



CARLOS HENRIQUE DE SOUZA

**HETEROSE PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM
HÍBRIDOS DE ALFACE**

LAVRAS - MG

2022

CARLOS HENRIQUE DE SOUZA

**HETEROSE PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM
HÍBRIDOS DE ALFACE**

Monografia apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso de
Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira.

Orientador

Pesq. Dr. Orlando Gonçalves Brito

Coorientador

LAVRAS – MG

2022

*Aos meus pais Maria de Lourdes e Antônio Carlos,
minhas irmãs Jéssica e Flávia e aos meus
sobrinhos Cecília, Sophia, Luiz e João. Minha
imensurável fonte de incentivo, inspiração e
sorrisos durante a graduação.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Antônio Carlos e Maria de Lourdes, razão da minha existência e perseverança por todo o suporte, amor, companheirismo e ensinamentos.

Às minhas irmãs, Flávia e Jéssica, pela ajuda, amor e companheirismo.

Aos meus sobrinhos, Luiz Otávio, João Pedro, Sophia e Cecília, pelo carinho, amor, incontáveis sorrisos e por serem o objetivo da minha luta por um mundo melhor.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira e ao meu Coorientador Pesq. Dr. Orlando Gonçalves Brito pelo profissionalismo, pela orientação, atenção e ajuda.

Aos meus amigos, por toda a parceria e suporte ao longo deste caminho, e por proporcionarem momentos que ficaram marcados. Em especial a Hyene, Maisa, Fernanda, Luana, Mariana, Joana e Sidlei.

Às minhas amigas do setor de Olericultura, Andressa e Sylmara, por todo auxílio e apoio durante a condução do ensaio a campo.

A Universidade Federal de Lavras, em especial ao Setor de Olericultura e ao Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia, por todo auxílio na confecção deste trabalho.

Aos funcionários e técnicos da Universidade Federal de Lavras, por toda ajuda e contribuição nas atividades de campo para a realização deste trabalho.

Ao Núcleo de Estudos em Olericultura (NEO), por todo o crescimento e ensinamentos.

Aos meus familiares, por todo suporte e amor.

E a todos aqueles que de forma direta e indireta contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A produção de alface apresenta grande relevância para a sociedade brasileira, gerando diversos empregos e contribuindo para a economia de diversas regiões, pois é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil. Devido ao alto interesse econômico na cultura os programas de melhoramento genético estão sempre investindo no desenvolvimento de novas cultivares que atualmente são todas linhagens. Tendo conhecimento da contribuição da heterose para diversas espécies vegetais de interesse agrônomo e a ausência de materiais híbridos de alface disponíveis ao mercado é necessário à realização de trabalhos a fim de avaliar a viabilidade da comercialização destes materiais. O mesmo, teve como objetivo avaliar o potencial de híbridos de alface quanto a diferentes caracteres de interesse agrônomo, desenvolvidos pelo programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras, a fim de selecionar os híbridos que obtiveram os maiores valores de heterose. Foram avaliados 24 híbridos de alface e seus genitores quanto a massa fresca total, massa fresca comercial, número de folhas, diâmetro de caule, comprimento de caule e matéria seca da parte aérea. O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento e Transferência (CDTT), localizado na cidade de Ijaci-MG. O delineamento adotado no experimento foi de blocos casualizados com três repetições e parcelas com 12 plantas. Foram realizadas análises de heterose para todas as características avaliadas. Os híbridos provenientes dos cruzamentos Regina 71 x Red Star, Mirela x Everglades, Gabriela x Everglades, Colorado x Vitória de Santo Antão, 4 Estações x Sophia, Sophia x Mimosa Salad Bowl, 4 Estações x Everglades e Red Star x Vitória do Santo Antão se destacaram para os caracteres de maior importância agrônoma, ou seja, são os cruzamentos que apresentam maior potencial para serem explorados a nível comercial a fim de fornecer ao produtor cultivares superiores.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.; híbrido; melhoramento genético; heterose; vigor híbrido.

ABSTRACT

Lettuce production has great relevance for Brazilian society and generates several jobs and contributes to the economy of several regions, as it is the most consumed leafy vegetable in Brazil. Due to the high economic interest in the culture, genetic improvement programs are always investing in the development of new cultivars that are currently all strains. Knowing the contribution of heterosis to several plant species of agronomic interest and the absence of hybrid lettuce materials available on the market is essential to carry out work in order to evaluate the feasibility of commercializing these materials. The same, aimed to evaluate the potential of lettuce hybrids regarding different characters of agronomic interest, developed by the breeding program of the Federal University of Lavras, in order to select the hybrids that obtained the highest heterosis values. Twenty-four lettuce hybrids and their parents were evaluated for total fresh mass, commercial fresh mass, number of leaves, stem diameter, stem length and shoot dry matter. The experiment was conducted at the Development and Transfer Center (CDTT), located in the city of Ijaci-MG. The design adopted in the experiment was randomized blocks with three replications and plots with 12 plants. Heterosis analyzes were performed for all characteristics evaluated. The hybrids from the crosses Regina 71 x Red Star, Mirela x Everglades, Gabriela x Everglades, Colorado x Vitória de Santo Antão, 4 Seasons x Sophia, Sophia x Mimosa Salad Bowl, 4 Seasons x Everglades and Red Star x Vitória do Santo Antão highlighted for the characters of greater agronomic importance, that is, they are the crosses that have the greatest potential to be exploited at a commercial level in order to provide the producer with superior cultivars.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; hybrid; plant breeding; heterosis; hybrid vigor.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	Aspectos gerais da cultura	9
2.1.1	Alface tipo Repolhuda-Crespa	10
2.1.2	Alface tipo Repolhuda-Manteiga	10
2.1.3	Alface tipo Solta-Lisa	11
2.1.4	Alface tipo Solta-Crespa.....	12
2.1.5	Alface tipo Mimosa.....	12
2.1.6	Alface tipo Romana	13
2.2	Importância econômica e social da cultura	13
2.3	Melhoramento genético, hibridação e vigor híbrido	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	Obtenção dos híbridos.....	17
3.2	Avaliação dos híbridos em campo.....	18
3.3	Características avaliadas.....	19
3.3	Análises de heterose.....	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÃO	31
6	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) caracteriza-se, dentre as folhosas, como a hortaliça de maior importância econômica, sendo a mais consumida no mundo, principalmente na forma in natura, como saladas (SOUZA et al., 2008; PAIM et al., 2020). A introdução desse alimento na dieta traz diversos benefícios à saúde, pois a alface é uma hortaliça rica em vitamina C, folato, betacaroteno, potássio e alguns fitoquímicos, além de apresentar baixo valor calórico, boas propriedades organolépticas e nutricionais (CHITARRA E CHITARRA, 2005; USDA, 2018)

A China ocupa a posição de maior produtora de alface do mundo, com aproximadamente 52% de toda a produção mundial (23 milhões de toneladas) (anuário HF, 2021). No Brasil, a produção dessa folhosa está concentrada na região Centro-Sul do país com uma produção média de 1,5 milhão de toneladas. A área destinada a alfacultura no país ultrapassa os 100 mil hectares e as pequenas e médias propriedades são as que mais contribuem para a produção total. Por ser uma atividade principalmente para os pequenos produtores e para a agricultura, a alfacultura tem contribuído para a renda de diversas famílias no campo.

De acordo com o registro nacional de cultivares do Ministério da Agricultura e Agropecuária (MAPA), atualmente no Brasil estão registradas 776 cultivares de alface (MAPA, 2022). Essas cultivares foram desenvolvidas para as mais diversas condições edafoclimáticas do país, sendo que boa parte delas apresentam elevadas produtividades, tolerância ao ataque de pragas, incidência de doenças e distúrbios fisiológicos como o pendoamento precoce. Todavia, apesar do número expressivo de cultivares, as empresas de melhoramento têm investido muitos recursos no melhoramento genético da cultura. Os principais objetivos destas empresas estão relacionados ao aumento da produtividade, resistência a pragas e doenças, melhorias de qualidade, aumento do tempo de prateleira, aparência, qualidade etc. (SALA E COSTA, 2012).

O melhoramento genético de plantas tem permitido que a produção de alimentos seja cada vez maior, isso com uma redução na área plantada e em alguns casos até com redução na utilização de insumos (RAMALHO et al., 2012; BORÉM et al., 2021). Nas culturas agrícolas, como a alface, diversos métodos de melhoramento genético de plantas são utilizados pelos melhoristas. Dentre estes métodos destaca-se a hibridação, a qual é uma das ferramentas mais usadas com o intuito de explorar a heterose. A utilização de cultivares híbridas na agricultura tem contribuído para um incremento significativo na produtividade de diversas espécies. No tomate, por exemplo, a produtividade chega a ser de 20 a 30% maior do que nas cultivares tidas com linhagens (BORÉM et al., 2021).

