cultivar ‘Salinas 88’, que apresenta ainda, a ação de genes menores. Demonstraram também que o caráter de resistência é altamente herdável e que apresenta efeito aditivo, tornando possível a seleção de materiais geneticamente resistentes advindos de genitores contrastantes (CARVALHO FILHO *et al.*, 2011b).

Apesar do avanço das pesquisas no Brasil, ainda não se tem relatos de cultivares comerciais competitivas de alface resistentes aos nematoides das galhas, sendo necessário a busca por novos materiais que sejam mais competitivos.

2.4 Melhoramento envolvendo aspectos comerciais

Existem no mercado, várias cultivares de alface com diferentes formatos, tamanhos e cores (SUINAGA *et al.*, 2013). Porém, ainda é necessário realizar estudos para obtenção de novos materiais genéticos que tenham características favoráveis para uma boa produção e comercialização de alface, tais como plantas com maior número de folhas e maior massa fresca, acompanhadas ainda de folhas tenras e de sabor suave (GOMES, 2014).

O melhoramento da alface foi responsável por mudanças no tamanho, formato, cor, textura e sabor das folhas, formação de cabeça, resistência a doenças e pragas, produção e adaptação a diferentes áreas e ambientes (MOU, 2011).

Visando a facilitação da caracterização de plantas de alface, foram elaborados descritores morfológicos e biológicos. Os morfológicos são características de plântulas, folhas jovens, folhas adultas, cabeça, haste, inflorescência e frutos. Já os biológicos são os estágios de desenvolvimento e as resistências a fatores abióticos e bióticos (KŘÍSTKOVÁ *et al.*, 2008). Desta forma, se torna possível distinguir as plantas quanto ao tipo comercial, e ainda destacar quais resistências estão presentes em cada genótipo.

Devido a demanda por novas cultivares, de diferentes tipos comerciais atrativos ao consumidor, e que ainda tenham resistência aos fitopatógenos de importância para a cultura, tem sido realizadas pesquisas em empresas privadas e públicas, observando que essa busca precisa ser contínua em razão das demandas futuras desse setor (SALA; COSTA, 2016).

Dentre os aspectos comerciais, os que mais destacam para o consumidor são a coloração e o tipo comercial. Quanto à coloração, a maior aceitação pelos brasileiros é pela alface de coloração verde clara, a qual pode ser encontrada tanto em alface do tipo crespa, quanto nas lisas (SALA; COSTA, 2012). A coloração das folhas varia de acordo com o teor de clorofila, que regula a tonalidade de verde, e com o teor de antocianina, responsável pelo controle das diferentes tonalidades de vermelho (SALA; COSTA, 2016). Quanto ao tipo comercial, o que mais agrada às exigências do consumidor são alfaces do tipo crespas. Contudo, as alfaces americanas são um seguimento varietal que vem crescendo notadamente (SALA; COSTA, 2012).

Em programas de melhoramento, outro aspecto relevante é a lobulação das folhas de *L. sativa*, sendo que a herança desse caráter é devido a um gene dominante, controlado por três alelos, Uoak, Ulob e u. Este caráter se manifesta nas folhas mais velhas, mas a partir da sexta

folha verdadeira já é possível determinar o tipo de lobulação, característica esta, relevante para a seleção quando se avançam as progênes (SALA, 2011).

2.5 Parâmetros genéticos e correlações

Segundo Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), ao iniciar um programa de melhoramento, alguns estudos são indispensáveis, principalmente os de estimativa de parâmetros genéticos e os de correlação entre caracteres de interesse para o melhoramento. Os parâmetros genéticos de variância genotípica, coeficiente de variação, herdabilidade e índice de variação representam a proporção da variação fenotípica determinada pela variação genética de uma dada característica, sendo desta maneira, informações essenciais para o processo de seleção.

A associação entre duas variáveis, geralmente é feita pelo estudo de correlação, contudo, suas estimativas não determinam a relação de causa e efeito (AZEVEDO *et al.*, 2014). Um estudo de interesse para a seleção de progênes de alface, é a obtenção dos coeficientes de correlações genética, fenotípica e ambiental. Tais coeficientes, além de permitirem ao melhorista estimar a relação entre características, também possibilitam estimar ganhos de seleção para um caráter de difícil aferição, utilizando dados de outra característica altamente correlata e de fácil avaliação (CARVALHO FILHO *et al.*, 2011a).

A estimativa de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais, podem auxiliar também na tomada de decisão sobre a escolha do método de melhoramento e na forma de condução e seleção de plantas e/ou progênes (CARVALHO FILHO *et al.*, 2011a). Andrade *et al.* (2010) afirmam que, para o sucesso em programas de melhoramento genético, é fundamental o conhecimento das bases genéticas ligadas à expressão da característica-alvo. Assim, com a estimativa de parâmetros genéticos como a magnitude da herdabilidade e a natureza dos genes envolvidos na expressão de características, há a possibilidade de predição de ganhos genéticos e do potencial da população a ser melhorada (CUSTÓDIO *et al.*, 2012). Portanto, com tais estimativas e conhecendo o modo de herança das características trabalhadas, consegue-se estabelecer as melhores estratégias de melhoramento (LAVIOLA *et al.*, 2014).

2.6 Agrupamentos e componentes principais

Os agrupamentos são utilizados para reunir genótipos, por meio de algum critério, que exiba semelhança no padrão de comportamento em relação a um conjunto de variáveis. Normalmente, tem o princípio de estabelecer grupos, dentro dos quais a homogeneidade seja maior que aquela existente entre os grupos (CRUZ, 2006). As análises de agrupamento empregam as variáveis para planejar um esquema no qual classifica os objetos similares em uma mesma classe. Além disso, as análises de agrupamento podem ser utilizadas também para redução do número de dados (MANLY, 2008).

Existem diversas metodologias de agrupamento, se distinguindo apenas pelo tipo de resultado a ser fornecido e pelas diferentes formas de definir a proximidade entre um indivíduo e um grupo já formado, ou entre dois grupos quaisquer (VASCONCELOS *et al.*, 2007).

Cruz e Carneiro (2006) caracterizam o método de Tocher como um agrupamento simultâneo, realizando a separação dos genótipos em grupos de uma só vez. Esse método é feito utilizando-se um critério de agrupamento e possui a particularidade de apresentar a distância média dentro dos grupos sempre inferior à distância média entre os grupos. Cruz (2006) explica que, para realizar esse agrupamento, é necessário a obtenção da matriz de dissimilaridade, onde pode-se identificar o par de indivíduos mais semelhante, formando assim, o grupo inicial. A partir disso, os novos grupos são formados seguindo o pressuposto de semelhança entre e dentro de cada grupo.

Já nos métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, sendo estabelecido um dendrograma ou diagrama de árvore, sem preocupação com o número ótimo de grupos (BERTAN *et al.*, 2006). Cruz (2006) relata que neste método de agrupamento, o número de grupos não é a preocupação, mas sim, em como está essa representação gráfica ‘árvore’ e suas ramificações obtidas. No caso do método dos vizinhos mais próximos, a distância entre os indivíduos é dada pelo menor elemento do conjunto das distâncias dos pares de genótipos.

A metodologia ‘componentes principais’, vem sendo bastante empregada em programas de melhoramento genético, pois auxilia na simplificação do conjunto de dados, permitindo o estudo das variáveis que retém o máximo da variação da variância original disponível. Desta maneira, ao invés de trabalhar visualmente com todas as variáveis, este método permite a representação gráfica somente das variáveis com maior importância relativa em se tratando de variância, facilitando o processo de seleção de indivíduos. A representação gráfica é feita em

eixos cartesianos com os escores dos componentes principais, o que permite o estudo gráfico dos genótipos de maneira multivariada (CRUZ, 2006).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. R. *et al.* Doenças da soja. In: KIMATI, H. *et al.* **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 569-588.
- ANDRADE, F. N. *et al.* Estimation of genetic parameters in cowpea genotypes evaluated for fresh southern pea. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.
- ANWAR, S. A.; MCKENRY, M. V. Incidence and reproduction of *Meloidogyne incognita* on vegetable crop genotypes. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 42, n. 2, p.135-141, 2010.
- AZEVEDO, A. M. *et al.* Agrupamento multivariado de curvas na seleção de cultivares de alface quanto à conservação pós-colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 362-367, 2015.
- AZEVEDO, A. M. *et al.* Parâmetros genéticos e análise de trilha para o florescimento precoce e características agronômicas da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 2, p. 118-124, 2014.
- AZEVEDO, A. M. *et al.* Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 260-265, 2013.
- BERTAN, I. *et al.* Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 3, p. 279-286, 2006.
- CAMPOS, V. P. Doenças causadas por nematóides em alcachofra, alface, chicória, morango e quiabo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 182, p. 17-22, 1995.
- CARVALHO FILHO, J. L. S. *et al.* Parâmetros populacionais e correlação entre características da resistência a nematoides de galhas em alface. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 46-51, 2011a.
- CARVALHO FILHO, J. L. S. *et al.* Resistance to *Meloidogyne incognita* race 1 in the lettuce cultivars Grand Rapids and 'Salinas 88'. **Euphytica**, v. 182, n. 2, p. 199-208, 2011b.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Hortigranjeiro**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/24293_de46b7773c68a07efdac6d0ae0a300dc>: Acesso em: 07 set. 2019.
- COSTA, C. P.; PINTO, C. A. B. P. **Melhoramento de hortaliças**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1977.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes-Análise Multivariada e Simulação**. Viçosa: UFV, 2006.
- _____. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012.

CUSTÓDIO, T. N. *et al.* Meta-análise para estimativas de herdabilidade de características do desenvolvimento e produção do *Coffea canephora* Pierre. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2501-2509, 2012.

FERREIRA, S. *et al.* Caracterização de famílias F2: 3 de alface para resistência ao nematoide de galhas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 2, p. 35-42, 2013.

FERREIRA, S. *et al.* Identificação de linhagens avançadas de alface quanto à resistência a *Meloidogyne javanica*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 270-277, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008.

GALATTI, F. S. *et al.* Rootstocks resistant to *Meloidogyne incognita* and compatibility of grafting in net melon. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 432-436, 2013.

GOMES, L. A. A. Tecnologias para produção de alface em clima quente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 53., 2014, Palmas, **Anais...** Palmas, 2014. p. 1-15.

GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P. Inheritance of the resistant reaction of the lettuce cultivar 'Grand Rapids' to the Southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Euphytica**, v. 114, n. 1, p. 37-46, 2000.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. (COMUNICADO TÉCNICO 75).

