

# Parâmetros genéticos e análise de trilha para o florescimento precoce e características agronômicas da alface

Alcinei Místico Azevedo<sup>(1)</sup>, Valter Carvalho de Andrade Júnior<sup>(2)</sup>, Bárbara Monteiro de Castro e Castro<sup>(2)</sup>, Celso Mattes de Oliveira<sup>(3)</sup>, Carlos Enrrik Pedrosa<sup>(3)</sup>, Marcus Flávio Silva Dornas<sup>(2)</sup> e Nermy Ribeiro Valadares<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/nº, CEP 36570-000 Viçosa, MG, Brasil. E-mail: alcineimistico@hotmail.com

<sup>(2)</sup>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Caixa Postal 3.037, CEP 39100-000 Diamantina, MG, Brasil. E-mail: valterjr@ufvjm.edu.br, barbaramcastro@hotmail.com, mfsdornas@yahoo.com.br, nermyvaladares@hotmail.com <sup>(3)</sup>Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3.037, CEP 37200-000 Lavras, MG, Brasil. E-mail: celsodoliveira@yahoo.com.br, carlosenrrik@yahoo.com.br

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros genéticos das características agronômicas e de tolerância ao florescimento precoce de onze cultivares de alface, bem como verificar a existência de associação entre as características. O experimento foi realizado em ambiente protegido, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e doze plantas por parcela. Quarenta e cinco dias após o transplântio das mudas, foram mensuradas as seguintes características: massa de matéria fresca total e “comercial” da parte aérea, massa de matéria seca “comercial” da parte aérea, massa de matéria fresca e seca da raiz, diâmetro e circunferência da cabeça, altura de planta, número de folhas por planta e número de dias até a antese. Há variabilidade genética entre as cultivares, em todas as variáveis, exceto quanto à circunferência de planta e matéria fresca da raiz. As cultivares Regina 500, Lívia e Atração foram superiores quanto ao número de dias para o florescimento e também para as demais características avaliadas. A seleção contra o florescimento precoce ocasionou ganho em todas as características; porém, não interferiu na matéria seca da raiz. A matéria fresca da parte aérea e o diâmetro de cabeça são indicadas para a seleção indireta contra o florescimento precoce.

**Termos para indexação:** *Lactuca sativa*, ambiente protegido, antese, correlação, pendoamento.

## Genetic parameters and path analysis for early flowering and agronomic traits of lettuce

**Abstract** – The objective of this study was to evaluate the genetic parameters of agronomic traits and of tolerance to early flowering of eleven cultivars of lettuce, as well as to verify the existence of an association between the characteristics. The experiment was carried out in a protected environment, in a randomized complete block design, with four replicates, and twelve plants per plot. Forty-five days after seedling transplanting, the following traits were measured: total shoot fresh mass, marketable shoot fresh mass, marketable dry shoot weight, fresh and dry weight of roots, diameter and circumference of head, plant height, number of leaves per plant, and number of days until anthesis. There was genetic variability between cultivars for all variables, except for circumference of plant and fresh weight of root. The cultivars Regina 500, Lívia and Atração were superior for number of days to flowering and also for the other characteristics. The selection against early flowering caused gain of all the characteristics, but did not affect root dry matter. Fresh matter of shoots and head diameter are indicated for indirect selection against early flowering.

**Index terms:** *Lactuca sativa*, protected environment, anthesis, correlation, flowering.

## Introdução

A alface (*Lactuca sativa*) é uma cultura muito sensível às condições meteorológicas, principalmente ao excesso de chuva e altas temperaturas, e mais adaptada a temperaturas amenas (Oliveira et al., 2004; Souza et al., 2008), com variação de rendimento conforme a cultivar e as mudanças de tempo ocorridas durante o ano.

A faixa ideal de temperatura para produção de folhas e cabeças de qualidade está entre 12 e 22°C (Filgueira, 2008), e temperaturas superiores a 22°C favorecem o florescimento precoce e antecipam a colheita (Mota et al., 2003), o que prejudica a qualidade. A consequência do florescimento precoce é o alongamento do caule, redução do número de folhas, alterações na formação da cabeça comercial e estímulo da produção de látex, o que torna o sabor da

folha amargo e impróprio para o consumo (Cock et al., 2002).