Apesar das vantagens do uso de híbridos, os programas de melhoramento genético da alface dos setores público e privado vêm lançando no mercado sempre novas cultivares, sendo todas essas linhagens adquiridas através de um longo avanço de gerações até a estabilidade dos materiais (AZEVEDO et al., 2013), não sendo comum o desenvolvimento de híbridos. De todas as cultivares registradas no MAPA, nenhuma delas são híbridas, resultado da grande dificuldade no processo de hibridação dessa cultura, que por ser um processo tão difícil, exige mão de obra qualificada e em grande quantidade, para uma pequena quantidade de produção de sementes (AZEVEDO et al., 2013; BORÉM et al., 2021; MAPA, 2022).

Devido à grande dificuldade na obtenção de híbridos em espécies autógamas, como é o caso da alface, os programas de melhoramento genético utilizam-se de fenômenos naturais e artificiais relacionados principalmente à produção do grão-de-pólen. O fenômeno de macho-esterilidade genética citoplasmática é o que mais tem sido utilizado em plantas autógamas como cevada, trigo e arroz. Todavia, o desenvolvimento de agentes químicos com função gameticida ou agentes químicos de hibridação vem ganhando mercado (BORÉM et al., 2021). Para alface, atualmente, não existe nenhum protocolo quanto à utilização desses métodos para produção de híbridos (naturais ou químicos), uma vez que ainda não existe a comercialização de híbridos de alface ou mesmo estudos relacionados a ganhos de produção a partir de cultivares híbridas. Neste sentido, é fundamental o investimento em pesquisas relacionadas à esta temática, uma vez que isto pode contribuir de forma significativa para aumentos de produtividade na cultura da alface.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a heterose e o potencial produtivo em híbridos de alface oriundos do programa de melhoramento genético de alface da Universidade Federal de Lavras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça originária da região do mediterrâneo, Sudoeste da Ásia entre o Egito e o Irã (VRIES 1997). Há relatos de que sua domesticação se deu a partir da espécie selvagem *L. serriola* L. (JAGGUER et al., 1941). De acordo com Ryder (2002), os registros mais antigos que temos mostram que a alface era cultivada na IV Dinastia do Egito Antigo (cerca de 2500 a.C.), onde foram encontradas ilustrações de plantas de alface em pinturas nos túmulos. No Brasil, a alface foi introduzida apenas no ano de 1650 pelos portugueses e até a década de 80 a mais produzida no Brasil era a alface manteiga, conhecida atualmente como alface do tipo lisa repolhuda. Esta preferência se manteve até o final da década de 90, quando, naquele tempo, 51 % da alface comercializada em São Paulo era do tipo lisa repolhuda (SALA e COSTA, 2012).

A cultura é uma hortaliça pertencente à família Asteraceae e suas principais características são de plantas anuais herbáceas, com caule reduzido e folhas no formato de roseta. A coloração varia entre as diversas cultivares e pode ser observada em diferentes variações de verde ou roxo. Esta última coloração é observada quando as plantas possuem alguma concentração de antocianina. O sistema radicular é composto por uma raiz primária e diversas raízes secundárias, na região superficial do solo (ALMEIDA, 2006; FILGUEIRA, 2008).

Quando se inicia a fase reprodutiva ocorre uma ramificação e alongamento do caule, redução no tamanho das folhas e maior concentração de látex na seiva das plantas, tornando as folhas amargas para consumo e conhecemos esse período como a fase de pendoamento, essa fase é altamente influenciada pela temperatura e pelo fotoperíodo. Temperaturas acima de 25°C e dias longos são influenciadores do pendoamento (ALMEIDA, 2006; SALA E NASCIMENTO, 2014).

A inflorescência é do tipo panícula, constituída por diversos capítulos e de 10 a 25 flores por capítulo. As flores são compostas por uma pétala, pelas brácteas, cinco estames de anteras concrecidas e um pestilo (RYDER, 1986; ALMEIDA, 2006; SALA E NASCIMENTO, 2014), além de serem flores do tipo hermafroditas e linguladas. As plantas de alface são do tipo autógamias, com cleistogamia, e a antese plena ocorre a partir das 08:00 horas, sofrendo de forma direto com a luminosidade e temperatura do ambiente. O pistilo emerge cerca de duas horas antes da antese, passando pelo conjunto de anteras, e conseqüentemente passando pelo

processo de polinização. Após a polinização, o fruto leva em torno de 12 a 21 dias para atingir a maturidade e são frutos do tipo aquênio (RYDER 1986, SALA e NASCIMENTO 2014).

Atualmente, há no mercado diversos tipos de alface o que possibilita uma maior diversidade para o produtor e para o consumidor. Existem algumas classificações quanto aos diferentes tipos de alface, Sala e Costa (2016), classifica os diferentes tipos como: crespa, lisa, americana, mimosa, romana, roxa e crocante. Porém, de acordo com Filgueira (2008), os tipos de alface podem ser agrupados em seis grupos morfológicos diferentes, a partir do tipo das folhas e da formação de cabeça:

2.1.1 Alface tipo Repolhuda-Crespa

As folhas são crespas, consistentes e com nervuras em destaque. É o tipo mais utilizado no preparo de sanduíches, devido a sua crocância. Formam uma cabeça compacta bem característica.

Figura 1 - Alface tipo repolhuda-crespa

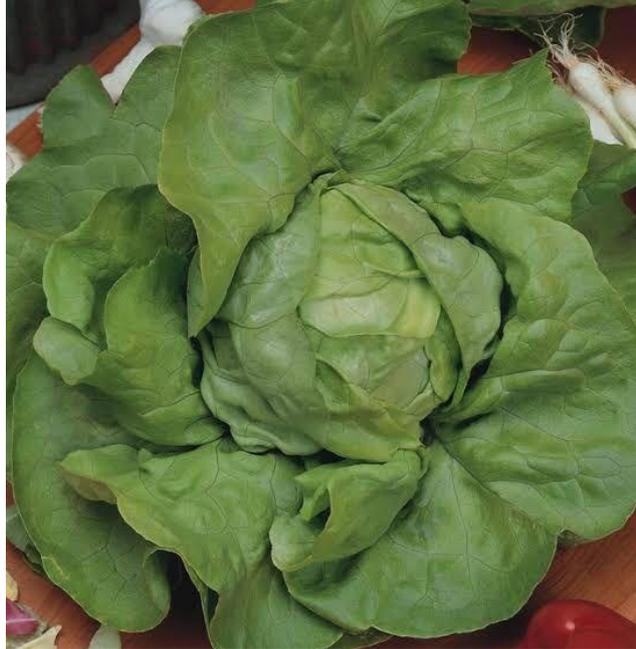


Fonte: Divulgação SNA-Sociedade Nacional de Agricultura (2015).

2.1.2 Alface tipo Repolhuda-Manteiga

As folhas são lisas, delicadas e com um aspecto amanteigado. Ocorre a formação de cabeça bem típica desse grupo.

Figura 2 - Alface tipo repolhuda-manteiga



Fonte: Rafael (2018).

2.1.3 Alface tipo Solta-Lisa

As folhas são do tipo lisa, soltas, macias e não ocorre a formação de cabeça nesse segmento.

Figura 3 - Alface tipo solta-lisa



Fonte: Agricultura Biológica (2014).

2.1.4 Alface tipo Solta-Crespa

As folhas são do tipo crespas, consistentes, soltas e com as bordas onduladas. Não ocorre a formação de cabeça.

Figura 4 - Alface tipo solta-crespa



Fonte: Fazendinha em casa (2022).

2.1.5 Alface tipo Mimososa

As folhas são menores, delicadas e com aspecto arrepiado.

Figura 5 - Alface tipo mimosa



Fonte: TSV (2020).

2.1.6 Alface tipo Romana

As folhas são alongadas, duras, com nervuras claras e a formação de cabeça fofa e alongada.

Figura 6 - Alface tipo romana



Fonte: Soflor Sementes (2022).

2.2 Importância econômica e social da cultura

O consumo de alface apresenta inúmeras vantagens ao organismo humano e quando pensamos em alimentação saudável, a alface é sem dúvidas um dos primeiros alimentos em que pensamos, por ser um alimento com baixo valor calórico e fonte de fibras (SALA E COSTA, 2012). Esta hortaliça é rica em vitaminas A, B1, B2, B5, C, cálcio, sódio, potássio, fósforo,

ferro, silício, flúor, magnésio e certos fitoquímicos como a lactucina e os flavonóides, além disso, apresenta propriedades medicinais atuando como: laxante, diurética, depurativa, calmante, mineralizante, vitaminizante e desintoxicante (CHITARRA E CHITARRA, 2005; SILVA et al., 2015).

De acordo com os dados do Anuário HF (2021), a alface é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil e no mundo. A China ocupa a posição de primeiro lugar na produção dessa hortaliça, produzindo cerca de 52% da produção mundial. No Brasil, a produção anual é de aproximadamente 1,5 milhão de toneladas e está concentrada principalmente na região Centro-Sul do País, contribuindo com 50% da receita gerada pelas hortaliças folhosas.