KAWAMOTO, E. K. *et al.* Associação do alpha x 35-o® e biocontrol-o® na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista Unimar Ciências**, v. 27, n. 1-2, 2019.

KŘÍSTKOVÁ, E. *et al.* A. Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L.) genetic resources. **Horticultural Science**, v. 35, n. 3, p. 113-129, 2008.

LAVIOLA, B. G. *et al.* Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhão-manso em três regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 356-363, 2014.

MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. In: CARMONA, S. I. (Trad.) 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MELO, A. M. T. de; MELO, P. C. T. de. Hiroshi Nagai (1935-2003): sua vida e contribuições à olericultura. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 734-734, 2003.

MOU, B. Mutations in lettuce improvement. **International Journal of Plant Genomics**, v. 2011, p. 1-7, 2011.

PINHEIRO, J. B. *et al.* **Manejo de nematoides na cultura da alface**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. (CIRCULAR TÉCNICA 174).

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira Retrospective and trends of Brazilian lettuce crop. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

_____. Melhoramento de alface. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de Hortaliças**. Viçosa: UFV, 2016.

_____. Melhoramento genético de alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, n. 51., 2011, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Horticultura Brasileira, 2011. p. 5813-5827.

SILVA, E. A. da. **Genética da Distribuição Quantitativa de Antocianina em Plantas de População Segregante de Alface**. 2017. 48 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, 2017.

SUINAGA, F. A. *et al.* **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. (BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 89).

VASCONCELOS, E. S. D. *et al.* Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1421-1428, 2007.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO *

ARTIGO - Seleção de progênies de alface resistentes ao nematoide das galhas e com características comerciais.

RESUMO

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil e no mundo. Devido aos sucessivos cultivos sem rotação, a cultura vem sofrendo com a pressão de ataque de alguns patógenos, como é o caso dos nematoides das galhas. Desta forma, muitos programas de melhoramento têm buscado por genótipos resistentes, e que atendam às características comerciais. Assim, objetivou-se com este estudo, caracterizar progênies F_{4:5} de alface originárias do cruzamento entre as cultivares ‘Salinas 88’ e ‘Colorado’, quanto à resistência ao nematoide das galhas *Meloidogyne incognita* e aspectos comerciais utilizando análise *per se* e técnicas multivariadas. Foram realizados dois experimentos no CDTT da Universidade Federal de Lavras e no Laboratório de Nematologia da mesma universidade. Para avaliação da resistência ao nematoide, o experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados com sete repetições e cinco plantas por parcela. Utilizou-se 14 progênies F_{4:5} (‘Salinas 88’ x ‘Colorado’) além dos genitores e das testemunhas suscetíveis de alface cultivar ‘Regina 71’ e tomate cv. ‘Santa Clara’. A semeadura foi feita em copos de isopor de 120 mL preenchidos com areia, mantidos em estufa com irrigação manual. Transcorridos 16 dias, foi realizada a inoculação, utilizando-se um juvenil do segundo estágio por mL de substrato (120 J2/copo). Aos 45 dias após a inoculação, avaliou-se matéria fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), número de ovos por planta (NOT) e número de ovos.grama de raiz¹⁻ (NOT/MFR). Em seguida, foram obtidos o índice de reprodução (IR) e a categorização de resistência descrita por Hadisoeganda e Sasser (HS). Quanto ao experimento para caracterização comercial, utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com seis repetições e seis plantas por parcela. Foram utilizadas as 14 progênies F_{4:5} (‘Salinas 88’ x ‘Colorado’), os genitores e como testemunhas as cultivares comerciais ‘Regina 71’ (lisa), ‘Laurel’ (americana), ‘Verônica’ (crespa) e ‘Luíza’ (romana). Aos 30 dias após o transplântio foram capturadas imagens de cada planta, utilizando-se câmera de celular de 16 MP. As variáveis coloração, tipo de borda, tipo de limbo e tipo comercial foram caracterizadas mediante a exposição das imagens para quatro avaliadores, que atribuíram notas em uma escala preestabelecida para cada característica. As progênies de número 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 e 14 apresentaram o menor NOT/MFR, menor IR e foram classificadas como moderadamente resistentes, e resistente no caso da progênie de número 2, podendo ser utilizada como fonte de resistência em programas de melhoramento. Quanto a caracterização comercial, a herdabilidade foi alta para todas as características, indicando possibilidade de ganhos com a seleção. As características de borda e limbo apresentaram correlação alta, podendo ser utilizada apenas uma delas no processo de seleção, obtendo-se ganhos na outra. Os métodos de agrupamento evidenciaram que as progênies se caracterizaram mais proximamente como do tipo americana, sendo que as progênies 2, 5, 6, 8 e 9 apresentam-se promissoras para se avançar na seleção de materiais que possam dar origem a novas linhagens de alface do tipo americana e resistentes ao nematoide *Meloidogyne incognita*.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. Nematoide das galhas. Resistência genética.

ABSTRACT

Lettuce is the most consumed leafy vegetable in Brazil and in the world. Due to successive crops without rotation, the crop has been suffering from the attack pressure of some pathogens, as is the case of gall nematodes. In this way, many breeding programs have been looking for resistant genotypes that meet commercial characteristics. Thus, the objective of this study was to characterize lettuce F_{4:5} advanced strains originating from the crossing between ‘Salinas 88’ and ‘Colorado’ cultivars, regarding resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and commercial aspects using *per se* analysis and multivariate techniques. Two experiments were carried out at the CDTT of the Federal University of Lavras and in the Nematology Laboratory of the same university. To evaluate resistance to the nematode, the experiment was conducted in a randomized block design with seven replications and five plants per plot. 14 F_{4:5} advanced strains (‘Salinas 88’ x ‘Colorado’) were used in addition to the parents and susceptible controls of lettuce cultivar ‘Regina 71’ and tomato cv. ‘Santa Clara’. Sowing was done in 120 ml Styrofoam cups filled with sand, kept in an oven with manual irrigation. After 16 days, inoculation was performed using a second stage juvenile per mL of substrate (120 J2 / cup). At 45 days after inoculation, fresh matter of the aerial part (MFPA) and root (MFR), number of eggs per plant (NOT) and number of eggs.root gram⁻¹ (NOT/MFR) were evaluated. Then, the reproduction index (RI) and the resistance categorization described by Hadisoeganda and Sasser (HS) were obtained. As for the experiment for commercial characterization of the progenies, a randomized block design was used, with six replications and six plants per plot. The F_{4:5} advanced strains (‘Salinas 88’ x ‘Colorado’), the parents and commercial cultivar witnesses ‘Regina 71’ (butterhead), ‘Laurel’ (iceberg), ‘Veronica’ (green leaf) and ‘Luiza’ (romain) were used. Thirty days after the transplant, images of each plant were captured using a 16 MP cell phone camera. The variables color, type of border, type of limbus and commercial type were characterized by exposing the images to four evaluators, who assigned scores using a pre-established grade scale for each characteristic. The advanced strains number 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 and 14 had the lowest NOT/MFR, lowest IR and were classified as moderately resistant and resistant, in the case of the number 2 progeny, being able to be used as a source of resistance in breeding programs. As for commercial characterization, heritability was high for all characteristics, indicating the possibility of gains from selection. The border and limbus characteristics showed a high correlation, and only one of them can be used in the selection process, obtaining gains in the other. The grouping methods showed that the advanced strains were more closely characterized as the iceberg type, and the advanced strains 2,5,6,8 and 9 are promising to advance in the selection of materials that may give rise to new strains of iceberg lettuce resistant to the nematode *Meloidogyne incognita*.

Keywords: *Lactuca sativa*. Root-knot nematode. Genetic resistance.

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta anual, oriunda de regiões de clima temperado, pertencente à família Asteraceae. É seguramente uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo, sendo também uma das hortaliças mais cultivadas em hortas domésticas (HENZ; SUINAGA, 2009). Devido a intensa utilização do solo, com inúmeros cultivos, quando a rotação de cultura tende a ser pouco utilizada, a alface pode apresentar problemas relacionados a incidência de fitonematoides presentes no solo. Este problema tende a se agravar principalmente em cultivos de verão e/ou sob proteção com plástico, quando as temperaturas tendem a ser mais elevadas (LOPES; QUEZADO-DUVAL; REIS, 2010).

A utilização de produtos químicos para o controle deste endoparasita é uma prática comum, entretanto, esses produtos muitas vezes são tóxicos e de longo efeito residual nas folhas, o que torna um agravante, já que a alface tem um ciclo relativamente curto. Assim, um dos métodos mais seguros e eficaz para o controle de nematoides nesta cultura é o emprego de cultivares resistentes (CARVALHO FILHO *et al.*, 2011).

As cultivares ‘Salinas 88’, Challenge, Vanguard 75, Calgary, Classic e La Jolla, do tipo americana, podem ser consideradas fontes de resistência, devido ao baixo fator de reprodução (WILCHEN; GARCIA; SILVA, 2005). Em programas de melhoramento genético é crucial a utilização de populações que apresentem variabilidade genética para os caracteres de interesse. No caso da alface, essa variabilidade pode ser obtida a partir de cruzamento entre genitores contrastantes (AZEVEDO *et al.*, 2013). Assim, materiais que apresentam genes de resistência são utilizados para realizar cruzamentos com o objetivo de obter novas cultivares com padrão comercial desejado e que apresentem a resistência incorporada.

Neste sentido, os programas de melhoramento vêm utilizando, de forma habitual, os caracteres morfo-agronômicos para caracterizar as progênies de alface, visto que ainda são mais acessíveis quando comparados com técnicas moleculares mais avançadas (BERTINI; TEÓFILO; DIAS, 2009). Logo, realizando avaliações relacionadas ao aspecto de coloração, tipo comercial (grupo varietal), tipo de limbo e de borda são importantes caracteres para discriminar os genótipos.

No entanto, é comum a utilização de inúmeras características para caracterizar uma progênie, porém, no momento de realizar a seleção, um grande número de variáveis pode dificultar o processo. Nestes casos, a utilização da análise multivariada pode auxiliar na tomada de decisão. Cruz (2005) relata que para a seleção de genótipos realmente superiores, é

necessário que o mesmo reúna concomitantemente uma série de características favoráveis quanto à satisfação de produtores e consumidores.

A correlação e os parâmetros genéticos são respostas importantes a serem observadas em estudos genéticos. A correlação retrata a interação dos pares de combinações de variáveis, já os parâmetros genéticos retratam as fontes de variação, herdabilidade e a razão do coeficiente de variação genético e experimental. Desta forma, é possível prever quais variáveis permitem o maior ganho de seleção, e ainda, determinar os caracteres mais importantes na avaliação de genótipos de alface no sentido de se economizar trabalho, tempo e custos nos programas de melhoramento (AZEVEDO *et al.*, 2013).