Com o objetivo de se remediar este problema, a colheita das plantas é realizada precocemente, o que resulta em plantas de má qualidade, com menor peso e menor número de folhas (Carvalho Filho et al., 2009). Por isso, é utilizado o melhoramento genético para a obtenção de cultivares que sejam mais tolerantes ao florescimento precoce.

Segundo Cruz et al. (2012), para 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, causada por pleiotropia ou ligação entre os genes. Os parâmetros genéticos de variância genotípica, coeficiente de variação genética, herdabilidade e índice de variação representam a proporção da variação fenotípica determinada pela variação genética ou genotípica de uma dada característica.

Para a condução do melhoramento contra o florescimento precoce é importante ter conhecimento da consequência do melhoramento desta característica sobre as outras, por meio de suas associações. Além disso, a avaliação do número de dias até a antese pode requerer um tempo grande de avaliação para a identificação do florescimento precoce. Assim, características mensuradas precocemente, quando fortemente associadas ao número de dias até a antese, podem ser utilizadas para a seleção indireta, o que reduz o tempo necessário em programas de melhoramento. A associação entre duas variáveis, geralmente, é feita pelo estudo de correlação, contudo, suas estimativas não determinam a relação de causa e efeito. Assim, o estudo de análise de trilha é de vital importância, para desdobrar as correlações em efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre uma variável básica (Cruz et al., 2012) o que, no caso do presente trabalho, se refere às principais características agronômicas da alface em relação ao florescimento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros genéticos das características agronômicas e de tolerância ao florescimento precoce de onze cultivares de alface, bem como verificar a existência de associação entre as características.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado de 15 de novembro de 2010 a 23 de março de 2011, no Setor de Olericultura, no Campus Juscelino Kubitschek de Oliveira, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, MG, a 18°12'01"S, 43°34'20"W, à altitude 1.387 m. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico órtico típico (Santos et al., 2006). No período em que o experimento foi realizado, as temperaturas médias oscilaram entre 18,7 e 23,8°C.

As cultivares de alface avaliadas foram: tipo americana ('Winslow'); lisa ('Regina 500', 'Branca Boston', 'Quatro Estações', 'Vitória de Santo Antão', 'Atração' e 'Livia'); crespa ('Grand Rapids' e 'Lollo Rossa'); romana ('Romana Balão'); e repolhuda-manteiga ('Aurélia').

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, com uso do substrato comercial Plantmax Hortaliças, em casa de vegetação, sob sombrite a 50%. A área para o plantio foi preparada dois meses antes do transplantio com uma aração e uma gradagem, tendo sido os canteiros formados manualmente com enxada. As adubações de plantio e de cobertura e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura conforme Filgueira (2008).

O transplantio das mudas foi feito 30 dias após a semeadura, em canteiros com ambiente protegido com largura de aproximadamente 1,20 m por 0,30 m de altura, com espaçamento de 0,30x0,30 m. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições constituídas de doze plantas. A irrigação foi aplicada por gotejamento e microaspersão, tendo-se realizado o turno de rega conforme recomendação de Filgueira (2008), durante os períodos da manhã e da tarde.

Aos 45 dias após o transplantio, quando todas as variedades apresentavam padrão comercial, foram realizadas avaliações das características agronômicas em seis plantas de cada parcela.

As massas de matéria fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFRA) e a massa de matéria fresca comercial da parte aérea (MFCPA) foram expressas em g por planta, por meio de pesagem em balança de precisão. A massa de matéria seca comercial da parte aérea (MSCPA) e a massa de matéria seca de raiz (MSRA) foram obtidas por meio de pesagem em

balança de precisão, após a secagem das plantas em estufa a 65°C, com circulação forçada de ar até atingir massa constante; os resultados foram expressos em g por planta. Para a obtenção da parte aérea comercial, foram retiradas as folhas impróprias para consumo (senescentes e danificadas).