A área destinada a alfacultura no país ultrapassa os 100.000 hectares, com destaque para a produção no estado de São Paulo. No entanto, no ano de 2020, com o fechamento de estabelecimentos em todo país, devido à pandemia, os ganhos provenientes da produção de alface foram comprometidos, pois houve um excedente de produtos no campo e uma redução na demanda nos centros urbanos. A redução na demanda fez com que produtores reduzissem as áreas de plantio e a redução chegou em aproximadamente 11,7% nas safras de verão 2019/2020 e inverno 2020 quando comparada com a área do ano anterior. A redução nas áreas de produção e consequente redução na produção fez com que os preços voltassem a subir, principalmente durante o período de inverno de 2020 (Anuário HF 2021). Além disso, de acordo Brainer (2019), a alfacultura é responsável por movimentar milhões de reais todos os anos no país e garantir a renda de muitas famílias brasileiras.

2.3 Melhoramento genético, hibridação e vigor híbrido

Devido ao alto interesse econômico na cultura da alface, os programas de melhoramento genético vêm trabalhando no desenvolvimento de novas cultivares, que apresentem resistência ou tolerância às principais doenças e que ao mesmo tempo sejam mais produtivas. O sucesso no desenvolvimento de uma nova cultivar depende principalmente do acesso ao melhorista a populações com alta variabilidade genética (AZEVEDO et al., 2013).

A forma mais utilizada para obtenção de variabilidade genética em programas de melhoramento genético é através do cruzamento entre genitores divergentes que irá dar origem a populações com alto nível de segregação. No entanto, a escolha desses genitores é uma das maiores dificuldades para os melhoristas, pois não existe na literatura recomendações (BORÉM E MIRANDA, 2013).

Na alfacultura, todas as cultivares atualmente utilizadas são linhagens, obtidas principalmente através de avançados programas de melhoramento, que se iniciaram a partir do

cruzamento entre alguns genitores. Um dos métodos de melhoramento mais utilizado para o desenvolvimento de uma nova cultivar é o método genealógico, sendo mais específico o método de seleção gamética (BORÉM E MIRANDA, 2009).

A utilização de híbridos na agricultura é sem dúvidas um dos grandes feitos do melhoramento genético. A primeira cultura a ter uma cultivar híbrida indicada aos produtores foi o milho e até 1940 a produtividade desses materiais era quase a mesma, porém a partir daí a produtividade teve um aumento significativo, nos EUA a produtividade média passou de 2.010 Kg/ha em 1930 para 10.000 Kg/ha em 2010 (RAMALHO et al., 2012).

O milho é apenas uma entre muitas espécies cultivadas pelo homem que teve aumento significativo na produtividade com o desenvolvimento de cultivares híbridas disponíveis ao agronegócio brasileiro. Atualmente, estão disponíveis no mercado cultivares híbridas de tomate, cebola, pimentão, melão, melancia, cevada, trigo, arroz, entre outras.

O tomate é dentre as hortaliças um dos sucessos na utilização de híbridos e seu cultivo vem sendo utilizado em diversos países. O incremento na produção de frutos em tomate pode chegar em até 30%, quando comparado a cultivares homozigóticos. E embora essa espécie seja autógama e necessite de hibridação artificial, o alto número de sementes por frutos, possibilita que a produção comercial de híbridos seja viável (BORÉM et al., 2021).

O fenômeno responsável pelo interesse dos melhoristas e produtores na obtenção de cultivares híbridas é o que conhecemos como heterose ou vigor híbrido. Este fenômeno diz respeito ao quanto a produtividade média ou valor de determinada característica de determinado híbrido é superior à produtividade média dos genitores (BORÉM et al., 2021). As principais características buscadas na obtenção de híbridos são: aumento do vigor, altura de plantas, produtividade de grãos, produtividade de frutos, tamanho de frutos e outros (BORÉM et al., 2021).

Os estudos relacionados a heterose datam deste o início do século XX, quando esse fenômeno foi descoberto. A teoria para este fenômeno é explicada por três diferentes hipóteses: a hipótese da dominância, hipótese da sobredominância e hipótese da epistasia, porém a base genética para este fenômeno ainda permanece indefinida, e vem sendo motivo de estudos para diversos pesquisadores (BIRCHLER et al., 2010; CHEN, 2013; BORÉM et al., 2021).

Em espécies autógamas existe uma grande dificuldade na obtenção de híbridos em escala comercial, uma vez que a autofecundação ocorre de forma natural, principalmente nas plantas que apresentam o fenômeno de cleistogamia. Esta dificuldade resulta em um custo de produção muito elevado para a produção de sementes, o que torna a atividade inviável para algumas culturas (GRIGOLO, 2018, BORÉM et al., 2021). Na alfacultura ainda não existe

uma cultivar híbrida disponível comercialmente aos produtores, isso porque a obtenção de híbridos de alface é um processo muito oneroso, já que por ser uma planta autógama a obtenção de sementes via polinização cruzada exigiria grande quantidade de mão-de-obra qualificada (BORÉM & MIRANDA, 2009; AZEVEDO et al., 2013). Além de ser uma planta autógama, a alface produz poucas sementes por panículas e isto dificulta ainda mais a obtenção de cultivares híbridas.

Na alface, assim como nas demais espécies autógamas, existe uma grande dificuldade no processo de hibridação, o fenômeno de cleistogamia dificulta ainda mais a hibridação em plantas de alface (CLEMENTE, 2019). Para contornar esse problema com a autofecundação nas espécies autógamas, os programas de melhoramento genético utilizam de fenômenos naturais e artificiais relacionados principalmente à inibição na produção de grão-de-pólen.

A exploração do fenômeno natural de macho-esterilidade genética citoplasmática, utilização de agentes químicos com função gameticida ou agentes químicos de hibridação é que tem garantido a produção e comercialização de cultivares híbridas principalmente para as plantas autógamas como cevada, trigo e arroz (BORÉM et al., 2021). Para alface, atualmente, não existe nenhum protocolo quanto à utilização desses métodos para produção de híbridos, uma vez que ainda não existe a comercialização de híbridos de alface. E nem estudos relacionados a ganhos de produção a partir de cultivares híbridas.

A hibridação em alface ocorre de forma totalmente manual, uma vez que esse processo é utilizado apenas como forma de criar variabilidade genética para o desenvolvimento de novas cultivares. O processo de hibridação em alface consiste na emasculação do parental feminino, onde é realizado um corte rente às sépalas antes do início da antese (RYDER, 1986). Em seguida deve-se lavar a região do corte com um jato de água e aguardar o surgimento e bifurcação do estigma, que representa o momento ideal para realizar a polinização. Posteriormente é preciso apenas passar uma flor em plena antese do parental masculino nos estigmas do parental feminino emasculado.

Apesar das dificuldades encontradas para a produção comercial de híbridos de alface, a possibilidade de maiores produtividades e união de características de interesse econômico em uma mesma cultivar desperta o interesse dos melhoristas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos híbridos

Os cruzamentos foram realizados Universidade Federal de Lavras, no setor de grandes culturas durante os meses de agosto de 2019 a julho de 2020. Para isso, foram selecionadas cultivares comerciais de diferentes tipos para realização da hibridação, conforme apresentado na Tabela 1:

Tabela 1- Cruzamentos estabelecidos entre cultivares de alface para obtenção de híbridos. Lavras-MG, UFLA, 2022.

HÍBRIDOS	GENITOR 1	GENITOR 2
1	Mirela	Sophia
2	Mirela	Everglades
3	4 Estações	Colorado
4	4 Estações	Sophia
5	M. Salad	Regiane
6	Mirela	Verônica
7	Colorado	Regina 71
8	Mirela	Sophia
9	Elba	V. Santo Antão
10	Thaís	Sophia
11	Colorado	Thaís
12	4 Estações	Everglades
13	Sophia	M. Salad
14	Colorado	V. Santo Antão
15	Mirela	Vanda
16	Gabriela	Everglades
17	Regina 71	Gabriela
18	Red Star	V. Santo Antão
19	Inês	Gabriela
20	Mirela	Elba
21	Regina 71	Red Star
22	Regiane	Mirela
23	Regiane	Gabriela
24	M. salad	V. Santo Antão

Fonte: Do autor (2022).

As sementes destas cultivares foram semeadas em bandejas de poliestireno e após 40 dias, transplantadas em vasos de 9 litros, com substrato a base de terra de barranco, areia e esterco bovino curtido na proporção de 2:1:1. Os vasos com as mudas foram mantidos em casa de vegetação e irrigados de forma controlada por meio de gotejadores. Semanalmente foram

realizadas adubações de cobertura com Nitrogênio, para garantir a qualidade na época do florescimento.

No início do pendramento, as plantas foram conduzidas verticalmente com o auxílio de estacas de bambu. Quando as plantas iniciaram o processo de florescimento, iniciou-se também os cruzamentos. O método de hibridação utilizado foi desenvolvido por Oliver (1968), em que as flores que receberam o pólen foram emasculadas antes do nascer do sol, entre 04:00 e 05:00 h da manhã. Após a emasculação, foram amarradas com lã de diferentes cores para facilitar sua identificação. Por volta das 09:00 horas, foi preciso voltar à casa de vegetação, pois é neste horário que as flores do parental masculino apresentavam a antese plena e permitia a coletas de pólen, que era passado nas flores emasculadas.