Portanto, objetivou-se com o estudo, caracterizar progênies F_{4.5} de alface originárias do cruzamento entre as cultivares ‘Salinas 88’ e ‘Colorado’, quanto a resistência aos nematoides das galhas *Meloidogyne incognita* e quanto aos aspectos comerciais, utilizando-se análise *per se* e técnicas multivariadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área experimental

Os experimentos foram instalados nas dependências do Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras, localizado na fazenda Palmital, município de Ijaci, na região Campos das Vertentes de Minas Gerais. A região se caracteriza por clima temperado úmido, localizada a 21°10’ de latitude sul, 44°55’ longitude oeste e altitude 832 metros.

2.2 Enumeração das progênies F_{4.5} de alface

As progênies, que já possuem uma codificação própria, de acordo com o programa de melhoramento, foram enumeradas (TABELA 1) para facilitar a leitura e a discussão dos resultados.

Tabela 1- Enumeração de progênies F_{4,5} de alface oriundas do cruzamento entre as cultivares ‘Salinas 88’ e ‘Colorado’.

| CODIFICAÇÃO DAS PROGÊNIES | ENUMERAÇÃO CORRESPONDENTE |
|---------------------------|---------------------------|
| AFX 024D 1228 3367.49 | 1 |
| AFX 024D 1309 3306.51 | 2 |
| AFX 024D 1228 3112.50 | 3 |
| AFX 024D 1228 3112.49 | 4 |
| AFX 024D 1309 3306.49 | 5 |
| AFX 024D 1241 3270.51 | 6 |
| AFX 024D 1241 3270.50 | 7 |
| AFX 024D 1241 3126.51 | 8 |
| AFX 024D 1241 3126.53 | 9 |
| AFX 024D 1228 3364.50 | 10 |
| AFX 024D 1241 3126.50 | 11 |
| AFX 024D 1241 3467.50 | 12 |
| AFX 024D 1309 3306.52 | 13 |
| AFX 024D 1228 3364.49 | 14 |

2.3 Implantação, condução e avaliação

2.3.1 Experimento para resistência ao nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*)

Avaliou-se 14 progênies F_{4,5} de alface originárias do cruzamento entre as cultivares ‘Salinas 88’ e ‘Colorado’, assim como os próprios genitores, a testemunha suscetível cultivar ‘Regina 71’ e a cultivar de tomate suscetível ‘Santa Clara’, totalizando 18 tratamentos.

A cultivar ‘Salinas 88’ é do tipo crespa repolhuda (americana), porém, é pouco adaptada às condições brasileiras, normalmente não formando uma cabeça compacta, especialmente em temperaturas mais elevadas. Apresenta resistência tanto a *M. incognita* raça 1 e 2 (CARVALHO FILHO *et al.*, 2008), quanto ao *Lettuce Mosaic Virus* (STANGARLIN, 1997). A cultivar ‘Colorado’ é uma cultivar de origem europeia, com folhas de bordas crespas e de coloração roxo claro, sendo resistente ao míldio (*Bremia lactucae*). O tomate cv. ‘Santa Clara’ é altamente suscetível, desta maneira, é comumente utilizado para o cálculo de índice de reprodução, o qual é feito a porcentagem referenciando sem seus dados. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com sete blocos e cinco plantas por parcela.

Semeou-se em fevereiro de 2019, os tratamentos em copos de isopor de 120 mL, os quais estavam todos preenchidos com areia de textura média e um grama de OSMOCOTE. Para que as sementes de alface permanecessem em profundidade adequada, mesmo após a irrigação, fez-se a semeadura de três sementes em fragmentos de papel absorvente dupla face, os quais foram colocados dentro do orifício que foi feito para o depósito da semente. Sete dias após a

semeadura, realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por copinho. Realizou-se três adubações espaçadas de 15 dias, com uma mistura de adubo para fertirrigação que continha 70% de MAP e 30% de KNO₃, diluídos na proporção de 35 g da mistura em 10 litros.

Transcorridos 16 dias desde a semeadura, situação essa que as plantas já demonstravam desenvolvimento radicular, efetuou-se a inoculação de juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne incognita*. A inoculação foi realizada utilizando uma pipeta automática, que permitia o depósito da solução de J2 em dois orifícios feitos na areia, próximo ao colo da planta. A concentração de J2 utilizada foi de 1J2. cm⁻³ de areia, totalizando 120 J2 em cada copo de isopor. O inóculo foi obtido a partir da extração dos ovos em raízes de plantas de pimentão, mantidas em vasos em casa de vegetação, para a multiplicação dos mesmos. A extração dos ovos foi feita seguindo a técnica proposta por Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti e Ferraz (1981). Em seguida, procedeu-se a obtenção dos J2 montando-se uma câmara de eclosão, que consiste na deposição de ovos em uma peneira de 500 mesh com uma lâmina de água, o que permite a eclosão dos ovos.

Aos 45 dias após a inoculação iniciou-se as avaliações. Cada planta foi retirada cuidadosamente do copinho, retirando-se a areia e deixando as raízes limpas. A parte aérea de cada planta foi destacada das raízes e pesada, obtendo-se a massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA). Já as raízes foram lavadas em água parada e, posteriormente, foram secas em papel toalha e pesadas, obtendo a matéria fresca da raiz (MFR). Em seguida, cada raiz teve os ovos extraídos, de acordo com a técnica de Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti e Ferraz (1981). Feito isto, as amostras contendo os ovos foram acondicionadas em recipientes individuais e armazenadas em BOD a 8 °C.

Posteriormente, procedeu-se a contagem dos ovos para cada amostra, feita em microscópio estereoscópio de luz invertida, obtendo-se o número de ovos total por planta de alface (NOTA) e por planta de tomate (NOTT), os quais corresponderam à população final (Pf) de nematoides. De posse desses dados, foi obtido o n° de ovos por grama de raiz (NOT/MFR) e, em seguida, o índice de reprodução (IR), dado em porcentagem, que consiste na razão entre o número de ovos.g⁻¹ no sistema radicular da alface e o número de ovos.g⁻¹ no sistema radicular do tomateiro multiplicado por 100 ($IR = [(NOTA/MFR)/(NOTT/MFR)] \times 100$). Já o grau de suscetibilidade foi obtido segundo a categorização descrita por Hadisoeganda e Sasser (1982) e se baseia na porcentagem de ovos por grama de raiz apresentada pela média das plantas de cada progênie em relação à média apresentada pela testemunha suscetível 'Regina 71', sendo assim classificadas: altamente resistente (HR) quando apresentar menos de 1% de ovos em

relação à testemunha cultivar ‘Regina 71’, resistente (R) quando apresentar de 1 a 10%, moderadamente resistente (MR) quando apresentar de 10 a 25%, levemente resistente (SL) apresentando de 25 a 50% e suscetível (S) apresentando-se com porcentagem maior que 50%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias Scott-Knott, (1974), quando foi o caso. Obteve-se ainda, os parâmetros genéticos e as correlações entre as variáveis. Todas as análises foram realizadas no programa Genes versão 1990.2017.59 (CRUZ, 2013).

2.3.2 Experimento para caracterização comercial de progênies F_{4:5} de alface

A semeadura foi realizada em maio de 2018, em bandejas de poliestireno expandido de 72 células, contendo substrato comercial da marca Carolina Soil. Foram semeadas 14 progênies F_{4:5} de alface provindas do cruzamento entre as cultivares ‘Salinas 88’ e ‘Colorado’. Semeou-se também, sementes de algumas cultivares comerciais como testemunhas para os diferentes tipos comerciais, a saber, ‘Regina 71’ (alface lisa), ‘Colorado’ (alface crespa roxa), ‘Laurel’ (alface americana), ‘Verônica’ (alface crespa) e ‘Luiza’ (alface romana).

Transcorridos 30 dias após a semeadura, as mudas foram transplantadas para canteiros dispostos em ambiente protegido, no delineamento experimental de blocos casualizados com seis repetições e seis plantas por parcela, totalizando 36 plantas por tratamento. Os canteiros foram cobertos com lona plástica dupla face do tipo *mulching* com o intuito de controlar a emergência de plantas daninhas. A irrigação foi feita por gotejamento e a adubação via fertirrigação, sendo aplicado uma vez por semana 540 g de uma mistura contendo 70% de MAP e 30% de KNO₃.

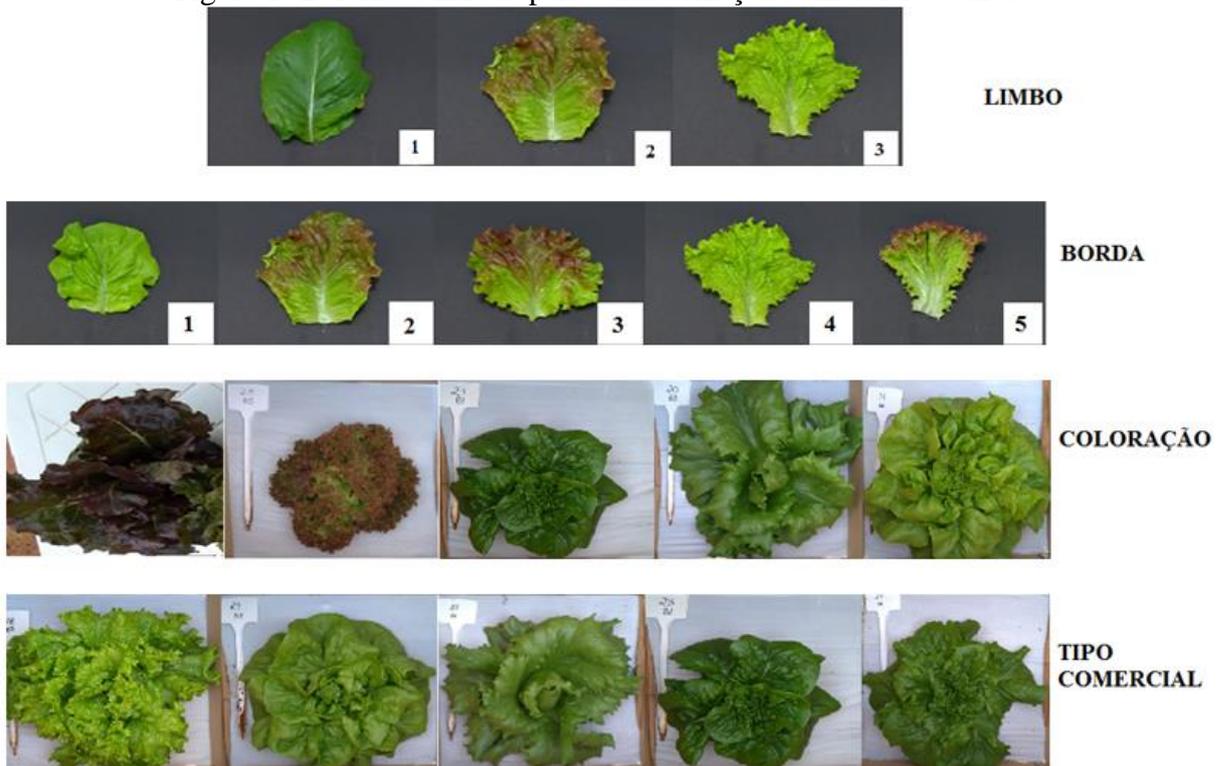
Aos 30 dias após o transplântio, foram feitas fotografias de cada planta individualmente e de folhas de cada planta. As capturas das fotos das plantas completas foram realizadas com o auxílio de uma caixa de papelão, com o intuito de reduzir o ruído na imagem causado pela sombra. Quanto às folhas, coletou-se folhas entre a 6^a e a 8^a, a contar desde o ápice da planta. Em seguida, foram levadas para uma sala na qual havia apenas uma fonte de luz, sendo a captura realizada a uma altura fixa.