O diâmetro médio da cabeça foi obtido com a média (cm) de duas medições perpendiculares à cabeça. A circunferência da cabeça foi medida com fita métrica graduada, no perímetro delimitado pelos bordos das folhas, e expressa em centímetros. A altura de plantas (cm) foi medida com régua graduada do colo da planta à folha mais alta. O número de folhas foi obtido pela contagem das folhas. Para a avaliação do número médio de dias do transplantio até a antese, utilizaram-se as outras seis plantas da parcela, tendo-se acompanhado diariamente o desenvolvimento das plantas até a emissão da haste floral e abertura da primeira flor.

Para testar os efeitos das cultivares, para cada característica foi feita a análise de variância pelo modelo  $y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \epsilon_{ij}$ , em que:  $y_{ij}$  é a observação da  $i$ -ésima cultivar, no  $j$ -ésimo bloco;  $\mu$  é a média geral;  $g_i$  é o efeito da  $i$ -ésima cultivar,  $b_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo bloco; e  $\epsilon_{ij}$  é o efeito do erro associado à observação  $ij$ . Os valores das variáveis massa de matéria fresca da parte aérea, massa de matéria fresca e seca da parte aérea comercial e massa de matéria fresca e seca da raiz foram transformados em raiz quadrada de  $(x+0,5)$ , para atender aos pressupostos da análise de variância. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando identificada diferença significativa pelo teste F, as médias das cultivares foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Foram avaliados os parâmetros genéticos: variância genética e ambiental, coeficiente de variação genética, coeficiente de variação ambiental, índice de variação – dado pela razão entre o coeficiente de variação genética e ambiental – e o coeficiente de determinação genotípico. A significância da correlação fenotípica foi estimada pelo teste  $t$  com  $n - 2$  graus de liberdade, em que  $n$  corresponde ao número de genótipos avaliados.

Realizou-se a análise de trilha a partir da matriz de correlação fenotípica, tendo-se considerado o número de dias até a antese como variável básica e as demais características como variáveis independentes. A análise de colinearidade entre as variáveis independentes foi verificada pela análise dos autovalores da matriz

$(X'X)$ , em que o grau de multicolinearidade foi estabelecido com base no número de condição, que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz. Depois de constatado forte grau de multicolinearidade entre algumas variáveis, utilizou-se a metodologia de Carvalho (1995), denominada de análise de regressão em crista ou em cumeeira. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa Genes (Cruz, 2013).

## Resultados e Discussão

Todas as características agronômicas apresentaram diferenças significativas pelo teste F entre as cultivares, exceto para a circunferência da cabeça e para a matéria fresca da raiz (Tabela 1). As cultivares Romana Balão e Regina foram as que apresentaram maior altura de plantas. Bezerra Neto et al. (2005) encontraram valores semelhantes de altura de planta em alface, em cultivo protegido em diferentes condições de sombreamento, tendo obtido alturas que variaram entre 24,40 a 26,02 cm, intervalo que é superior ao encontrado no presente trabalho. Embora não tenha sido verificada diferença entre as cultivares quanto à circunferência da cabeça, verificaram-se valores maiores de diâmetro da cabeça para 'Regina 500', 'Vitória de Santo Antão', 'Aurélia', 'Lívia', 'Winslow' e 'Romana Balão'. A dimensão da cabeça é uma importante característica para a alface, pois cabeças de maior tamanho são preferidas pelo consumidor.

Em relação à massa de matéria fresca total da parte aérea e massa de matéria fresca e seca comercial da parte aérea (Tabela 1), verificaram-se maiores valores para as cultivares Regina 500, Vitória de Santo Antão, Aurélia, Lívia, Winslow e Romana Balão. Quanto à massa de matéria fresca da parte aérea, Streck et al. (2007) encontraram valores de 192,98 a 408,46 g por planta, Mota et al. (2002) de 358,30 a 725,50 g por planta, e Tosta et al. (2009) de 378,05 g por planta para a cultivar Regina, inferiores ao intervalo encontrado no presente trabalho. Embora não tenha havido diferença entre as cultivares, quanto à massa de matéria fresca das raízes, verificaram-se diferenças na massa de matéria seca das raízes, com destaque para 'Romana Balão', 'Vitória de Santo Antão', 'Aurélia', 'Lívia', 'Lollo Rossa' e 'Branca Boston', o que pode possibilitar a estas cultivares maior resistência a estresse hídrico e maior absorção de nutrientes.