Todos os cruzamentos foram devidamente identificados, possibilitando a identificação dos genitores de cada um dos cruzamentos. Após a realização dos cruzamentos as plantas permaneceram na casa de vegetação até a maturação das sementes. Quando as sementes atingiram a maturação fisiológica desejada, as mesmas foram colhidas de forma manual e acondicionadas separadamente em sacos de papel identificados com os cruzamentos ou mesmo das linhagens. Estas sementes foram limpas e acondicionadas em BOD, à uma temperatura de 10°C para preservar o vigor dessas sementes.

O processo de hibridação possibilitou a realização de aproximadamente 60 diferentes cruzamentos, porém nem todos os cruzamentos produziram sementes suficientes para serem levadas a campo para avaliação da heterose. Sendo assim, apenas os materiais com sementes suficientes foram levados a campo (Tabela 1).

3.2 Avaliação dos híbridos em campo

Após a realização dos cruzamentos e obtenção das sementes F1 (híbridas), iniciou-se a fase de experimentação em campo. O experimento foi implantado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologias da UFLA (CDTT/UFLA), localizado na cidade de Ijaci-MG, localizado a 21°16'38"S, 44°91'67" W e a 889m de altitude. Segundo a Koppen, a região é caracterizada por invernos secos e os verões chuvosos (Álvares et al., 2013), com pluviosidade média anual de 1530 mm e temperatura média de 19,4 °C (ALVARENGA et al., 2014).

As mudas foram produzidas em casa de vegetação. Nas bandejas de poliestireno foram semeadas 64 células com cada genótipo (genitores e híbridos). Posteriormente, as mudas obtidas foram transplantadas em canteiros à campo previamente preparado. O delineamento

utilizado foi o de blocos casualizados, com 12 plantas por parcela e 3 repetições, no espaçamento de 25 cm x 30 cm.

Após o transplante em campo, as plantas receberam irrigação por gotejamento uma vez ao dia. As adubações de cobertura foram realizadas via fertirrigação, seguindo as recomendações culturais e nutricionais da cultura da alface (FILGUEIRA, 2008). O controle de plantas daninhas nos canteiros foi realizado através de capina manual.

Durante o período de desenvolvimento das plantas foi possível observar os materiais que realmente eram híbridos e separá-los daqueles que não eram, o que possibilitou um controle genético dos materiais.

Quando as plantas atingiram o padrão comercial, as duas plantas centrais de cada parcela foram colhidas e avaliadas quanto aos caracteres agronômicos abaixo.

3.3 Características avaliadas

- 1- Massa fresca total: correspondente a toda parte aérea da planta (folhas comerciais e não comerciais), quantificada em balança de precisão e expressa em gramas/planta.
- 2- Massa fresca comercial: correspondente apenas a parte comercial da planta, quantificada em balança de precisão e expressa em gramas/planta.
- 3- Número de folhas: determinado por meio da medida por unidade, expressa em folhas/planta.
- 4- Diâmetro do caule: aferido com o auxílio de um paquímetro digital, expresso em milímetros.
- 5- Comprimento do caule, aferido com o auxílio de uma fita métrica expresso em centímetros.
- 6- Matéria seca da parte aérea: correspondente ao material seco da parte comercial, obtida após a secagem das plantas em estufas a 65° C, até que a massa seca atinja um peso constante, expressa em porcentagem.

Após avaliação de todos os caracteres mencionados anteriormente, foi realizado o cálculo de heterose para determinar o vigor híbrido de cada um dos cruzamentos. A heterose foi determinada a partir da equação: $H (\%) = (F1 - (P1 + P2) / 2) * 100$, sendo h (%) = heterose estimada; F1= valor médio da F1 para cada caractere avaliado; P1= valor médio do primeiro parental; P2= valor médio do segundo parental.

3.3 Análises de heterose

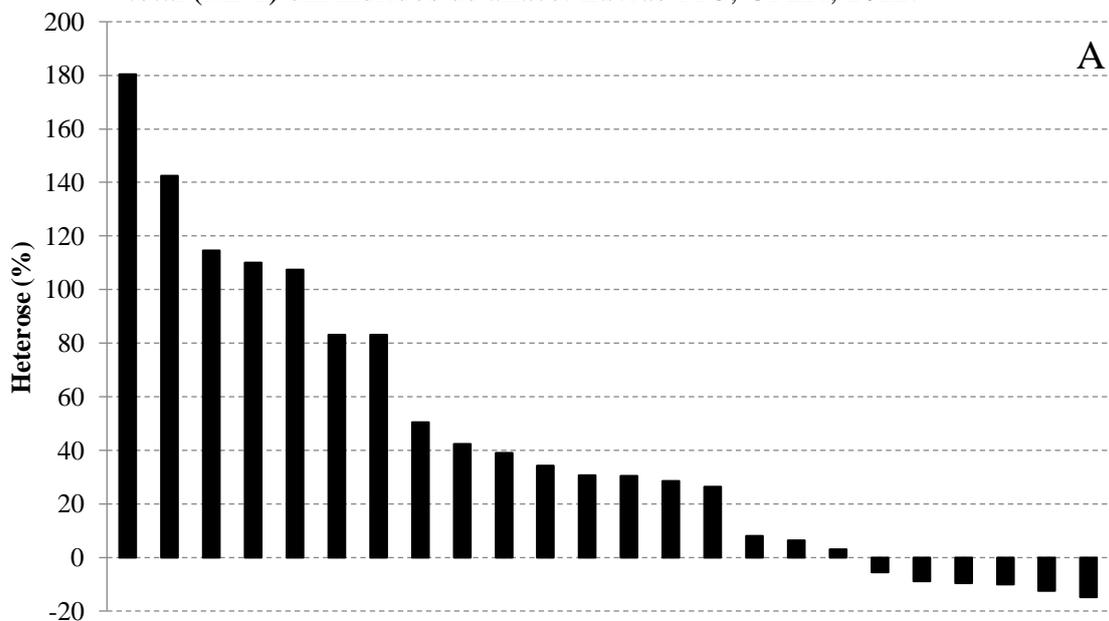
Após realização dos cálculos de heterose, as médias de cada cruzamento foram analisadas de forma descritiva e diferenciadas por meio dos desvios padrão estimados.

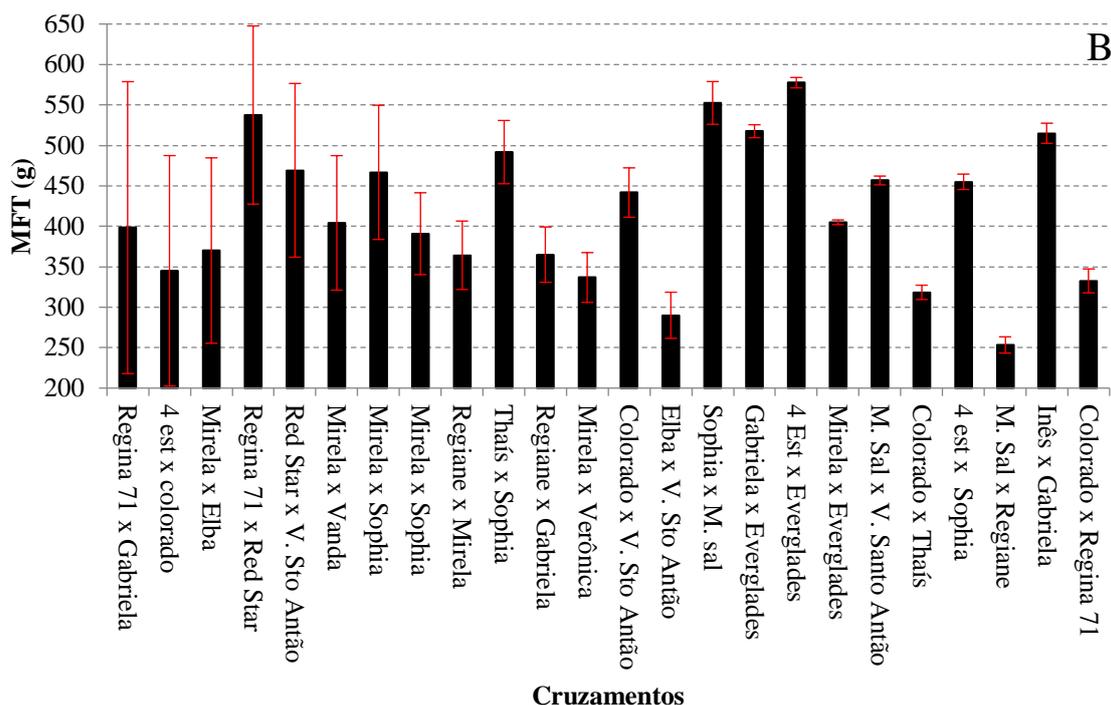
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 24 híbridos avaliados, todos apresentaram heterose para ao menos uma das características avaliadas. Os híbridos que mais se destacaram foram os provenientes dos seguintes cruzamentos: Regina 71 x Red Star, Mirela x Everglades, Gabriela x Everglades, Colorado x Vitória de Santo Antão, 4 Estações x Sophia, Sophia x Mimoso Salad Bowl, 4 Estações x Everglades e Red Star x Vitória do Santo Antão. Apesar dos vários caracteres avaliados, é importante destacar que as características de massa fresca comercial (MFC), número de folhas (NF), comprimento do caule (CC) e massa seca das folhas (MS) são consideradas como de maior importância no desenvolvimento de uma nova cultivar (SOUZA et al., 2008; AZEVEDO et al., 2013).