Após a realização das capturas das imagens, a partir delas, quatro avaliadores analisaram as principais características comerciais, sendo, tipo de limbo, grau de lobulação da borda, coloração e classificação comercial. As avaliações foram realizadas seguindo uma escala de notas pré-estabelecida para cada característica (TABELA 2 e FIGURA 1).

Tabela 2 - Escala de notas utilizadas para avaliação de características de folhas e tipo de alface.

| Tipo de limbo | | | | |
|-----------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 1.Liso | 2. Intermediário | 3. Bolhoso | | |
| Grau de lobulação da borda | | | | |
| 1. Liso | 2. Repicado leve | 3. Repicado intermediário | 4. Repicado Forte | 5. Repicado pontudo |
| Coloração | | | | |
| 1.Roxo | 2. Mesclado | 3. Verde escuro | 4.Verde médio | 5. Verde claro |
| Classificação comercial | | | | |
| 1. Crespa | 2. Lisa | 3. Americana | 4.Romana | 5. Fora de padrão |

Figura 1- Barema utilizado para caracterização comercial de alface.



Fonte: Da autora (2020).

De posse dos resultados das avaliações, procedeu-se à análise de variância e ao teste de médias Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade. As médias das notas que caracterizou cada progênie, foram comparadas com as médias das cultivares comerciais consideradas como testemunhas para cada tipo comercial. Foram feitas ainda, uma análise de correlação e outra

dos parâmetros genéticos. Além disso, fez-se também análises de agrupamentos, utilizando-se as variáveis principais, método hierárquico de vizinhos mais próximos e o agrupamento de Tocher. Todas as análises foram realizadas no aplicativo Genes versão 1990.2017.59 (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização quanto a resistência ao nematoide das galhas *Meloidogyne incognita*

Os resultados da análise de variância quanto a resposta à resistência ao nematoide estão apresentados na Tabela 3. Verificou-se diferenças significativas para todas as características avaliadas, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), número de ovos totais por grama de raiz (NOT/MFR) e índice de reprodução (IR), indicando que existe variabilidade entre os genótipos avaliados. A precisão experimental pode ser verificada pelo valor do coeficiente de variação (CV), cujo valor espera-se, normalmente, que esteja próximo dos 20%. Este valor, no entanto, está sujeito a variações, de acordo com a característica avaliada e com os próprios tratamentos. Algumas características são mais influenciadas por fatores ambientais, como é o caso de características relacionadas à incidência de nematoides, além disso, a avaliação de diferentes genótipos eventualmente pode contribuir para maiores valores do CV, visto que a variação genética se soma à variação ambiental. Nestes casos, é provável a ocorrência de valores de CV's mais elevados.

Charchar e Moita (2005) levantam, por exemplo, a hipótese de ocorrer variação da temperatura dentro da estufa, podendo ocorrer temperaturas máximas superiores a 30 °C, o que pode comprometer diretamente tanto o desenvolvimento da alface, quanto a reprodução dos nematoides, contribuindo dessa forma para a ocorrência de valores mais elevados para o coeficiente de variação. Gomes *et al.* (2003), estudando a eficiência de diferentes características para avaliação da resistência a nematoides em alface, cujos valores de CV foram superiores a 50% para as características de n° de ovos por grama de raiz e para índice de reprodução, corroboram os resultados encontrados.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis matéria fresca (g) da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), número de ovos por grama de raiz (NOT/MFR) e índice (%) de reprodução (IR). UFLA, Lavras-MG, 2020.

| FV | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | |
|-----------|-----|------------------|-------|------------|----------|
| | | MFPA | MFR | NOT/MFR | IR |
| Genótipos | 16 | 31,15* | 5,23* | 298655,54* | 6842,00* |
| Bloco | 6 | 13,16 | 2,53 | 261656,05 | 6361,96 |
| Resíduo | 96 | 9,14 | 1,26 | 30131,53 | 448,52 |
| TOTAL | 118 | | | | |
| CV(%) | | 17,43 | 25,81 | 64,92 | 52,49 |

*significativo a 5% pelo teste F.

Considerando a característica de massa fresca da parte aérea (MFPA), o genótipo que obteve maior valor foi o genitor ‘Salinas 88’ (20,8 g), diferindo significativamente tanto do genitor ‘Colorado’, quanto da testemunha ‘Regina 71’, além das progênes, à exceção das de número 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 com valores entre 17,55 g e 20,46 g (TABELA 4). O genitor ‘Colorado’ não diferiu da testemunha ‘Regina 71’ com pesos respectivamente de 15,60 g e 14,91 g, se igualando também às demais progênes.

Provavelmente o maior valor de massa fresca da parte aérea da cultivar ‘Salinas 88’ pode estar relacionado à sua maior tolerância aos nematoides das galhas, conforme relatado pelos autores Wilchen, Garcia e Silva (2005), que, ao estudarem alfaces do tipo americana resistentes ao *Meloidogyne incognita* relataram que ‘Salinas 88’ é um material genético promissor quanto à resistência a nematoides tendo em vista os seus baixos valores de fator de reprodução 0,44 e 0,96 encontrados nos dois experimentos de seu trabalho. Além disso, a resistência da ‘Salinas 88’ foi comprovada também por Carvalho Filho, Gomes e Costa-Carvalho (2012), que trabalhando com índice de galha constataram que ela apresentou menor índice quando comparado a ‘Regina 71’ e ‘Colorado’, demonstrando assim, maior resistência. Estes resultados corroboram que a redução da massa fresca da alface realmente pode ser ocasionada pela presença dos nematoides das galhas (CARVALHO FILHO; GOMES; MALUF, 2009).

Tabela 4 – Valores médios das variáveis matéria fresca (g) da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), número de ovos por grama de raiz (NOT/MFR), índice (%) de reprodução (IR) e categorização de categorização Hadisoeganda e Sasser (HS) de 17 genótipos de alface. UFLA, Lavras-MG, 2020.

| GENÓT. | MFPA* (g) | MFR* (g) | NOT/ MFR* (ovos/g) | IR* (%) | HS (%) |
|---------------------|--------------|-------------|--------------------------|------------|------------|
| 1 | 16,05 b | 4,39 a | 242 c | 68,09 c | 24,64 (MR) |
| 2 | 17,55 a | 5,33 a | 96 c | 26,89 c | 9,72 (R) |
| 3 | 19,09 a | 4,89 a | 293 b | 82,34 b | 29,79 (SL) |
| 4 | 16,97 b | 4,14 b | 415 b | 116,50 b | 42,15 (SL) |
| 5 | 15,30 b | 3,33 b | 234 c | 65,62 c | 23,74 (MR) |
| 6 | 19,75 a | 5,28 a | 147 c | 41,24 c | 14,92 (MR) |
| 7 | 20,46 a | 4,71 a | 134 c | 37,59 c | 13,60 (MR) |
| 8 | 18,77 a | 3,89 b | 182 c | 51,19 c | 18,52 (MR) |
| 9 | 18,97 a | 3,67 b | 156 c | 43,70 c | 15,81 (MR) |
| 10 | 18,16 a | 5,94 a | 340 b | 95,39 b | 34,51 (SL) |
| 11 | 17,70 a | 3,96 b | 152 c | 42,66 c | 15,43 (MR) |
| 12 | 13,71 b | 4,14 b | 273 b | 76,71 b | 27,75 (SL) |
| 13 | 14,95 b | 4,83 a | 165 c | 46,31 c | 16,75 (MR) |
| 14 | 16,20 b | 4,72 a | 235 c | 66,08 c | 23,91 (MR) |
| Regina 71 | 14,91 b | 4,65 a | 984 a | 276,36 a | 100 (S) |
| Salinas 88 | 20,80 a | 3,95 b | 121 c | 34,08 c | 12,33 (MR) |
| Colorado | 15,60 b | 2,2 c | 377 b | 106,03 b | 38,36 (SL) |
| T. cv. Santa Clara' | 15,47 - | 8,26 - | 356 - | 100 - | 299,29 - |

Nível de resistência: HR= altamente resistente (HS < 1%), R=resistente ($1 \leq HS \leq 10\%$), MR= moderadamente resistente ($10 < HS \leq 25\%$), SL= levemente resistente ($25 < HS \leq 50\%$), S= suscetível (HS > 50%).

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5%.

Quanto à massa fresca das raízes (MFR), a testemunha 'Regina 71' se destacou, alcançando 4,65 g, diferindo dos genitores 'Salinas 88' (3,95 g) e da 'Colorado' (2,2g). Além disso a testemunha suscetível não diferiu das progênes 1, 2, 3, 6, 7, 10, 13 e 14 (TABELA 4) e as demais progênes se igualaram ao genitor 'Salinas 88'. A MFR é uma característica que pode sofrer o efeito genótipo/ambiente e ainda pode ser afetada pela quantidade de galhas que está presente no sistema radicular. A cultivar 'Regina 71', a testemunha suscetível aos nematoides, os quais atacam as raízes formando galhas que podem coalescer, ocorrendo engrossamentos e 'inchaços' nas raízes com formato arredondado (PINHEIRO *et al.*, 2013), tanto nas raízes primária quanto nas secundária, levando a um maior diâmetro das raízes, o que, eventualmente, pode contribuir para elevação de sua massa.