Quanto ao número de dias até a antese, destacaram-se como tardias as cultivares Regina 500, Aurélia, Lívia, Winslow e Atração, que podem ser indicadas como genitores para o melhoramento contra o florescimento precoce. Sala & Costa (2012) também indicaram a cultivar Regina como resistente ao florescimento precoce.

A existência de variabilidade genética entre as cultivares também foi confirmada pelos coeficientes de variação genética (Tabela 1). Segundo Freitas et al. (2007), maiores valores de coeficientes de variação genética são indicativos de maior possibilidade de progressos genéticos com a seleção. Observou-se que o diâmetro e a circunferência da cabeça foram as características que apresentaram menor variação genética. Valores consideravelmente baixos do coeficiente de variação experimental (CVe) foram encontrados para todas as características, exceto para a massa de matéria fresca da raiz. Uma justificativa para o alto valor de CVe desta variável é o fato de as raízes estarem no solo, não imediatamente visíveis, o que acarreta coleta incompleta.

Quanto ao índice de variação (Iv) e ao coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), observaram-se maiores

valores quanto à altura, massa de matéria fresca da parte aérea, massa de matéria fresca comercial da parte aérea, número de folhas e de dias até a antese (Tabela 1). Valores de Iv próximos ou superiores a uma unidade são desejáveis para o melhoramento, pois, são indicativos de maior possibilidade de se obterem ganhos genéticos com a seleção (Cruz et al., 2012). Com exceção da circunferência da cabeça e das massas de matéria fresca e de matéria seca da raiz, todas as características analisadas apresentaram maiores valores para a variância genética do que para a variância ambiental, o que é indicativo de predomínio dos efeitos genéticos sobre os ambientais.

Verificaram-se correlações fenotípicas e genotípicas positivas entre a maioria das características agrônômicas (Tabela 2), circunstância favorável ao melhoramento de alface, exceto para a massa de matéria seca das raízes, que apresentou alguns valores de correlações negativos com as outras características. Em razão de o florescimento precoce ser uma das características que mais necessitam de atenção, no melhoramento da cultura da alface, a seleção quanto ao maior número de dias até o florescimento pode trazer ganhos para a maioria das características, principalmente o diâmetro

**Tabela 1.** Médias das características agrônômicas e estimativas do coeficiente de variação experimental (CVe), do coeficiente de variação genética (CVg), da razão entre os coeficientes de variação genética e experimental (Iv), da variância genética (Vg) e ambiental (Ve) e do coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), em cultivares de alface<sup>(1)</sup>.

Cultivar	Características agrônômicas									
	ALT**	D*	CIRC <sup>ns</sup>	MFPA**	MFCPA**	MFRA <sup>ns</sup>	MSCPA**	MSRA**	NUM**	FLOR**
Regina 500	24,55a	35,47a	107,66a	514,17a	424,48a	32,55a	13,45a	0,85b	44,71a	79,93a
Vitória de Sto. Antônio	19,45b	32,67a	106,17a	407,04a	355,40a	23,30a	10,68a	1,53a	36,00b	68,19b
Aurélia	22,39b	35,30a	109,67a	404,02a	348,27a	20,48a	12,09a	1,92a	30,63b	74,65a
Lívia	21,44b	36,89a	112,92a	388,22a	330,33a	19,28a	11,16a	2,72a	32,78b	79,08a
Lollo Rossa	22,04b	31,74b	94,71a	383,32b	192,24b	19,82a	7,49b	1,83a	16,13d	64,25c
Winslow	18,79b	33,94a	106,9a	355,66a	286,35a	9,89a	10,27a	1,08b	14,06d	78,92a
Grand Rapids	19,25b	29,23b	100,83a	335,42b	172,53b	10,82a	8,13b	1,15b	15,42d	61,38c
Quatro Estações	19,36b	29,01b	91,96a	269,22b	166,11b	11,51a	6,70b	1,12b	20,13c	62,73c
Atração	18,27b	31,09b	93,63a	215,81a	282,49a	10,87a	9,62b	1,02b	23,17c	75,90a
Branca Boston	20,18b	27,83b	80,61a	196,62b	236,55b	17,50a	8,67b	2,13a	23,04c	69,20b
Romana Balão	28,36a	34,97a	95,33a	192,85a	377,57a	17,39a	13,57a	2,01a	26,79c	70,12b
Cve (%)	14,42	11,83	15,54	12,36	13,54	26,76	11,37	18,14	13,42	4,39
Cvg (%)	12,13	7,15	5,76	14,62	14,23	10,81	9,39	10,35	36,70	9,28
Iv	0,84	0,60	0,37	1,18	1,05	0,40	0,83	0,57	2,73	2,11
Vg	6,67	5,43	33,21	7,16	5,63	0,20	0,09	0,02	89,08	43,82
Ve	2,35	3,71	60,44	1,23	1,28	0,30	0,03	0,02	2,98	2,45
$H^2$	73,95	59,39	35,46	85,37	81,54	40,00	73,47	53,33	96,77	94,71