Os maiores valores de heterose na MFT foram observados nos cruzamentos Regina 71 x Gabriela e ,4 Estações x Colorado, com heterose de 180,44% e 142,39%, respectivamente (FIGURA 1 A). Os cruzamentos Colorado x Regina 71, Inês x Gabriela, Mimoso Salad Bowl x Regiane, 4 Estações x Sophia, Colorado x Thaís e Mimoso Salad Bowl x V. Santo Antão, apresentaram heterose negativa para essa característica, ou seja, os híbridos obtidos apresentaram média inferior a seus parentais.

Figura 1: - Heterose (%) (A) e médias com desvio padrão (B) para a produção de matéria fresca total (MFT) em híbridos de alface. Lavras-MG, UFLA, 2022.





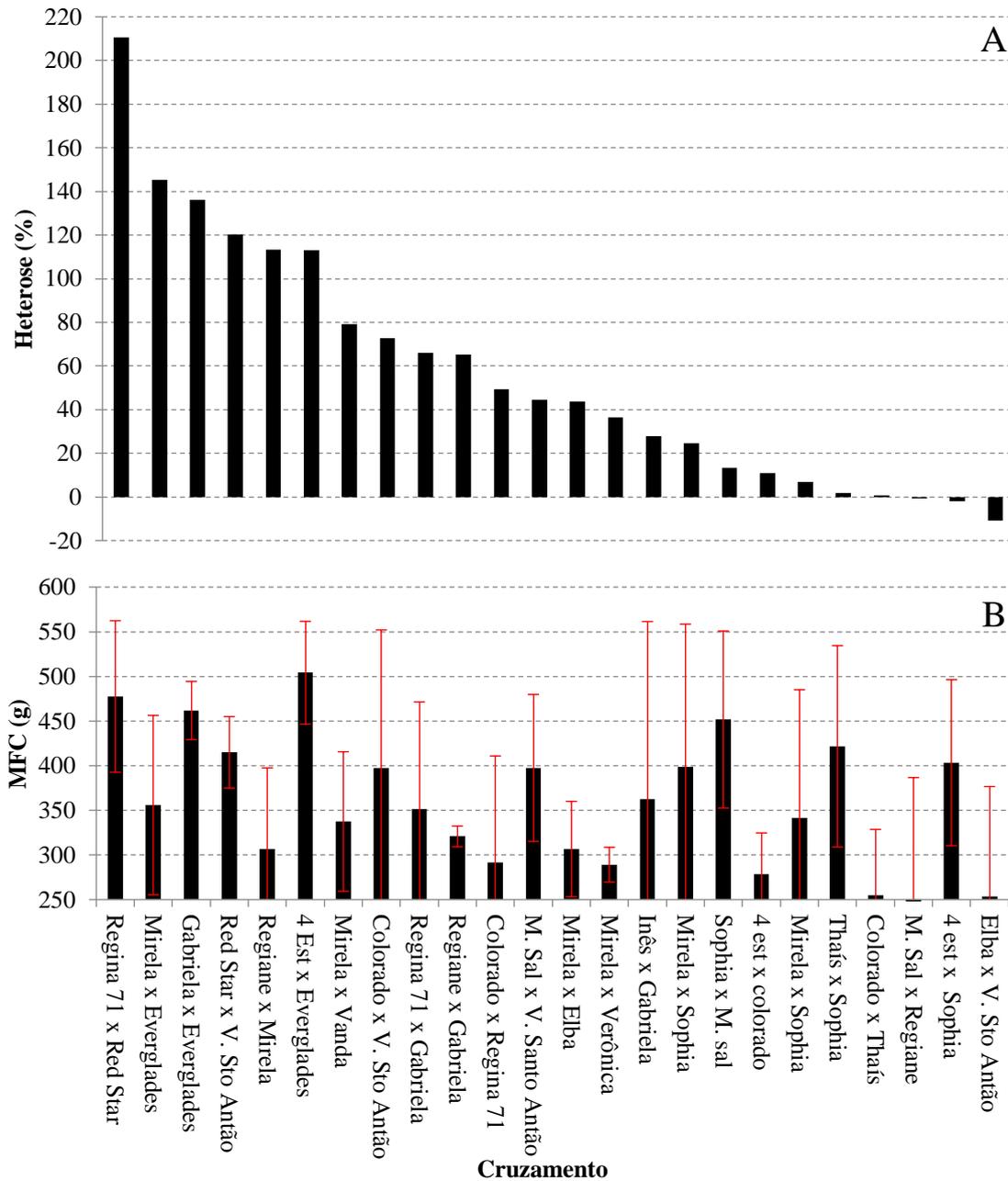
Fonte: Do autor (2022).

Embora os cruzamentos Regina 71 x Gabriela e 4 Estações x colorado tenham apresentado a maior heterose, estes cruzamentos não foram aqueles que apresentaram maior produção de MFT (Figura 1 B). Estes cruzamentos apresentaram média inferior à 400 g planta⁻¹. Os cruzamentos que apresentaram a maior produção de MFT foram 4 Estações x Everglades, seguido pelo cruzamento Sophia x M. Salad Bowl, com heteroses médias de 577,5 g planta⁻¹ e 552,5 g planta⁻¹, respectivamente. Já as heteroses observadas nestes cruzamentos foram consideradas baixas, com valores de 6,42% e 26,41%, respectivamente. Altos valores de heterose nem sempre estão relacionados a uma alta produtividade do cruzamento, pode estar relacionado a uma baixa produtividade dos genitores. Por esse motivo os valores de heterose não devem ser analisados de forma isolada.

Na Figura 1 B, observamos que para a característica MFT as médias de produção ficaram entre os valores de 253,33 e 577,55. Azevedo et al., (2014) avaliando cultivares de alface encontrou valores entre 192,85g e 514,17g, Silva et al., (2021), avaliando progênies de alface encontrou valores entre 184,61g e 374,97g, similares aos encontrados no presente trabalho.

A MFC apresentou maior heterose no cruzamento Regina 71 x Red Star (210,57%), seguido pelos cruzamentos Mirela x Everglades e Gabriela x Everglades, com heteroses médias de 145,40% e 136,25, respectivamente (Figura 2 A).

Figura 2 - Heterose (%) (A) e médias com desvio padrão (B) para a produção de matéria fresca comercial (MFC) em híbridos de alface. Lavras-MG, UFLA, 2022.



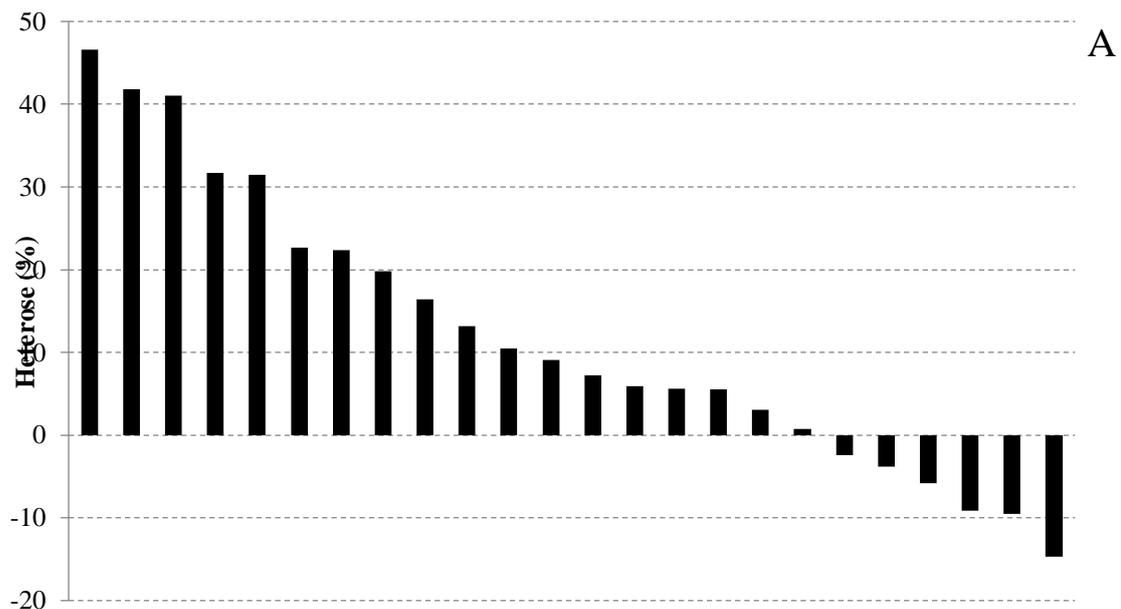
Fonte: Do autor (2022).