Estudando a incidência de galhas em progênies de alface, Carvalho Filho, Gomes e Costa-Carvalho (2012) ao comparar as cultivares ‘Salinas 88’, ‘Colorado’ e ‘Regina 71’, verificaram que a ‘Regina 71’ foi a que manifestou o maior índice (4,25, em uma escala de 1 a 5), demonstrando maior quantidade de galhas, o que pode influenciar no peso radicular dessa cultivar.

O genitor cultivar ‘Salinas 88’ obteve massa de raiz com valor intermediário de 3,95g, não diferindo das progênies 4, 5, 8, 9, 11 e 12, enquanto o genitor cultivar ‘Colorado’ apresentou o menor valor com 2,2 g, diferindo tanto das outras cultivares, quanto das progênies. A MFR é uma característica relacionada ao genótipo da cultivar e que sofre também a influência do ambiente. Em experimento como este, em que houve a infestação do substrato com nematoides, é de se esperar que haja diferentes reações, conforme o genótipo.

A cultivar ‘Colorado’, que possui folhas crespas, é considerada suscetível ao nematoide-das-galhas (OLIVEIRA, 2012), porém, aparentemente menos do que ‘Regina 71’, o que pode ter contribuído para uma resposta diferenciada. Esta cultivar não é material comercial no Brasil, porém, apresenta-se como material interessante em programas de melhoramento pela sua resistência ao míldio (*Bremia lactucae*).

O número total de ovos por sistema radicular, apesar de muitas vezes ser utilizado diretamente como parâmetro para caracterização de resistência nas avaliações para reação aos nematoides das galhas, é uma característica importante também para o cálculo de fator de reprodução e também para a obtenção do número de ovos por grama de raiz, que por sua vez é utilizado para obtenção do índice de reprodução (CARVALHO FILHO; GOMES; COSTA-CARVALHO, 2012). Ambas são características de grande importância na definição de materiais para a seleção.

Neste trabalho, não se considerou o fator de reprodução (Pf/Pi), pois o mesmo é uma relação entre o número de ovos encontrados por sistema radicular (população final de ovos= Pf) e o número total de ovos encontrados no início da infestação (população inicial= Pi), sejam oriundos de infestação natural no solo ou de infestação artificial em recipientes como vasos, bandejas etc. Neste trabalho a infestação foi feita diretamente com juvenis do segundo estágio (J2) e não com ovos.

Em relação ao número de ovos por grama de raiz (NOT/MFR), observa-se que a cultivar suscetível ‘Regina 71’, como seria esperado, apresentou o maior número de ovos (984 ovos.g de raiz⁻¹) diferindo significativamente da cultivar ‘Colorado’, que apesar de ser também considerada suscetível, apresentou 377 ovos.g de raiz⁻¹, valor intermediário quando comparado

com a cultivar resistente ‘Salinas 88’, que apresentou o menor número de ovos (121 ovos.g de raiz⁻¹) (TABELA 4).

Esta é uma característica que está intimamente ligada ao material genético e pode-se verificar, em alguns trabalhos, que existe uma variação na tolerância aos nematoides em alface, sendo que alguns deles demonstram uma maior tolerância de cultivares de folhas crespas, como é o caso da cultivar ‘Colorado’, em relação às cultivares de folhas lisas, como é o caso da ‘Regina 71’. Charchar (1991) observou que, em condições de campo, as cultivares de alface do tipo lisa, quando comparadas com as do tipo crespa, são mais afetadas por nematoides das galhas, principalmente quando cultivadas em solos infestados em épocas de temperaturas e umidades do solo mais elevadas. Quanto às progênies, as de número 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 e 14 manifestaram maior resistência, não diferindo significativamente da cultivar ‘Salinas 88’, destacando-se a progênie 2, que apresentou apenas 96 ovos.g de raiz⁻¹ (TABELA 4).

O IR tem como padrão de comparação uma cultivar de tomate suscetível, sendo as porcentagens obtidas em relação a este padrão. Desta forma, valores de reprodução superiores a 100% indicam que os materiais são mais suscetíveis que o tomate, portanto, são considerados bons hospedeiros dos nematoides, com alta suscetibilidade. Por outro lado, valores menores que 100% indicam hospedabilidade inferior e maior resistência do material. Valores acima de 100% foram demonstrados apenas pelo genitor ‘Colorado’ (106,03%) e pela progênie de número 4 (116,50%). As outras progênies, juntamente com o genitor resistente, cultivar ‘Salinas 88’ apresentaram valores inferiores a 100%, sendo o menor índice o da progênie de número 2 (26,89%), seguida da cultivar ‘Salinas 88’ (34,08%). As outras progênies apresentaram valores entre 57,39% a 95,59% (TABELA 4).

Para a característica de índice de reprodução (IR), verifica-se que a cultivar testemunha ‘Regina 71’ apresentou valor de 276,36%, diferindo significativamente do genitor ‘Colorado’, com valor de 106,03%, que por sua vez diferiu também do genitor ‘Salinas 88’, cujo valor foi de 34,08%. Verifica-se ainda, que as progênies 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11 e 13 apresentaram comportamento semelhante ao genitor resistente cultivar ‘Salinas 88’, enquanto as progênies 3, 4, 10, 12 e 14 não diferiram do genitor ‘Colorado’, não havendo nenhuma progênie semelhante à testemunha ‘Regina 71’ (TABELA 4).

Segundo a classificação de Hadisoeganda e Sasser (HS) nenhum dos genótipos estudados apresentou-se altamente resistente (HR), porém, a progênie de número 2 apresentou-se como sendo resistente (R) e as progênies 1, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 e 14 mostraram-se moderadamente resistentes (MR), semelhantes ao genitor cultivar Salinas 88’. Já o outro

genitor, a cultivar ‘Colorado’, classificou-se como levemente resistente (SL), assim como as progênies 3, 4, 10 e 12 (TABELA 4). Pinheiro *et al.* (2014) ao avaliarem cultivares de alface para resistência ao nematoide-das galhas considerando o índice de galhas, também observaram que a cultivar ‘Salinas 88’ foi caracterizada como moderadamente resistente.

Nota-se que a classificação de Hadisoeganda e Sasser, que utiliza como padrão de suscetibilidade a alface suscetível ‘Regina 71’, posicionou as progênies de forma semelhante à classificação dos genitores de acordo com os testes de médias, tanto para número de ovos por grama de raiz, que utiliza a própria planta como padrão, quanto para índice de reprodução, que utiliza o tomate suscetível ‘Santa Clara’ como padrão de suscetibilidade. A exceção foi para a progênie de número 2, que não diferiu da cultivar resistente ‘alinas 88’ pelos testes de médias, porém, foi classificada com maior nível de resistência de acordo com Hadisoeganda e Sasser.

A utilização de critérios diferentes de classificação é importante, pois é possível confirmar com maior margem de segurança, a reação de resistência de cada material e fazer uma seleção mais criteriosa. Desta forma, considerando-se as diferentes características relacionadas à resistência aos nematoides, destacam-se com maior nível de resistência as progênies de número 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 e 14, podendo ser consideradas como materiais promissores para seleção.

Ao analisar os parâmetros genéticos e ambientais (TABELA 5) observa-se que a variação ambiental foi baixa, ou seja, a variação genotípica apresenta valores superiores indicando que a variabilidade fenotípica existente entre as progênies é devida majoritariamente a efeitos genéticos. Desta forma, o melhorista pode obter maiores ganhos na seleção dos melhores indivíduos.

Tabela 5 – Parâmetro genético e ambiental da matéria fresca (g) da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), número de ovos por grama de raiz (NOT/MFR) e índice (%) de reprodução (IR) de 17 genótipos de alface. UFLA, Lavras-MG, 2020.

| PARÂMETRO GENÉTICO E AMBIENTAL | MFPA | MFR | NOT/ MFR | IR |
|---------------------------------------|-------|-------|----------|--------|
| Variância Fenotípica (média) | 4,45 | 0,75 | 42665,08 | 977,43 |
| Variância ambiental (média) | 1,31 | 0,18 | 4304,50 | 64,07 |
| Variância Genotípica (média) | 3,14 | 0,56 | 38360,57 | 913,35 |
| Herdabilidade (%) | 70,64 | 75,87 | 89,91 | 93,44 |
| Correlação interclasse (%) | 25,58 | 30,99 | 56,01 | 67,07 |
| Coefficiente de variação genético (%) | 10,22 | 17,3 | 73,25 | 74,89 |
| Razão Cvg/Cve | 0,59 | 0,67 | 1,13 | 1,43 |

Quanto à herdabilidade, no sentido amplo, outro parâmetro que auxilia a prever os ganhos de seleção, pois quantifica a representação do fenótipo em relação ao genótipo, nota-se valores relativamente elevados para todas as características (TABELA 5). Do ponto de vista da seleção, pode-se dar preferência para a característica de índice de reprodução como forma de identificação dos indivíduos superiores, visto esta característica ter apresentado herdabilidade mais elevada.

Cruz (2005) relata que o sucesso do melhoramento genético, independentemente do caráter, requer que este, por obrigação, seja herdável, e ainda, que haja variação na população onde será trabalhada a seleção. Estudos anteriores (GOMES, 1999; AZEVEDO, 2000) evidenciaram que o caráter de resistência ao nematoide das galhas em alface tem efeito aditivo, com herdabilidade alta, tanto no sentido amplo quanto restrito. Ainda, Carvalho Filho *et al.* (2011) relataram que, avaliando a incidência de galhas em progênies F₄ oriundas do cruzamento entre as cultivares Grand Rapids e ‘Salinas 88’, foi possível fazer a seleção de genótipos superiores, principalmente pelo fato de ter apresentado uma alta herdabilidade, de 74% na média das progênies.

Outro parâmetro que deve ser considerado diz respeito à razão entre os coeficientes de variação genética e experimental (CVg/CVe), a qual deve tender para 1 ou mais, segundo Vencovsky (1987), o que favorece melhores condições de seleção. As variáveis que apresentam valores que atendem a esta premissa são nº de ovos por grama (1,13) e índice de reprodução (1,43). Desta forma, é possível prever que as seleções feitas de acordo com estas características, especialmente o índice de reprodução, que apresenta valor superior,

provavelmente permitirão maior ganho de seleção e, conseqüentemente, a obtenção de genótipos superiores (TABELA 5).