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott. <sup>ns</sup>Não significativo. \* e \*\*Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ALT, altura de planta; D, diâmetro de cabeça; CIRC, circunferência da cabeça; MFPA, matéria fresca da parte aérea; MFCPA, matéria fresca comercial da parte aérea; MFRA, matéria fresca da raiz; MSCPA, matéria seca comercial da parte aérea; MSRA, matéria seca da raiz; NUM, número de folhas; e FLOR, dias até antese.

da cabeça, a massa de matéria fresca da parte aérea, a massa de matéria fresca e massa de matéria seca comercial da parte aérea, pois apresentaram correlações positivas com o número de dias até a antese. Resultado similar foi encontrado por Souza et al. (2008), que verificaram correlação positiva entre a porcentagem de plantas de alface pendoadas com a massa de matéria fresca das folhas e o diâmetro da planta, a massa de matéria fresca das folhas e o comprimento do caule.

A análise dos coeficientes de trilha quanto ao número de dias até a antese (Tabela 3), o coeficiente de determinação dessa análise e o efeito da variável residual,

indicaram um bom ajuste do modelo na explicação dos efeitos genéticos relacionados à variável em análise.

As características massa de matéria seca comercial da parte aérea e circunferência da cabeça, embora tenham apresentado altos valores de correlações com o número de dias até a antese, apresentaram baixos valores de efeito direto e em sentido contrário, o que não é desejável para a seleção indireta. Caracteres que apresentam alta correlação com a variável básica, mas com efeito direto em sentido contrário, são indicativos de ausência de causa e efeito, ou seja, aquele caráter auxiliar não é o principal determinante das alterações

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação fenotípica (acima da diagonal) e correlação genotípica (abaixo da diagonal), entre características avaliadas em cultivares de alface.

Variável	ALT	D	CIRC	MFPA	MFCPA	MFRA	MSCPA	MSRA	NUM	FLOR
ALT	-	0,543 <sup>ns</sup>	0,092 <sup>ns</sup>	0,475 <sup>ns</sup>	0,532 <sup>ns</sup>	0,390 <sup>ns</sup>	0,666*	0,279 <sup>ns</sup>	0,421 <sup>ns</sup>	0,153
D	0,592	-	0,803**	0,813**	0,809**	0,406 <sup>ns</sup>	0,828**	0,230 <sup>ns</sup>	0,570 <sup>ns</sup>	0,718*
CIRC	0,007	0,791	-	0,587 <sup>ns</sup>	0,559 <sup>ns</sup>	0,294 <sup>ns</sup>	0,557 <sup>ns</sup>	-0,011 <sup>ns</sup>	0,450 <sup>ns</sup>	0,528 <sup>ns</sup>
MFPA	0,404	0,921	0,790	-	0,989**	0,477 <sup>ns</sup>	0,942**	0,011 <sup>ns</sup>	0,790**	0,827**
MFCPA	0,464	0,959	0,804	0,999	-	0,548 <sup>ns</sup>	0,952**	0,095 <sup>ns</sup>	0,805**	0,756**
MFRA	0,480	0,715	0,848	0,673	0,767	-	0,405 <sup>ns</sup>	0,446 <sup>ns</sup>	0,714*	0,102
MSCPA	0,670	1,000	0,750	0,978	1,000	0,570	-	0,093 <sup>ns</sup>	0,695*	0,708*
MSRA	0,287	0,295	-0,070	-0,065	0,036	0,448	0,107	-	0,048 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>
NUM	0,430	0,664	0,654	0,812	0,840	1,000	0,747	0,036	-	0,498 <sup>ns</sup>
FLOR	0,183	0,931	0,829	0,896	0,844	0,112	0,814	-0,047	0,520	-