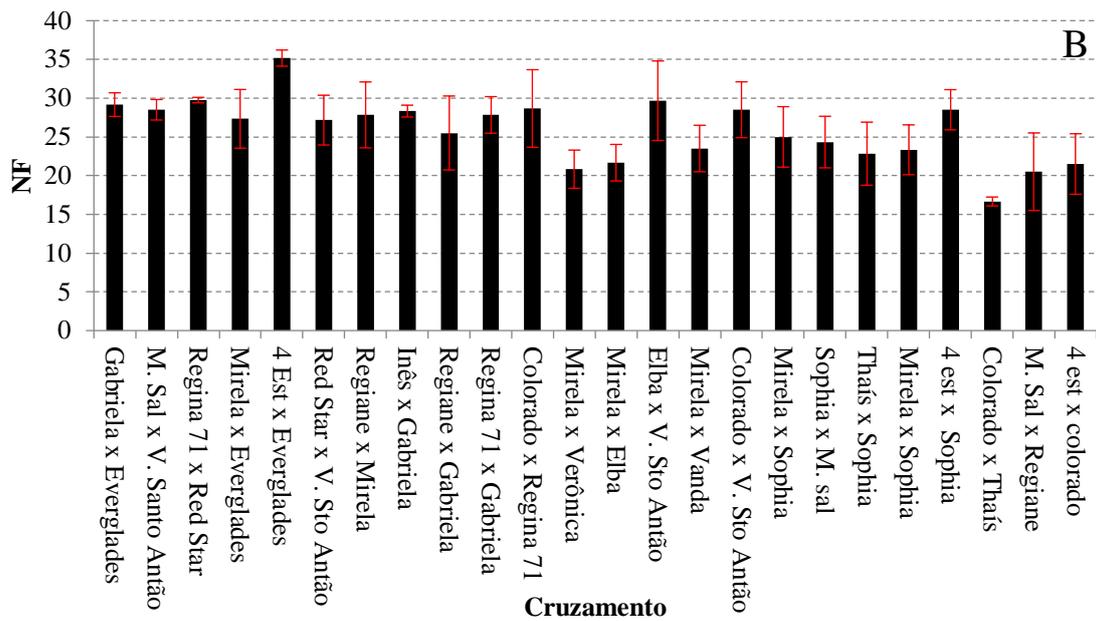
Por outro lado, a maior produção de MFC foi observada nos cruzamentos 4 Estações x Everglades (504,17 g), seguido pelo Regina 71 x Red Star (477,5 g), Gabriela x Everglades (461,67 g) e Sophia x Mimosa Salad Bownl (451,67 g). Destaca-se que o cruzamento Regina 71 x Red Star também foi o que apresentou a maior heterose para esse caractere. Além disso, analisando-se os desvios padrão, é possível inferir que esta é uma característica que apresentou forte variação entre as parcelas, o que pode ser associado ao fato da heterogeneidade dentro e entre parcelas.

Para a característica MFC, observamos que os valores para esta características variaram entre 221,66g e 504,17g (Figura 2B). Estes valores foram próximo aos observados por Azevedo et al., (2014) encontrou valores entre 166,11g e 424,48g planta⁻¹. Apesar de ser esta uma característica tida como importante e utilizada por diversos autores Azevedo et al., (2013), relata que a mesma pode ser substituída pela análise de MFT, reduzindo assim o tempo e os custos nos programas de melhoramento da cultura.

Os cruzamentos Gabriela x Everglades, M. Salad Bowl x Vitória Santo Antão e Regina 71 x Red Star foram aqueles que expressaram os maiores valores de heterose para o número de folhas, com valores ente 41,00% e 46,57% (Figura 3). Por outro lado, os cruzamentos Thaís x Sophia, Mirela x Sophia, Quatro Estações x Sophia, Colorado x Thaís, M. Salad Bowl x Regiane e Quatro Estações x Colorado apresentaram heterose negativas para esse caractere.

Figura 3 - Heterose (%) (A) e médias com desvio padrão (B) para a produção no número de folhas (NF) em híbridos de alface. Lavras-MG, UFLA, 2022.



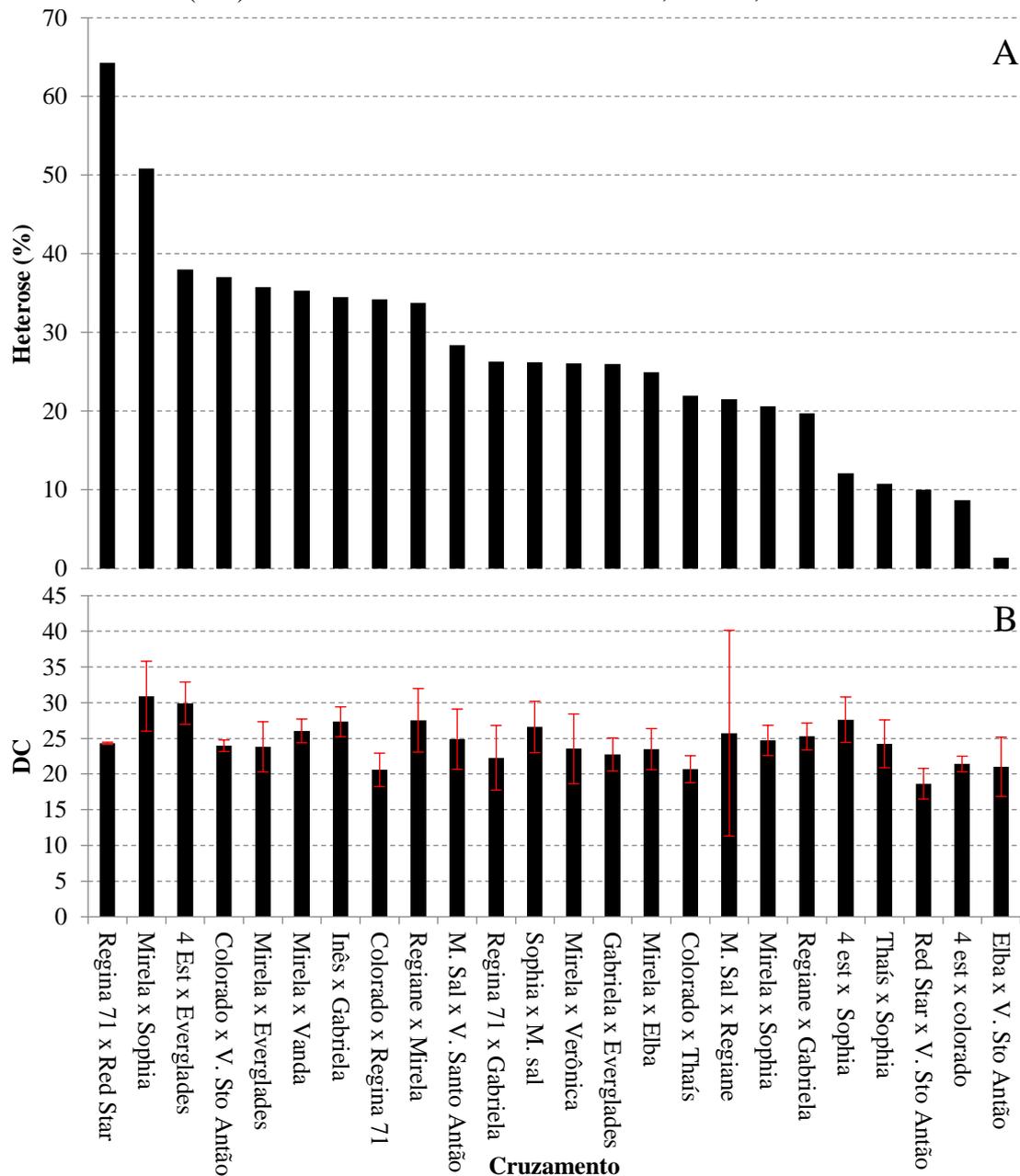


Fonte: Do autor (2022).

Apesar de não variar de forma acentuada entre os tratamentos, o maior número de folhas foi observado no cruzamento 4 Estações x Everglades (35,17), seguido pelo cruzamento Regina 71 x Red Star (29,75). É importante destacar que, para esta característica, o desvio padrão não demonstrou uma forte heterogeneidade. Isto pode estar relacionado ao fato de o número de folhas ser uma característica de maior controle genético, enquanto que o crescimento e desenvolvimento da folha é mais influenciado pelo ambiente.

Os cruzamentos Regina 71 x Red Star, Mirela x Sophia e 4 Estações x Everglades apresentaram a maior heterose para o diâmetro de caule, sendo que nenhum dos cruzamentos apresentaram heterose negativa para essa característica (Figura 4). Entretanto, o cruzamento que demonstrou menor heterose para essa característica foi o Elba x V. Santo Antônio, com heterose inferior à 2%.