A correlação, por outro lado, é um parâmetro que reflete o grau de associação entre os caracteres, sendo importante o seu conhecimento porque mostra como a seleção para um caráter interage na expressão de outro (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Dentre os valores de correlação, as variáveis associadas que se destacaram positivamente e em valor absoluto foram NOT/MFR e IR, cujo valor de correlação genotípica foi de 0,9799 e fenotípica de 0,9624 (TABELA 6) sendo os que mais se aproximaram de um.

Tabela 6 – Correlação genotípica (acima do valor 1 na diagonal) e fenotípica (abaixo do valor 1 na diagonal) para as características de matéria fresca (g) da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), número de ovos por grama de raiz (NOT/MFR) e índice (%) de reprodução (IR) de 17 genótipos de alface. UFLA, Lavras-MG, 2020.

| CORRELAÇÃO GENOTÍPICA/FENOTÍPICA | MFPA | MFR | NOT/ MFR | IR |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| MFPA | 1 | 0,1789 ^{ns} | -0,5603* | -0,5600* |
| MFR | 0,2345 ^{ns} | 1 | 0,0372 ^{ns} | 0,0372 ^{ns} |
| NOT/MFR | -0,4470* | -0,0214 ^{ns} | 1 | 0,9799* |
| IR | -0,4468* | 0,2215 ^{ns} | 0,9624* | 1 |

Valores de correlação acompanhados por ‘*’ significativo e ‘ns’ não significativo

Silva (2018), ao caracterizar progênies F_{3:4} de alface oriundas do mesmo cruzamento utilizado neste trabalho, obteve resultados que corroboram os aqui encontrados, cujos valores foram de 1,00 para correlação genotípica e de 0,98 para correlação fenotípica para as mesmas características destacadas neste trabalho. Infere-se a partir destes resultados, que em trabalhos futuros poderá ser utilizada apenas uma das características no processo de seleção, o que permite poupar mão de obra e tempo.

Para as outras características não ocorreram valores altos de correlação, no entanto, observou-se valores relativamente mais elevados e negativos para correlação genotípica (-0,5603) e fenotípica (-0,4470) entre massa fresca da parte aérea e número de ovos por grama de raiz, bem como para correlação genotípica (-0,5600) e fenotípica (-0,4468) entre massa fresca da parte aérea e índice de reprodução. A correlação negativa, neste caso, confirma que a ocorrência dos nematoides leva a uma redução na parte aérea das plantas, tendo em vista que provocam o nanismo das plantas, amarelecimento, cabeças de alface menores, mais leves e folhas mais soltas e murchas (PINHEIRO et al., 2013).

3.2 Caracterização comercial de progênies F_{4:5} de alface

A análise de variância para as características de coloração (COR), tipo comercial (TC), borda (BOR) e limbo (LIM) mostrou diferenças significativas para todas as características (TABELA 7), indicando variabilidade entre os genótipos. A precisão experimental pode ser verificada pelo coeficiente de variação (CV), quando normalmente espera-se que seu valor esteja próximo aos 20%. Verifica-se, portanto, boa precisão experimental para todas as características, apesar do valor de CV de 31,14 % para a característica de borda, o que pode ser justificado pelo fato da existência de diferenças genotípicas entre os materiais, o que influencia a expressão fenotípica, levando a uma maior variação no gradiente da lobulação das folhas (SALA, 2011).

Tabela 7 – Resumo da análise de variância para as características de coloração (COR), tipo comercial (TC), borda (BOR) e limbo (LIM). UFLA, Lavras-MG, 2020.

| FV | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | |
|------------|-----|------------------|--------|-------|--------|
| | | COR | TC | BOR | LIM |
| Tratamento | 19 | 6,48 * | 6,17 * | 5,21* | 1,12 * |
| Bloco | 5 | 0,41 | 2,69 | 0,27 | 0,26 |
| Resíduo | 95 | 0,31 | 0,51 | 0,66 | 0,14 |
| TOTAL | 119 | | | | |
| CV(%) | | 17,72 | 21,46 | 31,14 | 16,67 |

*significativo a 5% pelo teste F.

Ao estudar a coloração, notou-se que nenhuma das progênies apresentou a coloração verde claro, que pode ser notada somente para as testemunhas ‘Regina 71’ e ‘Verônica’. Também não houve nenhuma progênie classificada como roxa. Quanto à tonalidade verde médio, esta pode ser observada nas progênies 2, 5, 13 e 14, assim como nas testemunhas cultivar ‘Salinas 88’ 88 e ‘Laurel’. A cor verde escura, padrão da cultivar ‘Luiza’, pode ser observada nas progênies 3, 4, 10 e 12. E por fim, com a coloração mesclada temos o genitor ‘Colorado’ e as progênies 1, 6, 7, 8, 9 e 11 (TABELA 8). Verifica-se, portanto, que as progênies apresentaram gradiente de coloração semelhante a cada um dos genitores e intermediária a estes, resultado esperado, em vista de não ter sido feita nenhuma seleção prévia para coloração, existindo progênies segregantes.

Tabela 8 – Valores médios das notas de coloração (COR), tipo comercial (TC), borda (BOR) e limbo (LIM) de 20 genótipos de alface. UFLA, Lavras-MG, 2020.

| GENÓTIPO | COR* | TC* | BOR* | LIM* |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2,46 d | 3,75 a | 2,54 d | 2,17 c |
| 2 | 3,71 b | 4,46 a | 3,17 c | 2,46 b |
| 3 | 3,46 c | 3,96 a | 2,88 c | 2,08 c |
| 4 | 3,29 c | 3,79 a | 2,17 d | 2,46 b |
| 5 | 3,63 b | 4,04 a | 1,63 e | 1,79 c |
| 6 | 2,0 d | 2,54 c | 2,75 c | 2,17 c |
| 7 | 1,96 d | 3,71 a | 3,38 c | 2,5 b |
| 8 | 1,83 d | 3,54 a | 2,33 d | 2,5 b |
| 9 | 1,88 d | 3,67 a | 2,42 d | 1,96 c |
| 10 | 3,25 c | 3,88 a | 2,29 d | 2,33 b |
| 11 | 1,54 d | 3,75 a | 2,75 c | 2,38 b |
| 12 | 3,25 c | 2,83 b | 3,17 c | 2,46 b |
| 13 | 4,0 b | 4,33 a | 2,54 d | 2,21 c |
| 14 | 3,71 b | 4,29 a | 3,08 c | 2,5 b |
| Regina 71 | 5,0 a | 2,0 c | 1,0 e | 2,0 c |
| Salinas 88 | 4,0 b | 3,0 b | 2,0 d | 2,0 c |
| Laurel | 4,0 b | 3,0 b | 2,0 d | 2,0 c |
| Colorado | 2,0 d | 1,0 d | 5,0 a | 3,0 a |
| Verônica | 5,0 a | 1,0 d | 4,0 b | 3,0 a |
| Luiza | 3,0 c | 4,0 a | 1,0 e | 1,0 d |

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5%

Quanto ao tipo comercial, neste trabalho, a maioria das progênes apresentou semelhança com o tipo romana, caracterizado pela cultivar ‘Luiza’, com exceção das progênes 12 que se assemelhou às cultivares ‘Salinas 88’ e ‘Laurel’, que são do tipo americana, e a progênie 6 que não diferiu da cultivar ‘Regina 71’ que é do tipo lisa (TABELA 8). Segundo Sala e Costa (2016) a alface romana no Brasil não apresenta áreas significativas de plantio, porém, nos EUA e na Europa, está entre os tipos mais consumidos, podendo dessa forma, ser uma tendência para o melhoramento da alface em nosso país.

Se tratando da característica borda, a progênie 5 apresentou borda lisa à semelhança das cultivares ‘Regina 71’ e ‘Luiza’. As progênes 1, 4, 8, 9, 10 e 13 apresentaram grau de lobulação classificado como repicado leve, semelhante às cultivares Salinas 88’ e ‘Laurel’. As demais progênes 2, 3, 6, 7, 11 e 12 apresentaram borda do tipo repicado intermediário, não se enquadrando em nenhum tipo comercial (TABELA 8). Sala e Costa (2012) relatam que há alguns anos a preferência de mercado era por alface do tipo lisa, porém, dos anos de 1990 em diante, esta preferência veio sendo substituída por alfaces dos tipos crespa e americana.

Quanto ao tipo de limbo, as progênies 1, 3, 5, 6, 9 e 13 foram semelhantes às cultivares ‘Regina 71’, ‘Salinas 88’ e ‘Laurel’ que apresentam tipo de limbo intermediário. As demais progênies 2, 4, 7, 8, 10, 11, 12 e 14 apresentaram fenótipo entre intermediário e bolhoso. Verifica-se, desta maneira, que em próximas avaliações seria interessante ampliar a escala quanto à classificação do limbo, para se obter uma caracterização mais precisa. As cultivares ‘Colorado’ e ‘Verônica’ foram as que apresentaram as notas mais elevadas, sendo assim, classificadas como limbo bolhoso, típico do grupo varietal crespa (TABELA 8).

Ao avaliar os parâmetros genéticos e ambientais, nota-se que a variação ambiental foi igual ou menor do que 0,11 (TABELA 9), sendo considerada baixa para todas as características, levando-se em conta os valores da variância fenotípica. Por outro lado, a variação genotípica apresentou valores elevados, indicando que a variabilidade existente entre as progênies é advinda majoritariamente dos efeitos genéticos. De Souza *et al.* (2008) comentam que os requisitos básicos para o melhoramento genético são a existência da variabilidade e que uma fração dessa variabilidade seja de origem genética. Desta maneira, o melhorista tem maior precisão quando da escolha dos materiais genéticos, visto que a característica estará sendo pouco influenciada pelo ambiente.

Tabela 9 – Parâmetros genético e ambiental para as características de coloração (COR), tipo comercial (TC), borda (BOR) e limbo (LIM) de folhas de 20 genótipos de alface. UFLA, Lavras-MG, 2020.

| PARÂMETRO GENÉTICO E AMBIENTAL | COR | TC | BOR | LIM |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Variância Fenotípica (média) | 1,08 | 1,02 | 0,87 | 0,19 |
| Variância ambiental (média) | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,02 |
| Variância Genotípica (média) | 1,03 | 0,94 | 0,76 | 0,16 |
| Herdabilidade (%) | 95,19 | 91,69 | 87,38 | 87,49 |
| Correlação interclasse | 76,75 | 64,78 | 53,57 | 53,82 |
| Coefficiente de variação genético | 32,2 | 29,11 | 33,45 | 17,99 |
| Razão CVg/CVe | 1,82 | 1,36 | 1,08 | 1,08 |

Ao calcular o valor da herdabilidade, o qual confirma o quanto da variação é devida ou influenciada pelos efeitos genéticos, obteve-se valores elevados para todas as características avaliadas. Valores elevados indicam maior possibilidade de sucesso na seleção, o que é de grande importância na obtenção de novos genótipos (TABELA 9).