<sup>ns</sup>Não significativo. \* e \*\*Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. ALT, altura de planta; D, diâmetro de cabeça; CIRC, circunferência de cabeça; MFPA, matéria fresca da parte aérea; MFCPA, matéria fresca comercial da parte aérea; MFRA, matéria fresca da raiz; MSCPA, matéria seca comercial da parte aérea; MSRA, matéria seca da raiz, NUM, número de folhas; FLOR, dias até a antese.

**Tabela 3.** Estimativas dos efeitos diretos e indiretos da variável principal (FLOR) e das independentes explicativas (NUM, MSRA, MSCPA, MFRA, MFCPA, MFPA, D, CIRC e ALT), em cultivares de alface.

Variável de efeito indireto	Variáveis independentes explicativas								
	NUM	MSRA	MSCPA	MFRA	MFCPA	MFPA	D	CIRC	ALT
NUM	-	0,005	0,075	0,077	0,087	0,085	0,061	0,048	0,045
MSRA	0,006	-	0,011	0,052	0,011	0,001	0,027	-0,001	0,033
MSCPA	-0,034	-0,005	-	-0,020	-0,046	-0,046	-0,040	-0,027	-0,032
MFRA	-0,275	-0,172	-0,156	-	-0,211	-0,184	-0,156	-0,113	-0,150
MFCPA	0,085	0,010	0,101	0,058	-	0,105	0,086	0,059	0,056
MFPA	0,573	0,008	0,683	0,346	0,718	-	0,589	0,426	0,344
D	0,301	0,122	0,437	0,214	0,427	0,429	-	0,424	0,287
CIRC	-0,108	0,003	-0,134	-0,071	-0,134	-0,141	-0,193	-	-0,022
ALT	-0,163	-0,108	-0,258	-0,151	-0,206	-0,184	-0,211	-0,036	-
Efeito direto sobre FLOR	0,108	0,117	-0,049	-0,385	0,106	0,725	0,528	-0,240	-0,388
Correlação fenotípica total	0,498	-0,015	0,708	0,102	0,756	0,827	0,528	0,718	0,153
Coeficiente de determinação	0,852								
Valor de k	0,050								
Efeito da variável residual	0,385								

NUM, número de folhas; MSRA, matéria seca da raiz; MSCPA, matéria seca comercial da parte aérea; MFRA, matéria fresca da raiz; MFCPA, matéria fresca comercial da parte aérea; MFPA, matéria fresca da parte aérea; D, diâmetro de cabeça; CIRC, circunferência de cabeça; ALT, altura de planta; FLOR, dias até a antese.

na variável básica, há outros que poderão proporcionar maior ganho de seleção (Cruz et al., 2012).

No melhoramento, é importante identificar, entre as variáveis de alta correlação com a variável básica, aquelas de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente. Assim, observa-se que as características massa de matéria fresca da parte aérea e diâmetro da cabeça são as mais importantes, por apresentar maior efeito direto no número de dias para a antese (Tabela 3). A utilização destas características para a seleção indireta é vantajosa, pois elas podem ser avaliadas no momento em que as cabeças de alface atingem padrão comercial; portanto, não é necessário aguardar a antese, o que reduz o tempo nos programas de melhoramento.

Altos valores de efeito indireto foram encontrados nas características massa de matéria fresca e massa de matéria seca comercial da parte aérea, via massa de matéria fresca da parte aérea total (Tabela 3), porém, não é indicado usar estas variáveis para a seleção indireta, em razão de seus baixos efeitos diretos sobre a variável básica.

### Conclusões

1. Há variabilidade genética entre as cultivares em todas as características agrônomicas estudadas, exceto quanto à circunferência da cabeça e à massa de matéria fresca da raiz, com predominância dos efeitos genéticos sobre os ambientais.