Figura 4 - Heterose (%) (A) e médias com desvio padrão (B) para a característica diâmetro de caule (DC) em híbridos de alface. Lavras-MG, UFLA, 2022.



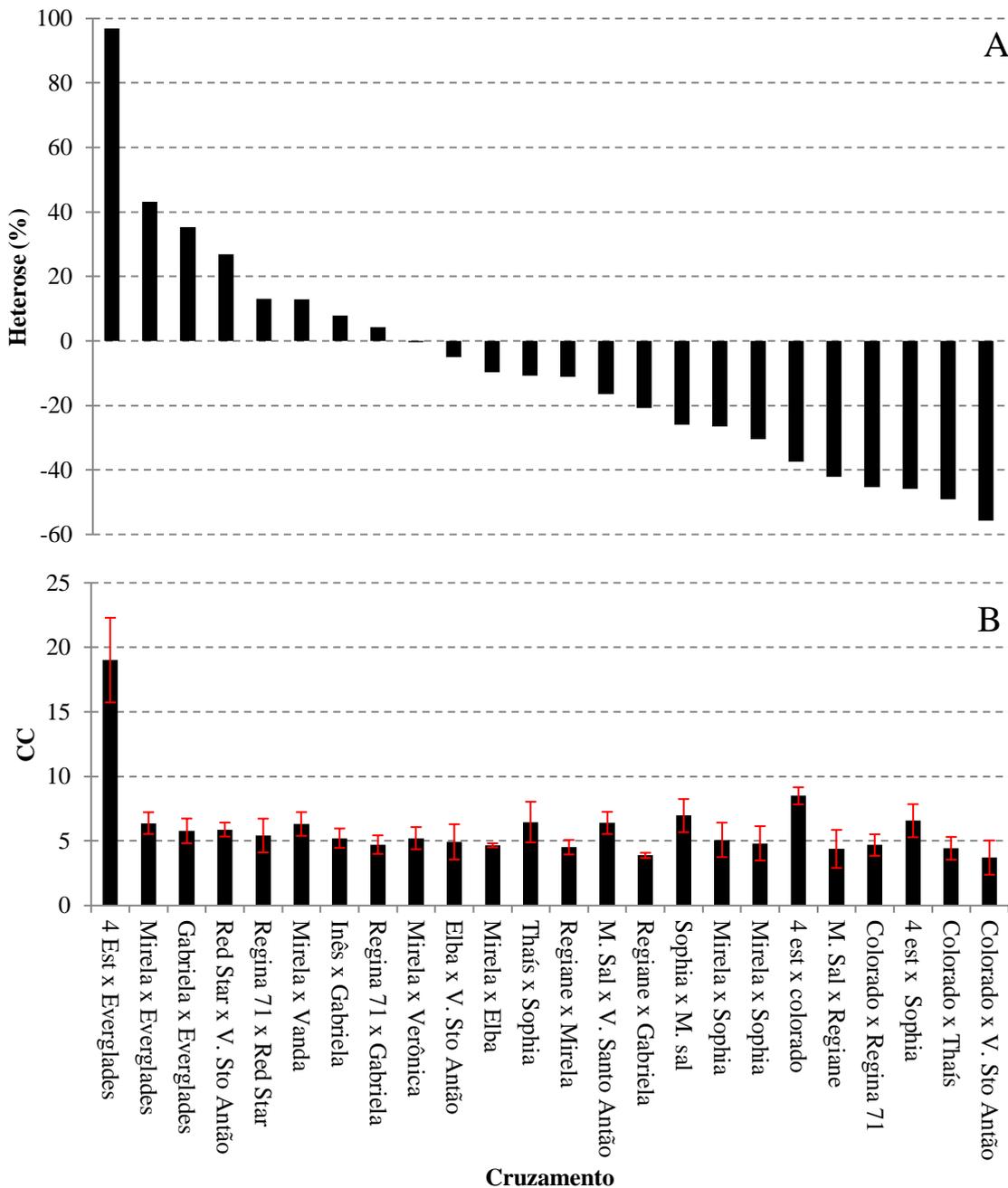
Fonte: Do autor (2022).

Assim como ocorrido para o número de folhas, a variação observada para o diâmetro do caule foi baixa, com diâmetro médio de 24,45 cm. Todavia, os cruzamentos Mirela x Sophia e 4 Estações x Everglades sobressaíram-se, com diâmetros de 30,91 e 29,93 cm, respectivamente.

Na Figura 5(A), para a característica CC a análise mostrou que os cruzamentos Colorado x Vitória de Santo Antão, Colorado x Thaís e 4 Estações x Sophia, foram os que demonstraram os maiores resultados. Diversos cruzamentos apresentaram heterose negativa

para esse caractere, sendo que os cruzamentos M. Salad Bowl x Regiane, Colorado x Regina 71, Quatro Estações x Sophia, Colorado x Thaís e Colorado x V. Santo Antão apresentaram heteroses inferiores a – 40%.

Figura 5 - Heterose (%) (A) e médias com desvio padrão (B) para a característica comprimento de caule (CC) em híbridos de alface. Lavras-MG, UFLA, 2022.



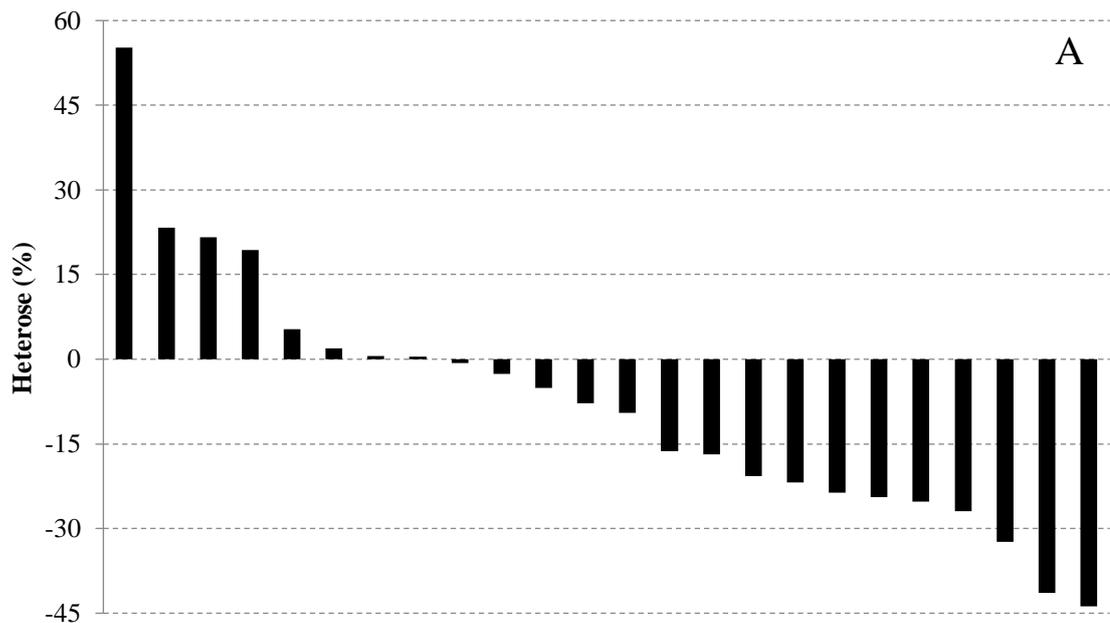
Fonte: Do autor (2022).

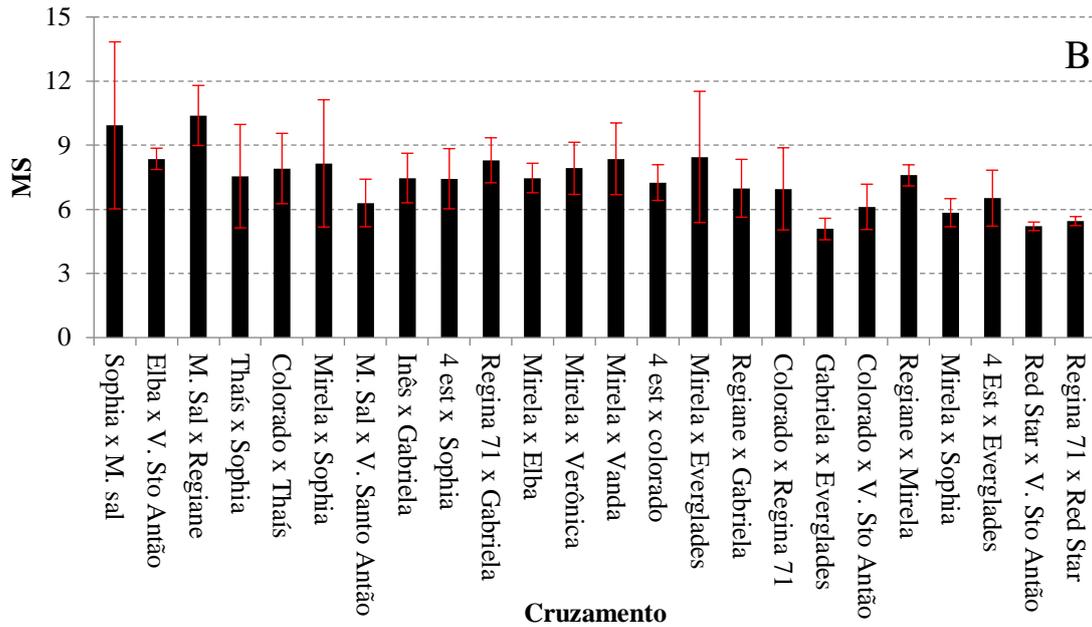
Pode-se observar na Figura 5B que o cruzamento 4 Estações x Everglades foi o que apresentou o maior comprimento de caule, com variação pouco acentuada entre os demais cruzamentos. O cruzamento 4 Estações x Everglades apresentou um comprimento médio de