Custódio *et al.* (2012) relatam que conhecer o tamanho da herdabilidade e a natureza dos genes envolvidos na manifestação do caráter possibilita a predição de ganhos genéticos e

do potencial da população a ser melhorada. A exemplo da característica de coloração, já é sabido que esta é devida principalmente aos teores de clorofila e antocianina nas folhas. Oliveira (2019) estudando cinco cruzamentos contrastantes para coloração, encontrou valores de herdabilidade para teor de clorofila que variaram de 3,51% a 89,68%, mostrando assim, que em alguns cruzamentos o efeito ambiental pode ter maior ou menor influência na manifestação do fenótipo.

Além das características estudadas apresentarem alta herdabilidade e terem a variação proveniente em grande parte dos efeitos genéticos, ao estudar a relação entre os coeficientes de variação genético e experimental (CV_g/CV_e), nota-se que os valores foram superiores a um, confirmando a possibilidade de ganhos no processo de seleção (TABELA 9). Vencovsky (1987) afirma que, quando a razão entre CV_g e o coeficiente de variação experimental (CV_e) tende a 1 ou mais, ocorre uma situação adequada para se obterem ganhos na seleção.

Ao avaliar as correlações entre as diferentes características, as que apresentaram valores positivos e mais altos foram borda e limbo, com correlação genotípica de 0,9012 e fenotípica de 0,8340 (TABELA 10), podendo-se inferir que as duas características apresentam correspondência entre si, de tal forma que genótipos com folhas de limbo bolhoso tendem a ter borda do tipo repicado forte. Desta forma, em próximos estudos, a avaliação de uma das características será suficiente para a caracterização do genótipo quanto às duas características.

Em relação às outras características, todas as correlações apresentaram valores negativos, indicando que a elevação da nota para uma característica, tende à diminuição da nota para a outra característica. Alguns valores são de baixa magnitude, como limbo e coloração (-0,0773 e -0,0548) para correlação genotípica e fenotípica respectivamente, e borda e coloração (-0,2896 e -0,2446) para correlação genotípica e fenotípica, respectivamente, indicando que os materiais de limbo mais bolhoso e/ou de borda mais repicada tendem a apresentar coloração mais escura. Outros valores de correlação apresentam magnitude relativamente mais alta, próxima de -0,5 como é o caso de tipo comercial e borda (correlações genotípica e fenotípica de -0,4568 e -0,4150, respectivamente) e tipo comercial e limbo, com valores de -0,4823 e -0,4406 para correlações genotípica e fenotípica, respectivamente. Neste caso, verifica-se que plantas de alface com limbo mais bolhoso e/ou borda mais repicada, tendem para o tipo comercial crespa, conforme caracterização proposta por Filgueira (2008), que é uma característica da cultivar 'Verônica'.

Para as correlações de tipo comercial e cor, não é esperada uma correlação passível de ser interpretada do ponto de vista fenotípico, já que entre as cultivares de alface existem tipos

comerciais semelhantes, porém, com colorações diferentes. É o caso, por exemplo, da alface do tipo crespa, que tem limbo bolhoso e borda repicada, podendo, no entanto, apresentar colorações desde roxo escuro (cultivar Red Star), passando por mesclado (cultivar ‘Colorado’) até verde claro (cultivar ‘Verônica’).

Tabela 10 – Correlação genotípica (acima do valor 1 na diagonal) e fenotípica (abaixo do valor 1 na diagonal) para as características de coloração (COR), tipo comercial (TC), borda (BOR) e limbo (LIM) de 20 genótipos de alface. UFLA, Lavras-MG, 2020.

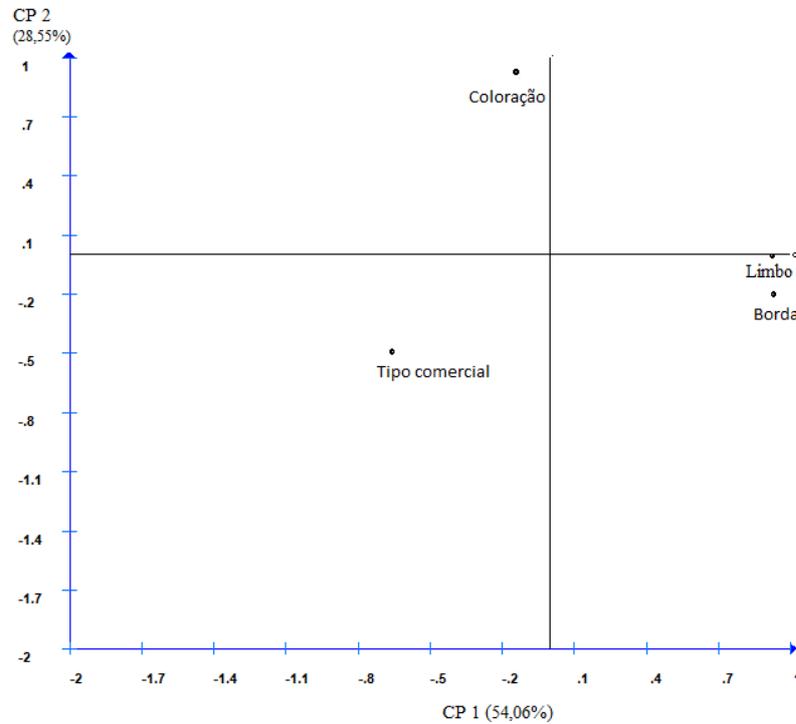
| CORRELAÇÃO | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| GENOTÍPICA/FENOTÍPICA | COR | TC | BOR | LIM |
| COR | 1 | -0,1693 ^{ns} | -0,2896 ^{ns} | -0,0773 ^{ns} |
| TC | -0,1678 ^{ns} | 1 | -0,4568* | -0,4823* |
| BOR | -0,2446 ^{ns} | -0,4150* | 1 | 0,9012* |
| LIM | -0,0548 ^{ns} | -0,4406* | 0,8340* | 1 |

Valores de correlação acompanhados por ‘*’ significativo e ‘ns’ não significativo

Em programas de melhoramento que buscam caracterizar materiais genéticos, é comum a utilização de diversas variáveis, visando um detalhamento mais completo dos genótipos. Porém, no momento da seleção, pode-se deparar com um número relativamente grande de caracteres que eventualmente tornam mais difícil o processo de escolha. Desta forma, existem métodos que auxiliam no entendimento deste grande número de informações, permitindo maior clareza e até mesmo redução da mão de obra, com possibilidade de escolha mais assertiva. Nestes casos, a análise de agrupamento surge como ferramenta importante a ser utilizada.

Considerando a análise dos componentes principais, notou-se que as características com maior importância em relação à variância foram borda (54,06%) e coloração (28,55%), sendo responsáveis por 82,61% da variância (FIGURA 2). Segundo Cruz (2006), as variáveis de maior peso nos primeiros autovetores são consideradas de maior importância para o estudo de diversidade quando o valor explica no mínimo 80% da variação disponível. Caso contrário, se as duas primeiras não expressarem os 80% da variância, deve-se partir para a terceira variável, plotando um gráfico tridimensional.

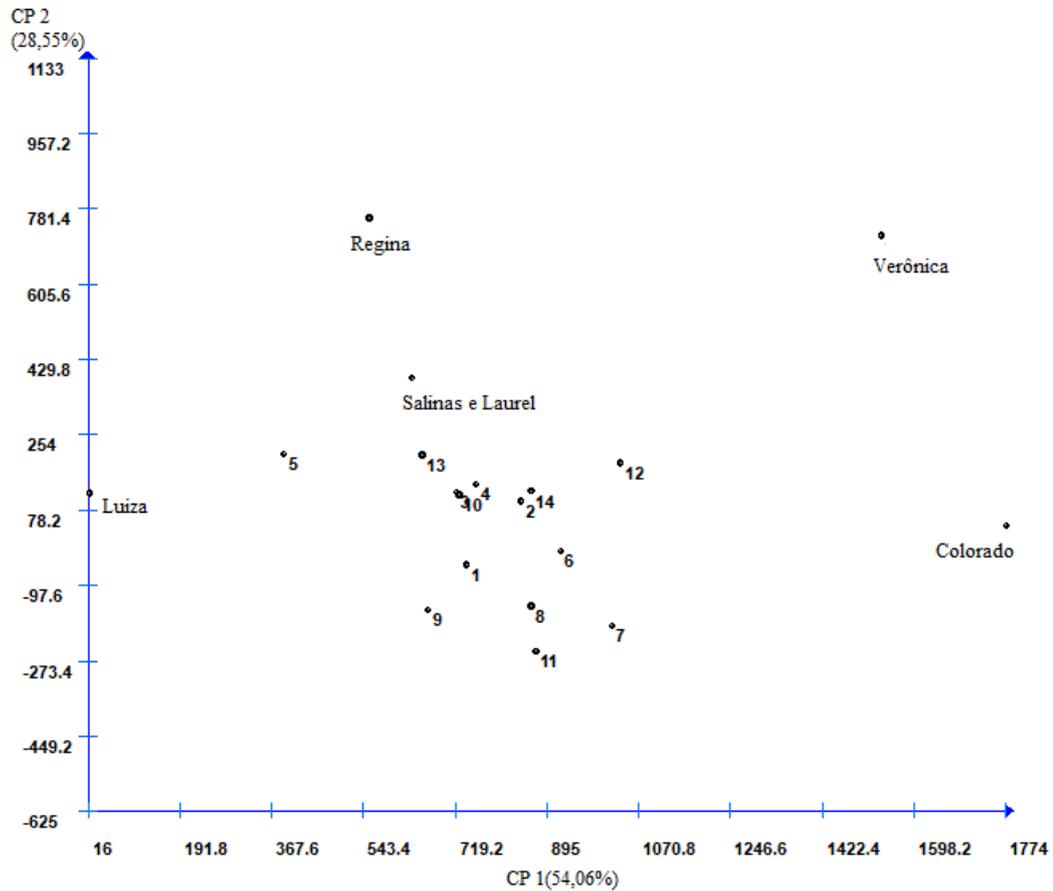
Figura 2 - Dispersão bidimensional dos dois primeiros componentes principais, com base na matriz de distância generalizada de Mahalanobis. UFLA, Lavras-MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

Ao realizar a dispersão gráfica dos escores dos genótipos com base na matriz de distância generalizada de Mahalanobis (FIGURA 3), é possível identificar cinco grupos. No grupo I encontra-se a cultivar 'Luiza', com padrão comercial tipo romana de coloração escura e borda lisa. No grupo II encontram-se as cultivares 'Regina 71', alface de folhas lisas, coloração verde claro e borda lisa. No grupo III encontram-se as cultivares do tipo americana, o genitor Salinas 88' e a testemunha 'Laurel', além de todas as progêneses, para as quais predominou, portanto, coloração verde médio e borda repicada leve. No grupo IV destaca-se a testemunha, cultivar 'Verônica', que é do tipo crespa, ou seja, borda repicada forte e tonalidade verde claro. Por fim, no grupo V encontra-se o outro genitor, a cultivar 'Colorado', alface crespa de coloração mesclada e borda do tipo repicado pontudo. Considerando estes resultados, verifica-se que os genitores, cultivares 'Salinas 88' e 'Colorado', são contrastantes, permitindo assim, a liberação de variabilidade genética para seleção. Por outro lado, o maior agrupamento das progêneses no grupo III, do tipo americana, se justifica, já que o trabalho envolve progêneses avançadas com seleção para coloração verde médio e borda repicada leve, características encontradas normalmente em material do tipo americana.