2. As cultivares Regina 500, Lívia e Atração são superiores quanto ao menor número de dias para o florescimento e para as demais características avaliadas.

3. Há maior possibilidade de ganho genético com as características altura de plantas, massa de matéria fresca da parte aérea, massa de matéria fresca comercial da parte aérea, número de folhas e dias até a antese.

4. A seleção contra o florescimento precoce acarreta ganho para as outras características avaliadas, pois esta característica está positivamente correlacionada a todos os demais caracteres avaliados, com exceção da matéria seca da raiz.

5. Para a seleção de plantas com florescimento tardio, a massa de matéria fresca da parte aérea e o diâmetro da cabeça podem ser utilizados para a seleção indireta ou combinada, pois reduzem o tempo dos programas de melhoramento.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por concessão de bolsas e recursos financeiros para o desenvolvimento do projeto.

### Referências

- BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R.C.C.; NEGREIROS, M.Z.; ROCHA, R.H.; QUEIROGA, R.C.F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.189-192, 2005. DOI: 10.1590/S0102-05362005000200005.
- 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 x Salinas 88. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.31, p.37-42, 2009. DOI: 10.4025/actasciagron.v31i1.6607.
- CARVALHO, S.P. de. **Métodos alternativos de estimação de coeficientes de trilha e índices de seleção sob multicolinearidade**. 1994. 163p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- COCK, W.R.; AMARAL JUNIOR, A.T. do; BRESSAN-SMITH, R.E.; MONNERAT, P.H. Biometrical analysis of phosphorus use efficiency in lettuce cultivars adapted to high temperatures. *Euphytica*, v.126, p.299-308, 2002. DOI: 10.1023/A:1019949528214.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.35, p.271-276, 2013. DOI: 10.4025/actasciagron.v35i3.21251.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2012. 514p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2.ed. rev. Viçosa: Ed. da UFV, 2008. 402p.
- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E. Pomar de sementes por mudas a partir da seleção dentro em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. *Revista do Instituto Florestal*, v.19, p.65-72, 2007.
- MOTA, J.H.; YURI, J.E.; FREITAS, S.A.C. de; RODRIGUES JUNIOR, J.C.; RESENDE, G.M. de; SOUZA, R.J. de. Avaliação de cultivares de alface americana durante o verão em Santana da Vargem, MG. *Horticultura Brasileira*, v.21, p.234-237, 2003. DOI: 10.1590/S0102-05362003000200023.
- MOTA, J.H.; YURI, J.E.; FREITAS, S.A.C. de; RODRIGUES, J.C.; RESENDE, G.M. de; SOUZA, R.J. de. Avaliação de cultivares de alface americana em Santana da Vargem, MG. *Horticultura Brasileira*, v.20, p.24-28, 2002.

OLIVEIRA, A.C.B. de; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; GARCIA, N.C.P.; GARCIA, S.L.R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.26, p.211-217, 2004. DOI: 10.4025/actasciagron.v26i2.1894.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. da. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v.30, p.187-194, 2012. DOI: 10.1590/S0102-05362012000200002.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SOUZA, M. da C.M. de; RESENDE, L.V.; MENEZES, D.; LOGES, V.; SOUTE, T.A.; SANTOS, V.F. dos. Variabilidade genética para características agrônômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. *Horticultura Brasileira*, v.26, p.354-358, 2008. DOI: 10.1590/S0102-05362008000300012.

STRECK, L.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; LUZZA, J.; SANDRI, M.Â. Sistema de produção de alface em ambiente parcialmente modificado por túneis baixos. *Ciência Rural*, v.37, p.667-675, 2007. DOI: 10.1590/S0103-84782007000300011.

TOSTA, M. da S.; BORGES, F. da S.P.; REIS, L.L. dos; TOSTA, J. da S.; MENDONÇA, V.; TOSTA, P. de A.F. Avaliação de quatro variedades de alface para cultivo de outono em Cassilândia-MS. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.5, p.30-35, 2009.

---

Recebido em 11 de novembro de 2013 e aprovado em 30 de janeiro de 2014