19,02 cm, valor aproximadamente 317,52 % maior em relação à média geral, que foi de 5,99 cm. Destaca-se que esta característica é de grande relevância para o melhoramento genético, uma vez que a mesma é indicadora de tolerância ao calor (AZEVEDO et al., 2013), sendo que caules mais longos implicam em genótipos mais sensíveis ao calor (OLIVEIRA et al., 2004). Desta forma, os cruzamentos que proporcionaram menores comprimentos do caule são mais interessantes para o melhoramento genético da cultura, especialmente por indicarem maior tolerância ao pendoamento precoce.

Em relação a MS, apenas oito cruzamentos mostraram heterose positiva, destacando-se Sophia x Mimosa Salad Bowl, Elba x Vitória de Santo Antão, Mimosa Salad Bowl x Regiane e Thaís x Sophia, com heteroses de 55,16%, 23,26%, 21,56% e 19,33%, respectivamente (Figura 6 A).

Figura 6 - Heterose (%) (A) e médias com desvio padrão (B) para a produção de matéria seca (MS) em híbridos de alface. Lavras-MG, UFLA, 2022.





Fonte: Do autor (2022).

Os cruzamentos M. Salad Bowl x Regiane e Sophia x M. Salad Bowl apresentaram os maiores teores de matéria seca nas folhas, com valores de 10,39% e 9,93%, respectivamente. O menor valor médio foi observado no cruzamento Gabriela x Everglades (5,08%), sendo assim os valores para esta característica variaram entre 5,08% e 10,39%, Azevedo et al., (2013), avaliando diferentes genótipos de alface, encontrou valores entre 3,02% e 4,57% para esta característica, valores um pouco mais baixos quando comparados aos obtidos no presente trabalho.

Dos 24 híbridos avaliados todos eles apresentaram heterose para pelo menos uma das características, sendo que o cruzamento Quatro Estações x Sophia obteve heterose positiva apenas para a característica comprimento de caule. Já o cruzamento Mimosa Salad Bowl x Regiane demonstrou heterose positiva para apenas dois dos caracteres analisados.

Nenhum dos híbridos demonstrou heterose positiva para todas as características, contudo 11 híbridos apresentaram heterose positiva para cinco das seis características avaliadas. São eles: Regina 71 x Red Star, Regina 71 x Gabriela, Red Star x Vitória do Santo Antão, Mirela x Vanda, Mirela x Sophia, Sophia x Mimosa Salad Bowl, Gabriela x Everglades, Quatro Estações x Everglades, Mirela x Everglades, Mimosa Salad Bowl x Vitória do Santo Antão e Inês x Gabriela.

Os valores de heterose de até 200% (FIGURA 2 A) indicam que a exploração de vigor híbrido na cultura da alface pode ser uma boa ferramenta no aumento da produtividade. Na cultura do tomate, por exemplo, atualmente a contribuição do vigor híbrido nas cultivares

híbridas é de aproximadamente 30%, um valor significativo (BORÉM et al; 2021). Tavares et al., (2019) ao avaliarem a heterose em híbridos de melancia observaram valores positivos em alguns genótipos para características de interesse comercial como produtividade, massa média de frutos, teores de açúcares e coloração de polpa. Isso demonstra a importância do investimento em pesquisas relacionadas a obtenção de híbridos na cultura da alface, que pode ser beneficiada pela identificação de genitores macho estéreis. Além de ganhos de produtividade, com a utilização de híbridos é possível explorar resistência e/ou tolerância a pragas e doenças, tolerância ao pendoamento precoce e outras características de interesse para a cultura.

5 CONCLUSÃO

Todos os híbridos avaliados apresentaram heterose positiva para ao menos uma das características analisadas.

A exploração do vigor híbrido em alface se mostrou como uma ótima ferramenta para aumento da produtividade e pode ser explorada para fins comerciais.

Considerando as características de maior interesse, recomenda-se os cruzamentos Regina 71 x Red Star, Mirela x Everglades, Gabriela x Everglades, Colorado x Vitória de Santo Antão, 4 Estações x Sophia, Sophia x Mimoso Salad Bowl, 4 Estações x Everglades e Red Star x Vitória do Santo Antão para a obtenção de híbridos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Volume 1. Editora Presença, Lisboa, 2006. 346 p.
- ALVARENGA, A.; RIBEIRO, I. L. G.; FERREIRA, M. S.; SILVA, M. M.; MORAIS, M. L.; OLIVEIRA, R. P. **Plano Municipal de Saneamento Básico, Ijaci-MG**. Ijaci: Prefeitura Municipal, 97p.
- HORTIFRUTI BRASIL. **Anuário 2020 – 2021**, 2021. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/retrospectiva-2020-perspectivas-2021.aspx> Acesso em: 10 de jan. de 2022.
- AZEVEDO, A.M. *et al.* Parâmetros genéticos e análise de trilha para o florescimento precoce e características agrônômicas da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 2, p. 118-124, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000200006>
- AZEVEDO, A. M. *et al.* Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. **Horticultura Brasileira**, n. 31, p.260-265, 2013.
- BIRCHLER, J. A. *et al.* Heterosis. **The Plant Cell**, Rockville, v. 22, p.2105–2112, jul.2010.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 2013. 530 p.
- BORÉM A; MIRANDA GV. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 2009. 529p.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. Oficina de Textos, 2021.
- BRAINER, M. S. C. P. Informe setorial de hortaliças. **Caderno Setorial ETENE**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2019.
- CHEN, Z. J. Genomic and epigenetic insights into the molecular bases of heterosis. **Nature Review Genetic**, London, v. 14, p. 471–482, jun. 2013.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- CLEMENTE, A. A. Fenotipagem por imagem em genótipos de alface crespa roxa com diversidade genética para níveis de carotenoides. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.
- GRIGOLO, S. **Heterose no caráter distribuição radicular em feijão**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.
- SOUZA, M. C. M. *et al.* Variabilidade genética para características agrônômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 354-358, 2008.
Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 20 mar. 2022.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual da olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, 2008. 421p.

JAGGER, I. C. *et al.* **The Imperial strains of lettuce**. United States Department of Agriculture, Washington, 1941. 15 p. (Circular, 596).

MAPA - Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Cultvarweb, 2022. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php Acesso em: 02 fev. 2022.

OLIVEIRA A. C. B. *et al.* Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.26, n.2, p. 211-217, 2008.

PAIM, B.T *et al.* Mild drought stress has potential to improve lettuce yield and quality. **Scientia Horticulturae**, v.272, p.109578, 2020.

RAMALHO, M. A. P. *et al.* **Genética na agropecuária: genética quantitativa**. Lavras: Editora UFLA, 2012.

RYDER, E. J. **The new salad crop revolution**. 2002. Disponível em <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-408.html/> Acesso em: 05 mar. 2022.

RYDER, E. J. Lettuce breeding. In: BASSET, M. J. (ed) **Breeding Vegetables Crops**. AVI Publishing Company, Westport, p. 433-474, 1986.

SALA, F. C.; NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de alface. In Nascimento WM (ed.) **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília:Editora Embrapa, p. 17-42, 2014.

SALA, F. C.; COSTA, C.P. Piraroxa: alface roxa resistente ao míldio, LMV e pendoamento precoce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.158-159, jan.-mar. 2005.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura brasileira**, v. 30, p. 187-194, 2012.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. Melhoramento de alface. In: NICK, C; BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: UF, 2016. p. 95-126.

SILVA, A. A. V. *et al.* Qualidade parasitológica e condições higiênico-sanitárias de sururu (*Mytella charruana*) e alface (*Lactuca sativa*) comercializados em um mercado público de Maceió-AL. **Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciencies**, Araraquara, v. 36, n. 4, p. 552-529, 2015. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-2591>. Acesso em: 23 mar. 2022.

SILVA, S. *et al.* Caracterização de progênies de alface obtidas por meio do melhoramento genético participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 214-222, 2021.

TAVARES, A. T. *et al.* Heterose em híbridos de melancia. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 2, p. 26-33, 2019.

US Department of Agriculture – USDA. **Vegetables Annual Summary**. 2020. Disponível em: https://www.nass.usda.gov/Publications/Todays_Reports/reports/vegean20.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

VRIES, I. M. Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 44, p. 165-147, 1997.