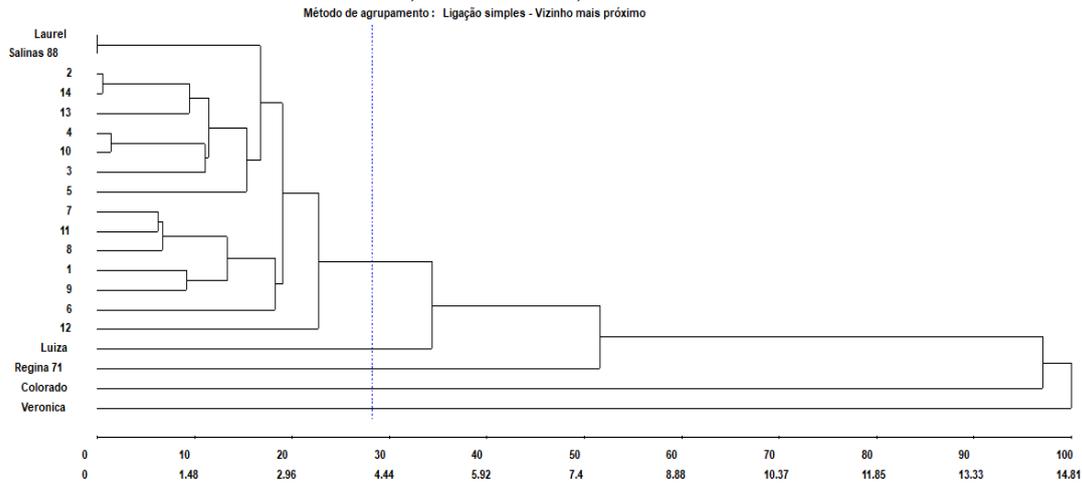
Figura 3 - Dispersão gráfica dos escores dos dois primeiros componentes principais, com base na matriz de distância generalizada de Mahalanobis. UFLA, Lavras-MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

No agrupamento dos vizinhos mais próximos (FIGURA 4), também houve a formação de cinco grupos, os quais foram concordantes com o agrupamento feito pelas variáveis principais (FIGURA 3). Essa semelhança quanto ao agrupamento deve-se ao fato de os testes serem feitos com base na distância de Mahalanobis, utilizando de mesma matriz de dissimilaridade.

Figura 4 - Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade de 20 progênies de alface obtido pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis. UFLA, Lavras-MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

Quando feito o agrupamento pelo método de otimização Tocher, pode-se observar que também houve a formação de cinco grupos, como nos métodos anteriores, porém, os constituintes destes grupos estão agrupados de forma diferenciada (TABELA 11). Azevedo *et al.* (2013) avaliando genótipos de alface para o cultivo protegido e utilizando a comparação das análises multivariadas para ver a divergência genética, notaram que no método de Tocher os agrupamentos corroboram as análises das variáveis principais e divergem da análise dos vizinhos mais próximos. Essa diferença encontrada entre os dois trabalhos pode estar relacionada à variável que classifica cada genótipo em seu grupo varietal, pois o autor citado anteriormente não fez essa caracterização, o que pode ter influenciado nos diferentes agrupamentos dos métodos.

Tabela 11- Agrupamento de 20 progênies de alface utilizando o método de Tocher, com base na matriz de distância generalizada de Mahalanobis. UFLA, Lavras-MG, 2020.

| GRUPO | PROGÊNIE (S) |
|-------|---|
| 1 | Regina 71, Colorado, Luiza, 11, Verônica, 7, 13 |
| 2 | 8, Laurel, 2, 6, 5, 9, Salinas 88 |
| 3 | 1, 14, 12 |
| 4 | 3, 4 |
| 5 | 10 |

4 CONCLUSÕES

As progênies de número 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 e 14 apresentaram menor número de ovos, menor índice de reprodução, e foram classificadas como moderadamente resistentes e resistente (progênie de número 2), podendo ser utilizadas em programas de melhoramento para resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita*.

A utilização da característica de índice de reprodução no processo de seleção permitirá maiores ganhos, pois foi a que apresentou maior valor para herdabilidade no sentido amplo (93,44 %) e maior valor para a razão coeficiente de variação genético e experimental (1,43).

As correlações genotípicas e fenotípicas com valores relativamente altos e negativos entre a característica de massa fresca da parte aérea e as características de número de ovos por grama de raiz e de índice de reprodução, mostram que houve redução na massa fresca da parte aérea em função da maior ocorrência dos nematoides.

A herdabilidade no sentido amplo foi alta para todas as características comerciais, indicando possibilidade de ganhos com a seleção.

As características de borda e limbo apresentaram correlação alta, podendo ser utilizada apenas uma delas no processo de seleção, obtendo-se ganhos na outra.

Os métodos de agrupamento evidenciaram que as progênies se caracterizaram mais proximamente como do tipo americana.

As progênies 2, 5, 6, 8 e 9 apresentam-se promissoras para se avançar na seleção de materiais que possam dar origem a novas linhagens de alface do tipo americana e resistentes ao nematoide *Meloidogyne incognita*.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. M. *et al.* Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 260-265, 2013.
- AZEVEDO, S. M. *et al.* Herança da reação de resistência ao nematoide de galha em alface. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 629-630, 2000.
- BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 1, p. 99-105, 2009.
- BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 3, p. 553, 1981.
- CARVALHO FILHO, J. L. *et al.* Parâmetros populacionais e correlação entre características da resistência a nematoides de galhas em alface. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 46-51, 2011.
- CARVALHO FILHO, J. L. S. de; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R. Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F4 de alface do cruzamento 'Regina 71' 71 x Salinas 88'. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 37-42, 2009.
- CARVALHO FILHO, J. L. S. *et al.* Inheritance of resistance of Salinas 88' lettuce to the root knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 279-289, 2008.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; GOMES, L.A.A.; COSTA-CARVALHO, R.R. Incidência de galhas de *Meloidogyne incognita* raça 1 em progênies de F2: 3 ('Salinas 88' x 'Colorado') de alface. **Scientia Plena**, v. 8, n. 2, p. 1-7, 2012.
- CHARCHAR, J. M. Comportamento de cultivares de alface a infecção por nematoides de galhas. **Horticultura Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 35, 1991.
- CHARCHAR, J. M.; MOITA, A. W. **Metodologia para seleção de hortaliças com resistência à nematóides: alface/*Meloidogyne spp.*** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. (COMUNICADO TÉCNICO 27).
- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005.
- _____. **Programa Genes-Análise Multivariada e Simulação**. Viçosa: UFV, 2006.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. V. 2.
- CRUZ, C. D.; GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CUSTÓDIO, T. N. *et al.* Meta-análise para estimativas de herdabilidade de características do desenvolvimento e produção do *Coffea canephora* Pierre. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n.1, p. 2501-2509, 2012.

DE SOUZA, M. D. C. M. de. *et al.* Variabilidade genética para características agronômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 354-358, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008.

GOMES, L. A. A. **Herança da resistência da alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Grand Rapids ao nematoide de galhas *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood**. 1999. 70 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Lavras, MG, 1999.

GOMES, L. A. A. *et al.* **Eficiência de diferentes características para avaliação da resistência a nematóides em alface**. Recife: ABHorticultura, 2003.

HADISOEGANDA, W. W.; SASSER, J. N. Resistance of tomato, bean, southern pea, and garden pea cultivars to root-knot nematodes based on host suitability. **Plant Disease**, v. 66, n. 2, p. 145-150, 1982.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. (COMUNICADO TÉCNICO 75).

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods collecting inocula of *Meloidogyne spp.* Including a new technique. **Plant Disease Report.**, v. 57, n. 12, p. 1025-1028, 1973.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; REIS, A. **Doenças da alface**. 1. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2010.

OLIVEIRA, A. H. G. de. **Estimativas de parâmetros genéticos para pigmentos foliares e caracteres agronômicos em diferentes populações de alface**. 2019. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2019.

OLIVEIRA, M. S. de. **Caracterização de famílias F3 de alface americana quanto à resistência ao míldio e aos nematoides das galhas e aspectos comerciais**. 2012. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

PINHEIRO, J. B. *et al.* Manejo de nematoides na cultura da alface. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. (CIRCULAR TÉCNICA 124).

PINHEIRO, J. B. *et al.* **Avaliação preliminar de cultivares de alface para resistência ao nematoides das galhas (*Meloidogyne spp.*)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. (BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 103).

- SALA, F. C. Melhoramento genético de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 5813-5817, 2011.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira Retrospective and trends of Brazilian lettuce crop. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Melhoramento de alface. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de Hortaliças**. Viçosa: UFV, 2016.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D. C., v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.
- SILVA, S. **Caracterização de progênies de alface quanto à tolerância ao vírus do mosaico da alface e ao nematoide das galhas e características agronômicas em sistema orgânico**. 2018. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2018.
- STANGARLIN, O. S. **Variabilidade de vírus do mosaico da alface e comportamento de cultivares tolerantes de alface (*Lactuca sativa L.*)**. 1997. 72 p. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 1997.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987.
- WILCKEN, S. R. S.; GARCIA, M. J. M.; SILVA, N. Resistência de alface do tipo americana a *Meloidogyne incognita* raça 2. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 267-271, 2005.